# 11. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ИНФОРМАТИКА

## 11.1. МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Кумаритов А.М., к.т.н., доцент Северо-Кавказского горно-металлургического института, г. Владикавказ

В условиях дефицита энергоресурсов в регионах особую актуальность приобретают вопросы создания информационно-управляющих систем для контроля и учета процессов энергоснабжения, энергопотребления и тарифообразования на базе современных информационных технологий. В настоящей статье автор предлагает способы и методы построения региональных энергетических центров сбора и обработки информации, рассматривает модель информационной системы регионального рынка энергоресурсов (ИСРРЭ), затрагивает вопросы мониторинга технического состояния энергоснабжающего технологического оборудования.

Системы управления энергетикой региона невозможно в целом адекватно описать с помощью математического аппарата. Возникает необходимость их разбиения на отдельные подсистемы, для формализации которых корректно могут быть использованы математические модели и методы. Однако и при этом все же остается широкий круг задач, которые не могут быть формализованы с требуемой полнотой.

Энергетика региона включает процессы:

- генерации и покупки $I_G$;
- передачи и распределения $I_T$;
- сбыта $I_P$ и потребления $I_U$ топлива и энергоресурсов;
- обслуживания этих процессов $I_S$ и развития ПЭ $I_D$.

Управление указанными процессами осуществляется путем реализации множества функций:

- $U_u$ (сбора $u_1$, преобразования и передачи $u_2$, первичной обработки $u_3$ информации;
- прогнозирования состояний процессов энергоснабжения и энергопотребления $u_4$;
- выработки управленческих решений $u_5$;
- вывода этих решений на устройства отображения данных $u_6$;
- формирования и передачи управляющих воздействий на ПЭ и потребителей $u_7$), образующих контуры управления.

Процессы государственного регулирования монопольных составляющих процессов энергоснабжения и энергопотребления реализуются функциями регулирования $R_r$ (регулирование энергосбытовой составляющей $r_1$, регулирование транспортной составляющей $r_2$). Эти функции реализуются на различных интервалах времени (с различными циклами управления) $T$, соответствующих непрерывному $t_1$, оперативно – диспетчерскому (до 0,5 часа) $t_2$, текущему (в пределах соответственно суток, месяца, года) $t_3$, $t_4$, $t_5$ и перспективному (более года) $t_6$ уровням управления. Пересечение выделенных процессов, функций и уровней управления образует функциональные подсистемы (комплексы задач) управления производством $W_G \subset U_u \times I_G \times T$, передачей и распределением $W_T \subset U_u \times I_T \times T \times R_r$, сбытом $W_P \subset U_u \times I_P \times T \times R_r$, потреблением $W_U \subset U_u \times I_U \times T$ энергоресурсов, сервисом (обслуживанием) $W_S \subset U_u \times I_S \times T$ и развитием $W_D \subset U_u \times I_D \times T$ энергетики региона.

Данный подход к декомпозиции систем управления энергетикой региона позволяет на теоретико-множественном уровне описать структуру систем, выполнить разработку функциональных подсистем управления в рамках единой концепции, обеспечивающей в дальнейшем организацию их совместного функционирования. Такое определение, лежащее в основе общей теории систем, ориентировано на исследование предельно общих свойств региональной энергосистемы.

Основной подсистемой управления энергетикой региона является подсистема управления энергоснабжением, целью $L$ которой является эффективное (надежное и экономичное) снабжение потребителей энергоресурсами.

Выполнение этой цели достигается решением общей задачи управления (ОЗУ):

$$\{O, F\},$$

где

$O$ – описание региональной энергетической системы «поставщик – потребитель»;

$F$ – критерий управления этой системой.

Описание региональной энергетической системы «поставщик – потребитель» представляет собой формализацию требований выполнения потребителем договорных объемов энергопотребления, т.е.:

$$O = \{q_i = f_i(X)\}, \quad i = \overline{1,N},$$

где

$q_i$ – формальное описание $i$-го требования;

$X$ – пространство параметров и характеристик состояний региональной энергетической системы «поставщик – потребитель».

Критерий управления при существующих взаимоотношениях потребителей с энергоснабжающими организациями в периоде регулирования $T$ может быть принят в виде:

$$F = \int_0^T \sum_{j=1}^{r} \sum_{i=1}^{m} \left\{ \sum_{s=1}^{n} (\pi_{js} + \lambda_j) W_{sji}(t) + \right.$$

$$\left. + \rho_{ji} \left[ \sum_{s=1}^{n} W_{sji}(t) - f_{ij}(t) \right] (T - t) \right\} dt \to min, \qquad (1)$$

где

$\pi_{js}$ – стоимость покупки единицы $j$-го вида энергоресурса у $s$-го поставщика;

$\lambda_j$ – стоимость передачи единицы $j$-го вида энергоресурса;

$\sum_{s=1}^{N} W_{sji}(t)$ – интенсивность объема генерации и покупки у $s$-го ПЭ $j$-го вида энергоресурса для передачи $i$-му потребителю;

$\rho_{ji}$ – тариф $j$-го вида энергоресурса для $i$-го потребителя;

$f_{ij}(t)$ – набор функций, заданных в интервале $(0, T)$ и определяющих интенсивность изменения энергопотребления $i$-м потребителем $j$-го энергоресурса.

Представить описание $O$ и $F$ аналитически на пространстве параметров и характеристик состояний региональной энергетической системы «поставщик – потребитель» практически невозможно. Поэтому реали-

зуется взаимосвязанная совокупность задач управления (ЗУ), решения которых согласованы и направлены на достижение оптимума критерия ***F***, используемого при этом в качестве оценочного.

В основу методологии построения информационно-управляющих систем энергопотреблением в регионе использован подход, основанный на представлении структуры этих систем в виде совокупности взаимосвязанных структур: принятия решений, функционально-дивизиональной, информационно-управляющей и организационно-технической и последующем их синтезе.

Структура принятия решений (СПР) является представлением ОЗУ в виде взаимосвязанной совокупности ЗУ, описанной ориентированным графом (рис. 1):

$G_1 (Z, V_1)$,

где $Z=\{Z_i\}$, $i=\overline{1,6}$ – множество вершин (ЗУ);

$V_1=\{(z_i, z_{i'})\}$, $i \neq i'$ – множество дуг графа.

Дуги графа отражают связанность ЗУ ( $z_i \in Z$ – задачи, реализация которых необходима для решения ЗУ $z_{i'}$ ) Все ЗУ являются оптимизационными задачами. Решение каждой из них направлено на получение максимальной по критерию (1) эффективности. Для разрешения конфликтов между ЗУ решаются задачи координации, в которых используются различные способы формального выражения компромисса, а также интуиция и опыт управленческого персонала.

Наибольшая эффективность при этом достигается за счет использования диалоговых процедур, основанных на интерактивном общении ЛПР с центром обработки информации (ЦОИ).

Функционально-дивизиональная структура формируется из СПР путем представления каждой задачи $z_i \in Z$ в виде взаимосвязанной совокупности функций $B_i = \{b_{ij}\}$.

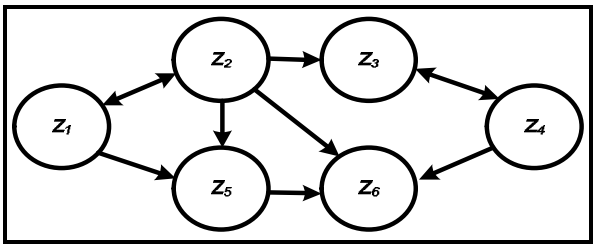


**Рис. 1. Укрупненная структура принятия решений по управлению энергопотреблением в регионе**

Поясснения к рис. 1:

$Z_1$ – установление ограничений на параметры энергопотребления региона (величина заявляемых объемов потребления энергоресурсов, лимиты на потребление энергоресурсов, допустимые отклонения энергопотребления, потери, а также параметры ЭРС);

$Z_2$ – оптимизация энергобалансов, прогнозирование и планирование потребления энергоресурсов;

$Z_3$ – обеспечение надежного энергоснабжения потребителей:

- выбор схемы ЭРС;
- управление поставкой и потреблением энергоресурсов;
- мониторинг технического состояния ЭРС и качества энергоресурсов;

$Z_4$ – государственный учет и контроль технического состояния энергоснабжающего оборудования и ЭРС;

$Z_5$ – государственное регулирование тарифов на услуги естественных монополий и сбытовых надбавок;

$Z_6$ – повышение эффективности управления потреблением путем оптимизации уровней энергопотребления и тарифного стимулирования потребителей.

На первом этапе синтеза этой структуры используется выделенный при декомпозиции системы управления энергетикой региона набор укрупненных функций субъектов регионального рынка энергоресурсов. Данная структура, как и СПР, изображается в виде графа:

$G_2 (B, V_2)$,

где

$B=\bigcup_{(i)} B_i$ – множество вершин – функций;

$V_2$ – множество дуг, описывающих их соподчиненность (последовательность и параллельность реализации).

Информационно-управляющая структура отражает информационные потоки, циркулирующие в системе управления, а также ее информационный обмен с субъектами регионального рынка, контролирующими и регулирующими органами и внешними системами (оптовые рынки и поставщики энергоресурсов). Эта структура описывается графом:

$G_3 (B, V_3)$,

где

$V_3$ – множество дуг, отображающих информационно-управляющие потоки, необходимые для поддержки функций системы (связанность по данным).

Функции распределяются между элементами организационно-технической структуры $C = \{c_k\}$, образующими иерархические уровни управления и регулирования. В качестве «типовых» (характерных для большинства региональных энергетических систем) уровней управления выступают руководители организаций ПЭ и их заместители: сбытовых $c_1$ и распределительных $c_2$, руководители региональных государственных органов регулирования $c_3$ и контроля $c_4$, региональные энергодиспетчеры $c_5$ , региональные центры обработки информации на базе АИИСКУЭ и АИИСККЭ $c_6$ . Организационно – техническая структура представляет собой граф:

$G_4 (C, V_4)$,

где $V_4$ – множество дуг, отражающих каналы связи для передачи информации между организационными и техническими средствами системы управления.

В дальнейшем структуры $G_1$-$G_4$ детализируются до получения функций, которые могут быть реализованы существующими математическими методами на основе серийно выпускаемых программных и технических средств (рис. 2).

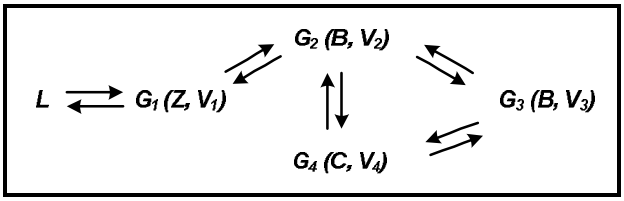


**Рис. 2. Схема синтеза структуры системы оптимального управления энергосистемой региона**

На основе синтезированных структур осуществляется построение информационно-логической схемы (ИЛС) оптимального управления региональной энергетической системой «поставщик – потребитель», обеспечивающей прозрачность всех процессов, связанных с энергоснабжением и энергопотреблением (рис. 3).

Эта схема отражает основные причинно-следственные связи между функциями ***B*** и отображает их на организационно-технические средства ***C*** и временные интервалы реализации ***T***, т.е. $B \rightarrow C * T$.

Представление процесса управления региональной энергетической системой «поставщик – потребитель» с помощью ИЛС отражает неразрывную связь автоматизированной и неавтоматизированной частей системы управления, позволяет получить общую картину ее функционирования.

Предложено формализованное описание системы энергоснабжения региона, выполнен анализ процессов энергопотребления.

При управлении энергоснабжением региона основными объектами реализации управляющих воздействий (УВ) являются энергораспределительные организации (ЭРО), являющиеся регулируемыми РСТ естественными монополиями и имеющие иерархическую структуру, а также потребители энергоресурсов. Выделяются следующие уровни энергораспределительной сети (ЭРС):

1 – ввод энергоресурсов в регион;
2 – объекты по преобразованию энергоресурсов;
3 – оборудование по преобразованию энергоресурсов;
4 – группы потребителей высокого уровня энергоснабжения;
5 – группы потребителей среднего уровня энергоснабжения;
6 – группы потребителей низкого уровня энергоснабжения.

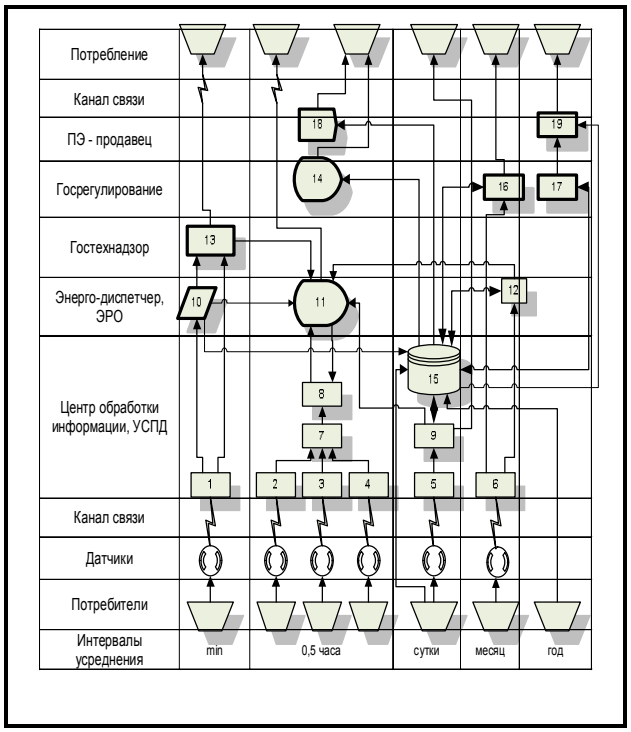


**Рис. 3. Информационно-логическая схема управления региональной энергетической системой «поставщик – потребитель»**

На схеме приняты следующие обозначения:

1 – мониторинг технического и качественного состояния энергоснабжения потребителей региона, средств сбора и обработки данных, а также качества энергоресурсов (АИИСКУЭ, АИИСККЭ);
2 – регистрация и проверка на достоверность статистических данных по уровням энергопотребления, вычисление их фактических значений по группам потребителей энергоресурсов;
3 – регистрация и проверка на достоверность статистических данных по потерям энергоресурсов;
4 – регистрация и проверка на достоверность данных по состоянию платежей за энергоресурсы;
5 – определение суточных расходов энергоресурсов по группам потребителей;
6 – определение расходов энергоресурсов по группам потребителей за месяц;
7 – прогнозирование уровней потребления и объемов потребления энергоресурсов по группам потребителей;
8 – формирование области решения многокритериальной задачи оперативно-диспетчерского управления энергоснабжением;
9 – определение показателей режимов энергопотребления и их предельных значений;
10 – отображение оперативной информации о текущем состоянии системы энергоснабжения с систем АИИСКУЭ и АИИСККЭ;
11 – поиск решения задачи оперативно-диспетчерского управления энергоснабжением региона путем интерактивного общения энергодиспетчера с ЦОИ; реализация управляющих воздействий (УВ) с запросом подтверждения исполнения (автоматизированное рабочее место (АРМ) энергодиспетчера);
12 – анализ топологии энергораспределительной сети (ЭРС) энергораспределительной организации (ЭРО) и оценка состояния системы энергоснабжения;
13 – запреты на реализацию УВ от государственных структур технадзора;
14 – отображение информации по состоянию энергоснабжения и энергопотребления на АРМы специалистов РСТ;
15 – формирование базы данных (БД) для решения задач управления энергоснабжения и энергопотребления региона;
16 – расчет норм расхода энергоресурсов и построение нормативных графиков энергопотребления по группам потребителей; планирование энергопотребления региона и групп потребителей;
17 – определение величины заявляемых объемов энергоресурсов; составление и оптимизация энергобалансов по региону и группам энергоемких потребителей энергии; анализ результатов мониторинга технического состояния энергоснабжающего оборудования ЭРО; анализ УВ по изменению режима работы предприятий-потребителей; тарифообразование;
18 – отображение информации по состоянию энергоснабжения и энергопотребления на АРМы главного энергетика, энергетика и экономиста ПЭ;
19 – разработка и утверждение графиков проведения энергосберегающих мероприятий; прогнозирование энергопотребления.

Структура ***S*** ЭРС описывается набором бинарных отношений (дуг) $\varsigma_j$:

$$\varsigma_j : S_j * S_{j+1},$$

где $S_i = \{ s_{1i}, \ldots s_{ij}, \ldots s_{l_j j} \}$ – множество элементов (узлов) на ***j***-м уровне ЭРС, $j = \overline{1, J-1}, J = 6$.

Данное описание положено в основу формализации состояния системы энергоснабжения. При этом уровням ЭРС ставятся в соответствие компоненты вектора (параметры и характеристики состояния региональной энергетической системы «поставщик – потребитель»):

$$X = \{A, E_{Nогр}(t), E_{Nij}(t), y_{ij}, k_{ij}, Q_{макс}(t), Q_{ij}(t), K_{ij\,мин}, K_{ij\,макс}, K_{ij}(t), l_j, J, W_n, w_n, N, g_{mclмин}(t), g_{mclмак}(t), g_{mcl}(t), L_{nm}, M_n, \varphi_{vмин}(t), \varphi_{vмак}(t), \varphi_v(t), V\}, \quad (2)$$

где $E_{Nij}(t)$ – уровень энергопотребления ***i***-го потребителя ***j***-го уровня ЭРС;

$E_{Nогр}(t)$ – ограничение по энергопотреблению, вводимое энергоснабжающей организацией;

$y_{ij}$ – оценка удельного ущерба от простоя (ограничения) $i$-го потребителя $j$-го уровня ЭРС;

$k_{ij} = \alpha_{ij} \wedge \beta_{ij} \wedge \gamma_{ij}$, где $\alpha_{ij} = 1$, если $i$-й потребитель $j$-го уровня ЭРС может быть использован для регулирования режимов регионального энергопотребления, $\beta_{ij} = 1$, если потребитель потребляет энергоресурсы и $\gamma_{ij} = 1$, если рекомендуется для регулирования энергопотребления, 0 – в противных случаях;

$l_j$ – количество потребителей для регулирования энергопотребления на $j$-м уровне ЭРС;

$J$ – количество уровней ЭРС;

$W_n$ и $w_n$ – интегральный и удельный расходы энергоресурсов по $n$-му ЭРО;

$N$ – количество ЭРО;

$Q_{ij}(t)$ – объем потерь энергоресурсов $i$-го потребителя $j$-го уровня ЭРС;

$Q_{макс}(t)$ – соответственно максимально допустимые значения объема потерь энергоресурсов, установленные в тарифе;

$K_{ij}(t)$ – контролируемая характеристика энергоресурса у $i$-го потребителя $j$-го уровня ЭРС;

$K_{i\,j\,мин}$ и $K_{i\,j\,макс}$ – минимально и максимально допустимые значения характеристики энергоресурса у $i$-го потребителя $j$-го уровня ЭРС (в соответствии с принятыми нормативами и ГОСТами);

$g_{mcl}(t)$ – значение $i$-й характеристики технического состояния $m$-го технологического оборудования энергоснабжения, размещенного в $n$-м ЭРО;

$g_{mcl\,мин}(t)$ и $g_{mcl\,макс}(t)$ – соответственно минимально и максимально допустимые значения $l$-й характеристики технического состояния $m$-го оборудования $n$-го ЭРО;

$M_n$ – количество технологического оборудования в $n$-м ЭРО;

$L_{nm}$ – количество характеристик технического состояния $m$-го оборудования $n$-го ЭРО;

$\varphi_V(t)$ – значение $v$-го параметра качества энергоресурсов;

$\varphi_{V\,мин}(t)$ и $\varphi_{V\,макс}(t)$ – соответственно минимально и максимально допустимые значения $v$-го параметра качества энергоресурсов;

$V$ – количество контролируемых параметров качества $a$-го энергоресурса;

$A$ – количество видов рассматриваемых энергоресурсов.

В целях повышения надежности функционирования ЭРС эксплуатируются по древовидным структурам.

Приведены математические постановки и методы решения взаимосвязанного комплекса задач, а также диалоговые процедуры управления энергопотреблением в регионе.

Постановка задачи. Необходимо минимизировать совокупность технико-экономических критериев.

По ущербу от отключений (ограничений в энергоснабжении) потребителей энергоресурсов:

$$F_1(X) = \sum_{a=1}^{A} \sum_{j=1}^{J} \sum_{i=1}^{l_j} y_{aij} k_{aij} \rightarrow min\ . \qquad (3)$$

По количеству отключений (ограничений) потребителей:

$$F_2(X) = \sum_{a=1}^{A} \sum_{j=1}^{J} \sum_{i=1}^{l_j} k_{aij} \rightarrow min\ . \qquad (4)$$

По потерям энергоресурсов в ЭРО:

$$F_3(X) = \sum_{a=1}^{A} \sum_{j=1}^{J} \sum_{i=1}^{l_j} Q_{aij}(t) \rightarrow min\ . \qquad (5)$$

При следующих ограничениях.

По уровню энергопотребления в регионе:

$$\sum_{a=1}^{A} E_{N\,a\,огр\,min} \le \sum_{a=1}^{A} \left\{ \sum_{i=1}^{l_1} E_{N\,a\,пр\,i1}(t+t^*) - \right.$$

$$\left. - \sum_{j=1}^{J} \sum_{i=1}^{l_j} E_{N a_{ij}}(t+t^*)\, k_{aij} \right\} \le \sum_{a=1}^{A} E_{N\,a\,огр\,max}\ , \qquad (6)$$

где $E_{N\,пр\,i\,j}(t+t^*)$ – прогнозное значение уровня потребления энергоресурсов по $i$-му потребителю на вводе в систему; $t^* = n\,\Delta t$; $n$ – количество интервалов прогнозирования.

по значению характеристик энергоресурсов на вводе у потребителей:

$$K_{aij\,мин} \le K_{aij}(t) \le K_{aij\,макс},\ a = (1,\ldots,A). \qquad (7)$$

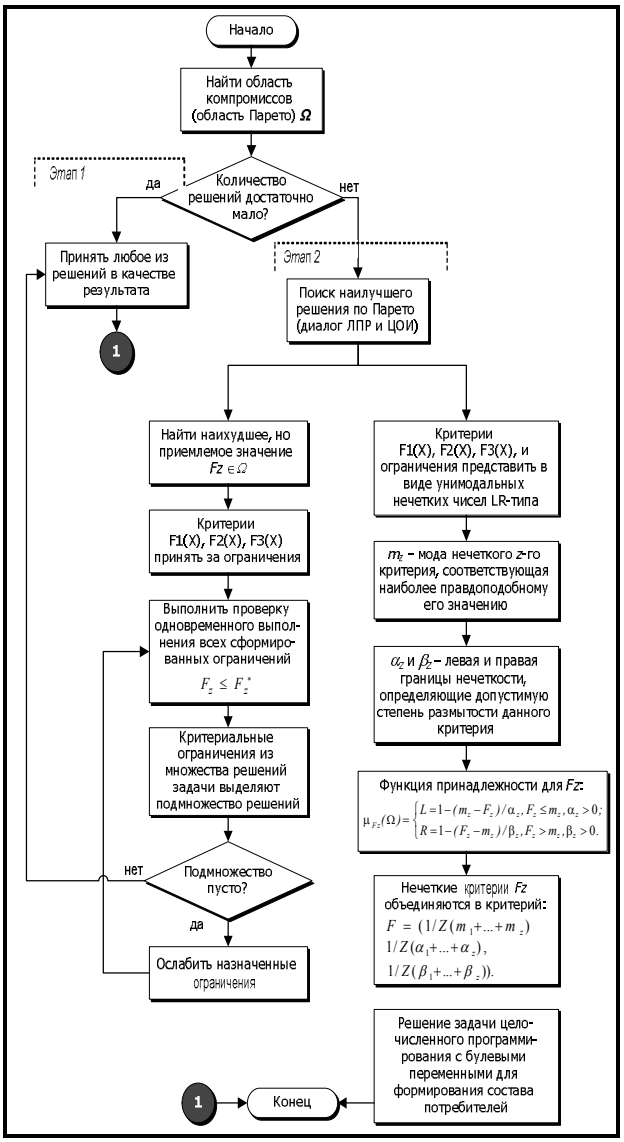


**Рис. 4. Блок-схема алгоритма метода поиска решения в области Парето**

Методы решения задачи. Задача решается в два этапа. На первом этапе находится область компромиссов (область Парето) $\Omega$. Если эта область содержит небольшое количество решений, то любое из них можно принять за результат решения задачи. Данный этап представляет собой формализованную часть решения задачи. В противном случае реализуется второй этап, на котором в диалоге лица, принимающего решение (ЛПР), с ЦОИ осуществляется поиск наилучшего с точки зрения ЛПР решения в области Парето.

Блок-схема алгоритма метода поиска решения в области Парето представлен на рис. 4.

Формирование состава потребителей для регулирования уровня энергопотребления осуществляется на основе решения задачи целочисленного программирования с булевыми переменными. Оптимизация выполняется по критериям (3) – (4) в области, определяемой ограничением (6). Для решения таких задач используются эвристический (рис. 5) и генетический (рис. 6) алгоритмы, так как точные методы целочисленного программирования неэффективны с точки зрения затрат машинного времени.

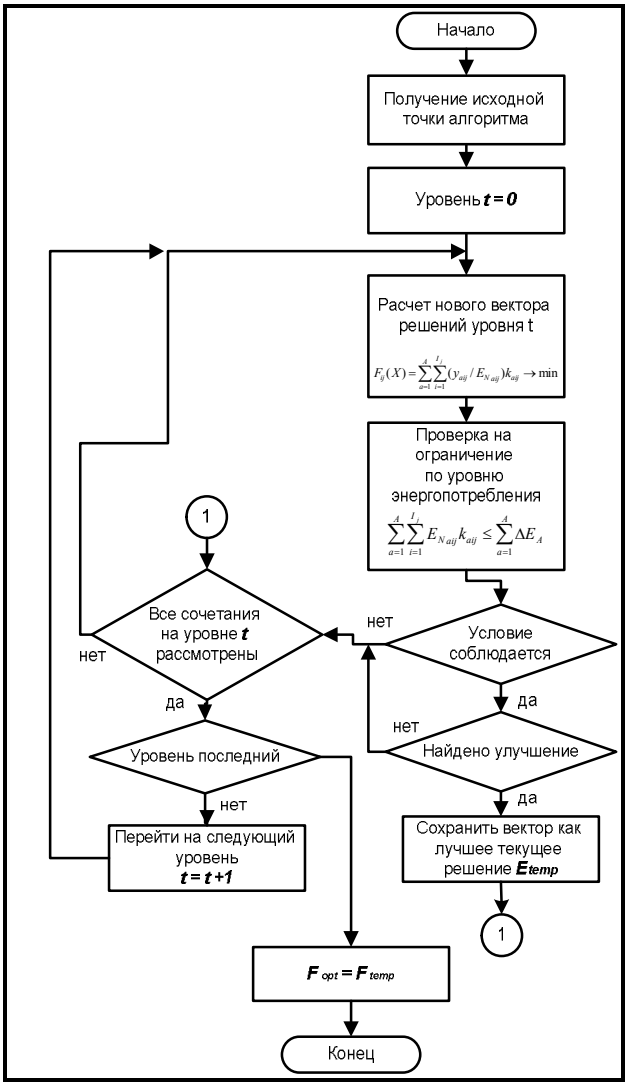


**Рис. 5. Блок-схема эвристического алгоритма формирования состава потребителей для регулирования уровня энергопотребления региона**

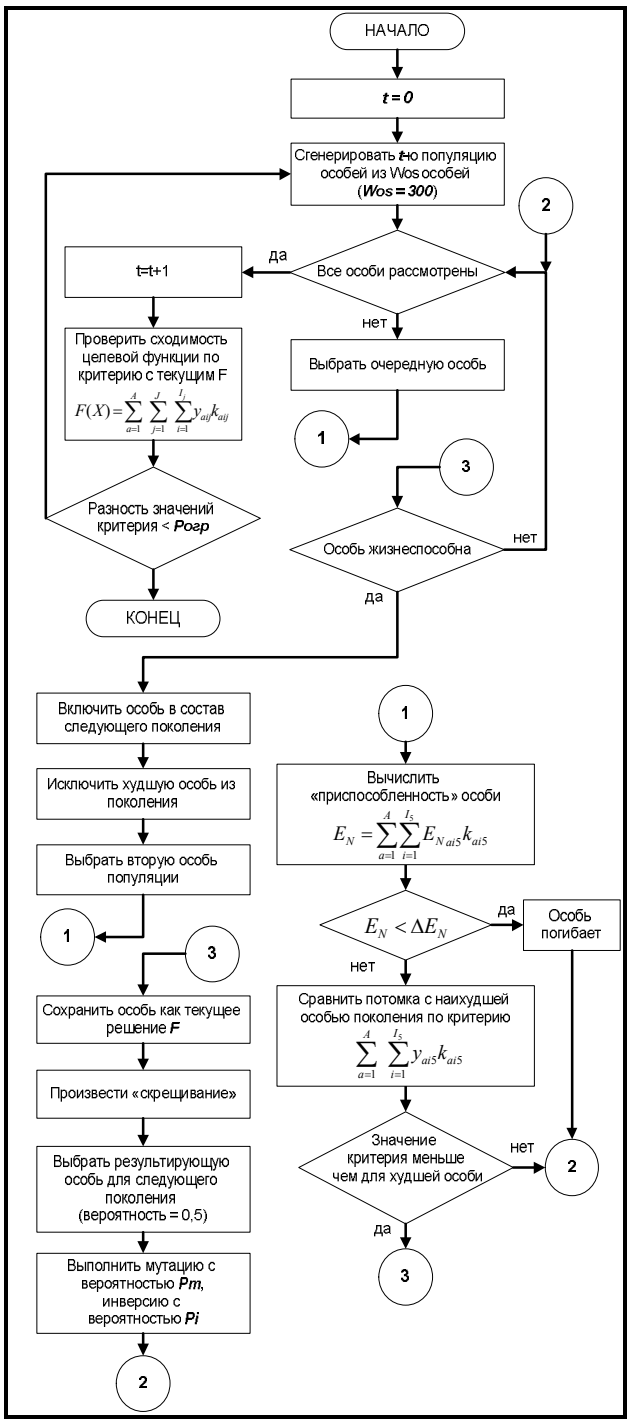


**Рис. 6. Блок-схема генетического алгоритма формирования состава потребителей для регулирования уровня энергопотребления региона**

Из анализа алгоритмов выбора состава потребителей для регулирования уровня энергопотребления в регионе следует, что генетический алгоритм существенно превосходит по точности ЭА. При обычно имеющей место глубине снижения уровня энергопотребления 10-20% и 300 потребителях относительная ошибка по ущербу для генетического алгоритма не превышает 6-7%, а для эвристического составляет 11-15%.

Предложен интерфейс, который позволяет региональному энергодиспетчеру работать в режиме опера-

тивной визуализации рекомендаций по управлению, выработанных ЦОИ, и осуществлять по каналам связи передачу УВ на ЭРС. Экранная форма интерфейса показана на рис. 7.

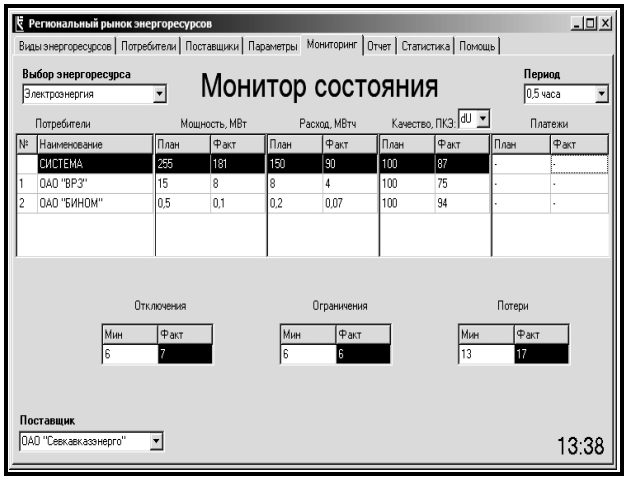


**Рис. 7. Экранная форма диалога регионального энергодиспетчера ЭРО с ЦОИ**

В три окна второго ряда энергодиспетчером вводятся новые значения критериев, сужающие область Парето. Изменение значений этих критериев осуществляется энергодиспетчером в диалоге с ЦОИ до получения обозримого количества альтернативных решений.

Отдельное окно служит для регулирования суточного расхода энергоресурсов, осуществляемого на основе нормативных графиков уровней энергопотребления.

При вызове закладки «Отчет» отображаются найденные решения, и выбирается одно из них. Команды, соответствующие этому решению, передаются энергодиспетчером на ЭРО.

Отключение (ограничение) потребителя энергоресурсов осуществляется после предупреждения.

В интерфейсе, основанном на нечетких числах, энергодиспетчером изменяются значения не критериев, а их границ, и в качестве результата решения задачи выступает множество альтернативных решений, задаваемых нечетким числом.

Проведенный анализ показал, что для определения технического состояния ЭРС в процессе функционирования тестовое диагностирование неприменимо, поэтому использован механизм функциональной диагностики.

Теория и практика построения систем диагностики технического состояния ЭРС находится на начальной стадии развития. Связь результатов мониторинга с реальным техническим состоянием ЭРС, как правило, устанавливается экспертным путем.

Однако достоверность долгосрочного прогноза дефектов в ЭРС только с помощью известных методов недостаточна для обеспечения своевременного обслуживания и вывода его в ремонт, а следовательно, и нормального хода процесса энергоснабжения.

В этой связи предлагается функционально объединить существующие системы мониторинга технического состояния ЭРС и автоматизированные системы управления качеством энергоресурсов (АИИСККЭ) в единую систему.

Мониторинг при этом осуществляется на основе обобщенного алгоритма, представленного на рис. 8.

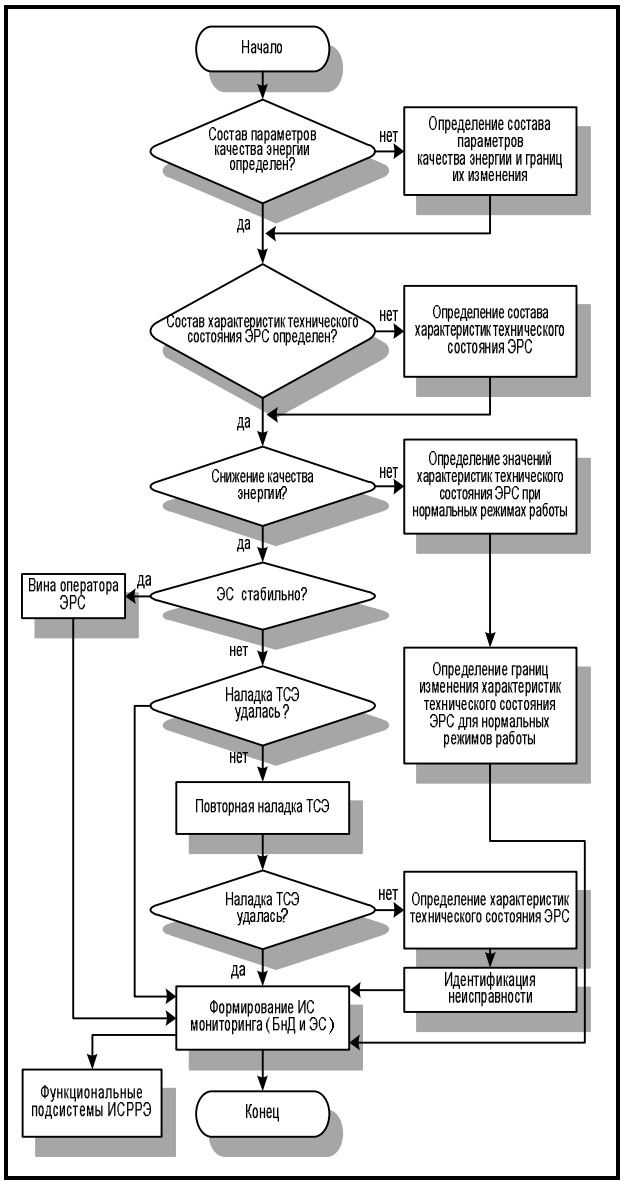


**Рис. 8. Обобщенный алгоритм мониторинга технического состояния энергоснабжающего технологического оборудования**

Пояснения к рис. 8:

**ТСЭ** – технологическая система энергоснабжения;
**БнД** – банк данных;
**ИС** – информационная система;
**ЭС** – экспертная система.

Информация, размещенная в ИС, используется для определения состава и численных значений:

$g_{mc}(t)$ – диагностических признаков характеристик технического состояния ЭРС;

$\varphi_V(t)$ – параметров качества энергоресурсов.

На основе информации, содержащейся в ИС, выполняются классификация и распознавание аномальных состояний ЭРС, а также построение математических моделей, отражающих связь между диагностическими признаками и параметрами технологических режимов работы энергоснабжающего оборудования.

Информационная система, помимо данных о параметрах качества энергоресурсов и характеристик тех-

нического состояния ЭРС, содержит информацию о неформализуемых и слабоформализуемых ситуациях, возникающих в процессе его функционирования.

Эта информация заносится в ЭС оператором-экспертом подразделения ЭРС, в котором размещается энергооборудование.

Для решения разработанного комплекса задач управления предлагается двухуровневая структура технических средств (рис. 9, 10):

- нижний уровень составляют АИИСКУЭ и АИИСККЭ, осуществляющие сбор, преобразование, проверку на достоверность и форматирование измерительной информации, поступающей от потребителя;
- верхний уровень – серверы опроса и АРМы ПЭ и экспертов государственного регулирования, обеспечивающие формирование реляционной БД (как правило, на основе MS SQL Server), решение задач и функциональную диагностику систем управления.

Устройствами измерения параметров энергоресурсов и приборами учета служат любые измерители, регистраторы, расходомеры и счетчики электроэнергии, газа, тепла, сертифицированные в установленном порядке и оборудованные цифровыми интерфейсами для работы в информационной сети. Возможна интеграция с уже имеющимися у потребителей автоматизированными системами коммерческого и технического учета энергоресурсов.

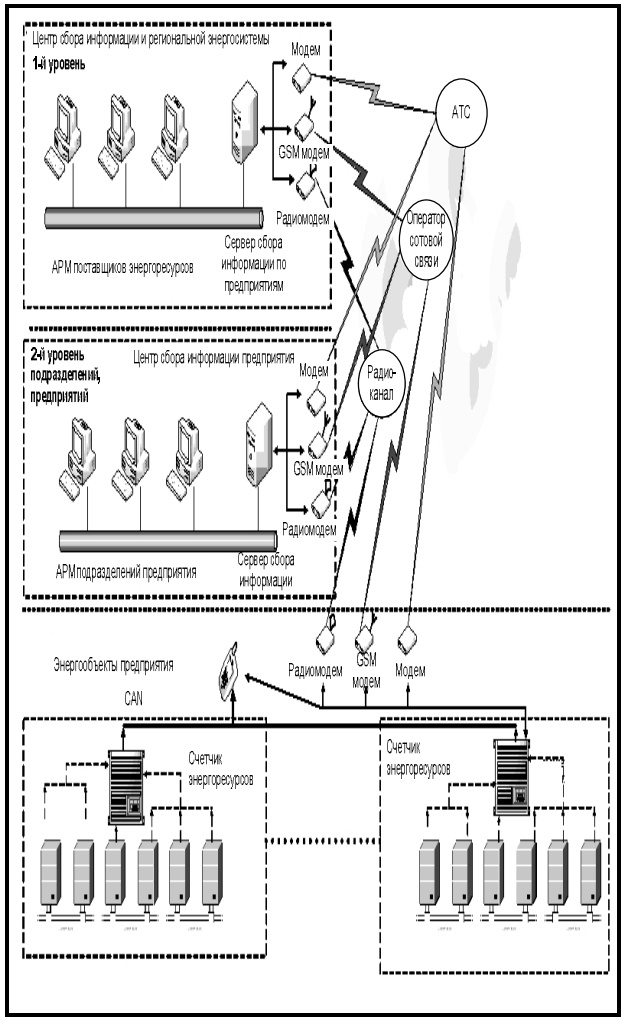


**Рис. 9. Структура технических средств ИСРРЭ**

Для организации каналов связи между измерительными приборами, устройствами сбора и передачи данных и другими элементами ИСРРЭ используются стандартные универсальные протоколы передачи данных (TCP/IP для сетей Ethernet, Modbus для сетей RS – 485 и RS – 232 и др.). В качестве линий связи могут так же служить технологии беспроводного доступа GSM, GPRS, EDGE, CDMA.

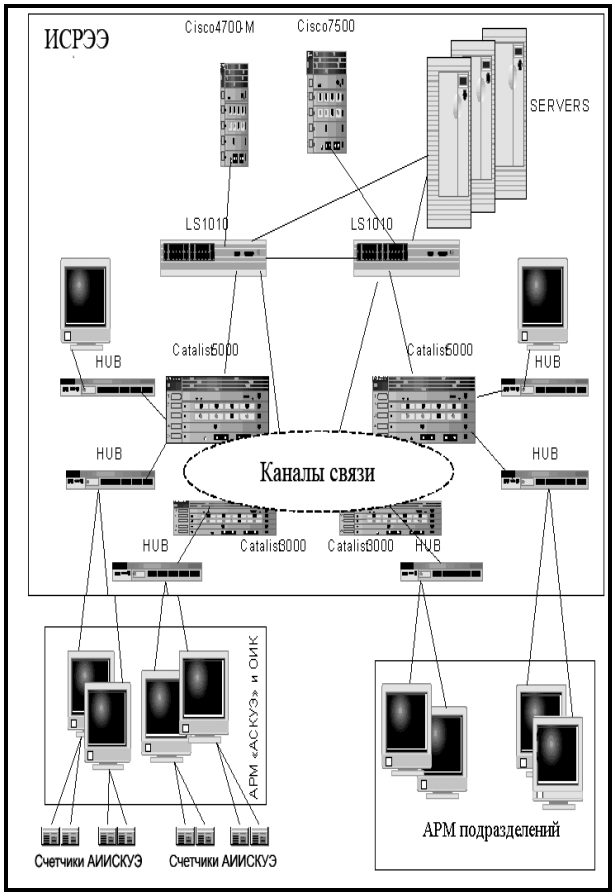


**Рис. 10. Топология и структура телекоммуникационной сети комплекса технических средств ИСРРЭ**

В основу создания структуры программного обеспечения ИСРЭЭ (рис. 11) положены кросс-платформенные технологии на базе платформы Microsoft.NET как единой универсальной базы программирования, подходящей для разработки любых программ. Преимуществом выбранного подхода является то, что создаваемые серверные и клиентские приложения ИСРЭЭ не привязаны к конкретной операционной системе и аппаратной платформе. Таким образом, программные компоненты ИСРЭЭ могут функционировать в различных операционных системах, поддерживающих. NET (на текущий момент это системы семейства Microsoft Windows, FreeBSD, а так же Linux с ограничениями).

Для реализации взаимодействия распределенных компонентов системы использована компонентная объектная модель COM+.

В качестве сред разработки могут использоваться Microsoft Visual Studio.NET и Borland Delphi 8-й версии и старше, в которые интегрированы CASE-средства, упрощающие процесс и сокращающие сроки проектирования систем управления.

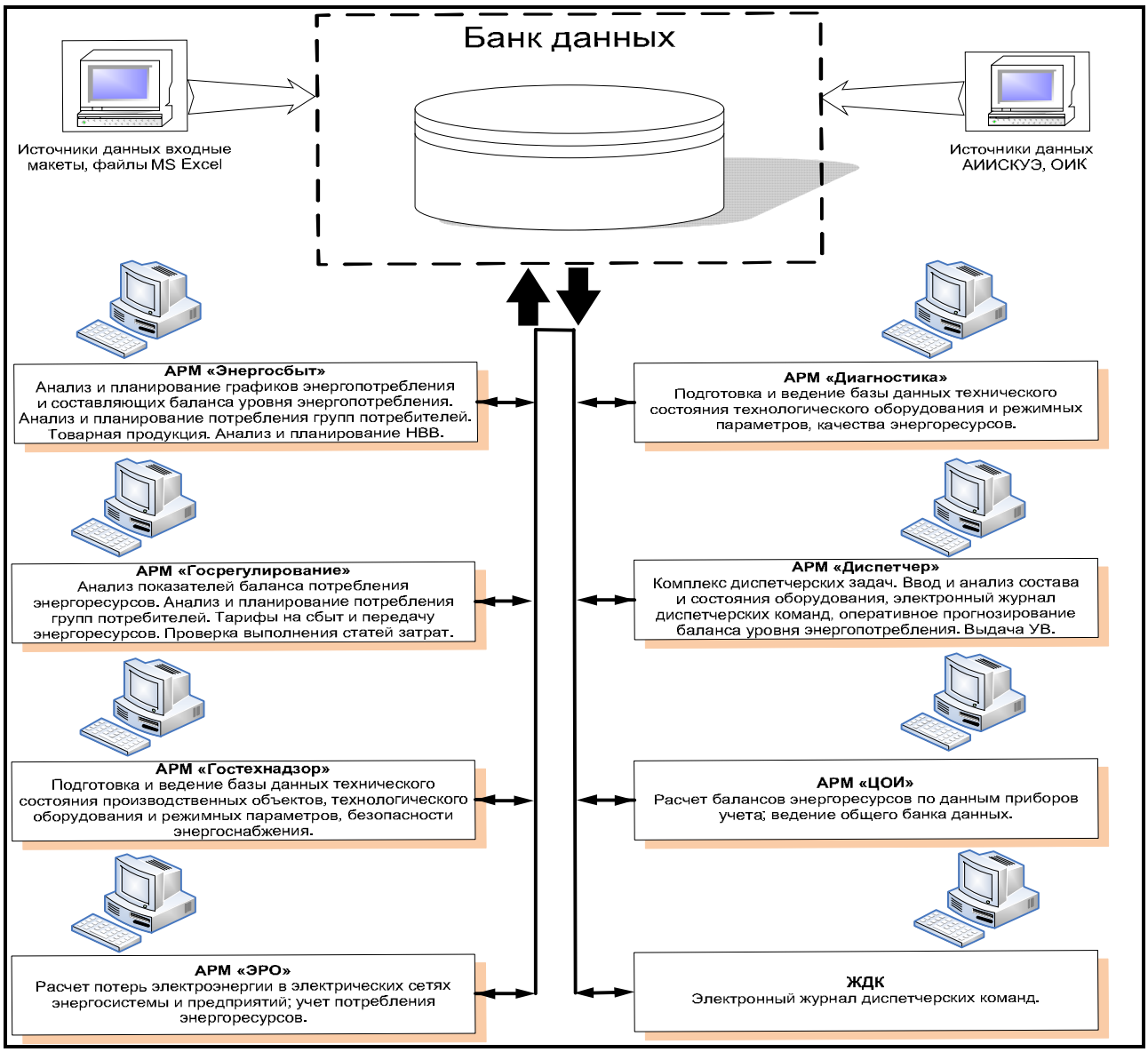


**Рис. 11. Структурная схема прикладного программного обеспечения комплекса ИСРРЭ**

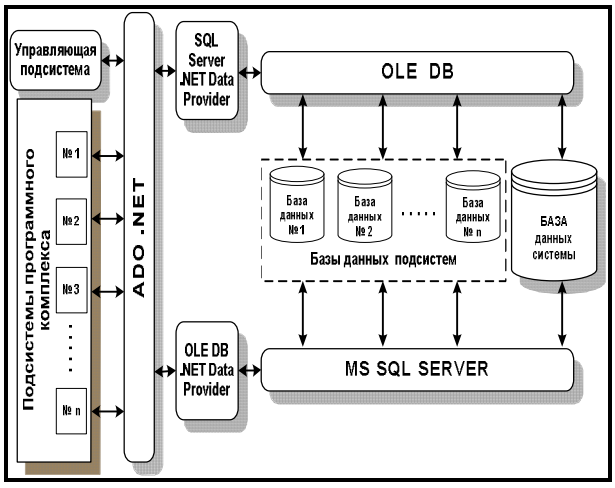


**Рис. 12. Архитектура доступа к данным в системе ИСРЭЭ**

Для проектирования структуры базы данных использовано средство ERwin, сочетающее графический интерфейс Windows, инструменты для построения ER-диаграмм, редакторы для создания логического и физического описания модели данных и прозрачную поддержку ведущих реляционных СУБД и настольных баз данных. Архитектура доступа к данным в системе ИСРЭЭ представлена на рис. 12.

Взаимодействие ИСРЭЭ с внешними информационными системами (АСУ оптовых рынков энергоснабжения, АСУ предприятий энергетики и ЖКХ региона и др.) осуществляется по сети Интернет.

## Литература


1. Интернет сайт лаборатории Base Group: http://base-group.ru/genetic/
2. Интернет сайт: http://www.neuroproject.ru/
3. Авдашева С.Б., Розанова Н.М. Теория организации отраслевых рынков. – М.: Экономика, 1998.
4. Арунянц Г.Г., Калинкин А.Д., Хузмиев И.К. Особенности построения программного комплекса расчета и анализа потерь в электрических сетях // Вестник ФЭК РФ.– М.: 2001.– №4.– С. 143–148.
5. Арунянц Г.Г., Калинкин А.Д., Хузмиев И.К. Принципы динамического формирования внутрисистемных и пользовательских интерфейсов при создании сложных программных систем // Вестник ФЭК РФ.– М.: 2001. – №4.– С. 130–143.
6. Арунянц Г.Г., Пагиев К.Х., Текиев В.М., Автоматизированный синтез и анализ многомерных систем управления технологическими объектами, Владикавказ: Иристон, 2000. – 268 с.
7. Арунянц Г.Г., Хузмиев И.К., Автоматизация и регулирование субъектов естественных монополий в сфере энергетики, М., Вестник ФЭК РФ, №1, 2001.
8. Арунянц Г.Г., Хузмиев И.К., Автоматизация процессов регулирования деятельности естественных монополий в топливно-энергетическом комплексе, М., Финансово-экономический вестник нефтяной и газовой промышленности, №11, 2000.
9. Бережной Л.Н. Теория оптимального управления экономическими системами. – СПб.: Изд-во С.-Петербургского института внешнеэкономических связей, экономики и права, 2002.
10. Богатенков С.А. Повышение эффективности мероприятий по энергосбережению с помощью автоматизированных средств учета энергии // Промышленная энергетика.– 1997.– №12.– С. 2–5.
11. Божич В.И., Скубилин М.Д., Спироидонов О.Б., Пути оптимизации потребления электроэнергии, М., Строительные материалы, оборудование, технологии 21 века, №10, 2000.
12. Бойко Н.Д., Петров А.С., Баланс электрической энергии и мощности, как инструмент регулирования естественных монополий, М., Вестник ФЭК, №5, 1998.
13. Бойко Н.Д., Петрушин Ю.В. Государственное регулирование и дерегулирование энергетики в России: новые шаги на пути к рынку.// Вопросы регулирования ТЭК. – 2001. – №2. – с. 48-50.
14. Булатов В.П. Системные исследования в энергетике в новых социально-экономических условиях. – Новосибирск: Наука, 1995. - 189с.
15. Дейт К. Введение в системы баз данных. – СПб.: Вильямс, 1999.
16. Дубинский Е.В., Пономаренко И.С., Тодирка С.Н. Современные информационные технологии и их аппаратное обеспечение в задачах управления системами электроснабжения. // Энергосбережение, 1999, №6, с. 28-30.
17. Буренков Е.В. Автоматизированные системы учета потребления энергоресурсов в условиях либерализованного рынка // Вестник Госэнергонадзора, 2001, №1.
18. Евсюков К.Н., Симаков О.В. Общая оценка оценки и выбора систем управления базами данных// Прикладная информатика / Под ред. В.М.Савинкова. – Вып. 2(11). – М.: Финансы и статистика, 1986. – С. 143-173.
19. Егоров В.А.. АСКУЭ современного предприятия, М., Энергетик, №12, 2001.
20. Замков О.О., Толстопятенко А.В., Черемных Ю.Н. Математические методы в экономике. - М.: Дело и сервис, 2001. – 365 с.
21. Зиндер Е.З. СУБД и действительно большие системы // СУБД. –1997 – №4. – С. 61–64.
22. Интрилигатор М. Математические методы оптимизации и экономическая теория. – М.: Айрис пресс, 2002. 565с.
23. Ишкин В.Х., Стегний В.П., Корпоративные сети связи электроэнергетики в условиях реструктуризации отрасли, Москва, 2002.
24. Ковалев М.М. Дискретная оптимизация (целочисленная оптимизация). Изд. 2-е.- М.: Едиториал, УРСС, 2003.
25. Кристофидес Н. Теория графов: алгоритмический подход, Мир, 1978 г.
26. Кумаритов А.М. Имитационное моделирование систем управления материальными и информационными потоками в логических системах // Труды межреспубликанской научной конференции "Управление в социальных, экономических и технических системах". Кисловодск, 1998.
27. Кумаритов А.М. Модель региональной системы «поставщик – потребитель электроэнергии» // Оптимизация материальных, финансовых и информационных потоков в экономике Республики Северная Осетия-Алания. Москва-Владикавказ: Научные труды вольного экономического общества, Т. 57, 2005. С. 197 – 203.
28. Кумаритов А.М. Основные проблемы автоматизации функционирования региональных систем «поставщик – потребитель энергоресурсов» и методы их решения // Аудит и финансовый анализ , №3-4, Москва, 2007.
29. Новиков. Ф.А. Дискретная математика для программистов, С-Петербург, 2001 г.
30. Оре О. Теория графов, Наука, 1982 г.


*Кумаритов Алан Мелитонович*

## РЕЦЕНЗИЯ

Процессы энергоснабжения, энергопотребления и тарифообразования в условиях острого дефицита собственных генерирующих мощностей в современных условиях немыслимы без использования современных информационных технологий. В этой связи разработка информационно-управляющих систем региональных рынков энергоресурсов с общим центром обработки информации является современной и актуальной задачей как для поставщиков так и для потребителей энергоресурсов.

В представленной работе при использовании автором методов системного анализа, теории математического моделирования, теорий оптимального управления и нечеткой математики, теории графов, теорий массового обслуживания, функционального и стоимостного анализов исследованы особенности продвижения энергетических, информационных и финансовых потоков, и на этой основе найдены пути повышения эффективности управления региональным рынком энергоресурсов.

Научную и практическую ценность представляют выводы и решения, сделанные автором, в том числе:

- информационно-логическая схема региональной энергетической системы «поставщик – потребитель», отличающаяся объединением выполняемых системой управления функций, распределенных по циклам реализации управляющих воздействий и организационно-технических средств, в единую информационную систему, сформированную на основе синтезированных структур: принятия решения, функционально-дивизиональной, информационно-управляющей и организационно-технической;
- метод регулирования энергоснабжения и энергопотребления, базирующийся на применении информации об изменении во времени нагрузок потребления (информация выбирается из систем АИИСКУЭ, АИИСККЭ и экспертных систем) и учитывающий балансы спроса и предложения, производства и потребления энергоресурсов в регионе. Отличие метода – формирование состава потребителей, за счет которых выравниваются графики уровней энергопотребления, на основе решения задачи целочисленного программирования с булевыми переменными;
- алгоритмы, отличающиеся реализацией предложенных методов и положенные в основу расчетной части программного обеспечения.

Статью можно рекомендовать к публикации в рекомендованном ВАК РФ рецензируемом журнале «Аудит и финансовый анализ».

*Хасцев Б.Д., д.т.н., профессор, декан факультета СКГМИ (ГТУ), г. Владикавказ*

# 11. COMPUTING MACHINERY AND INFORMATION SCIENCE

## 11.1. METHODS OF BUILD-UP AND FUNCTIONING OF THE INTELLIGENCE SYSTEM OF THE REGIONAL ENERGY MARKET

A.M. Kumaritov, Candidate of Science (Technical), the Senior Lecturer of the North Caucasian Mountain-Metallurgical Institute,
Vladikavkaz

In conditions of energy supply deficit in regions, the problem of creation a management-information systems for monitoring and accounting of power supply, power consumption and tariff-calculation on basis of present-day IT technologies are particularly actual. In this article there was proposed a methods for building the regional energy centers of information gathering and information processing. There was examined the model of regional energy market information system. Placed high emphasis on monitoring of technical condition of power supply technological equipment.