

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное агентство по образованию

---

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина»

## **ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЭНЕРГОСИСТЕМ**

**ТРУДЫ ИГЭУ**

**Выпуск VIII**

*Под редакцией*

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

ИВАНОВО  
2007

УДК 621.311

ББК 31.37

П 42

Повышение эффективности работы энергосистем: Тр. ИГЭУ. Вып. VIII / Под ред. В.А. Шуина, М.Ш. Мисриханова, А.В. Мошкарин. – Иваново, 2007. – 500 с.

ISBN 978-5-89482-486-4

**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. 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. Ю.А. Митькин (ГОУВПО «Ивановский*  
*государственный энергетический университет им. В.И. Ленина»)*

В предлагаемой читателю книге представлены статьи, являющиеся результатами разработок, теоретических и экспериментальных исследований в области теплоэнергетики, электроэнергетики, компьютерных технологий, выполненных сотрудниками Ивановского государственного энергетического университета, МЭС Центра ОАО «ФСК ЕЭС», а также других вузов, научно-исследовательских, проектных и эксплуатационных организаций, сотрудничающих с ИГЭУ и МЭС Центра.

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

ISBN 978-5-89482-486-4

© Авторы, 2007

УДК 681.518

### **Методы решения задач оптимального размещения технических объектов энергетики в городах на основе геоинформационных технологий**

*С.В. Косяков, канд. техн. наук*

Решение задач развития населенных территорий, в особенности территорий современных городов, требует применения методов системного анализа и проектирования. Географические информационные системы (ГИС), которые в последнее время все активнее внедряются в различные сферы деятельности, связанные с управлением территориями, открывают дополнительные возможности для создания моделей и методов анализа пространственных свойств территориально распределенных технических систем (ТРС). В частности, они позволяют применить новые методы анализа решений по развитию энергетических систем городов с учетом факторов сложившейся системы застройки и использования городской территории.

Рассматриваются разработанные автором подходы к решению задач оптимизации размещения технических объектов на территории городов с применением ГИС-технологий и методы поиска оптимальных решений, реализованные в среде ГИС.

Управление развитием ТРС можно рассматривать как последовательность принятия решений, в результате которых выполняются технические мероприятия. Каждое мероприятие сводится к строительству, ликвидации или изменению характеристик технических объектов в составе ТРС, расположенных в некоторых точках территории. При этом изменяется пространственная структура ТРС. Характеристики пространственной структуры и объектов можно привести в ГИС к агрегированным характеристикам участков территории. При этом пространственные свойства ТРС в целом представляются в виде территориально распределенного критерия (ТРК) [1], который можно отобразить в ГИС в виде тематической карты.

ТРК представляется в ГИС с помощью структур данных, которые называют покрытиями. Покрытие – это множество полигонов  $S = \{s_i \mid i = \overline{1, N}\}$ , образованных делением плоскости границами планарного графа. Полученные таким образом полигоны покрывают плоскость без щелей и перекрытий. Если каждому полигону поставить в соответствие значение некоторого тематического параметра  $w$ , то получим вектор  $W = \{w_i \mid i = \overline{1, N}\}$ , который в совокупности с  $S$  будет характеризовать распределение этого параметра по территории города. Таким образом, ТРК можно представить как двойку:

$$x = \langle S, W \rangle. \quad (1)$$

Приводится карта распределения по территории города установленной электрической мощности в сети напряжением 6 – 10 кВ, полученная путем преобразования характеристик трансформаторных и распределительных подстанций в характеристики кварталов (рис. 1).

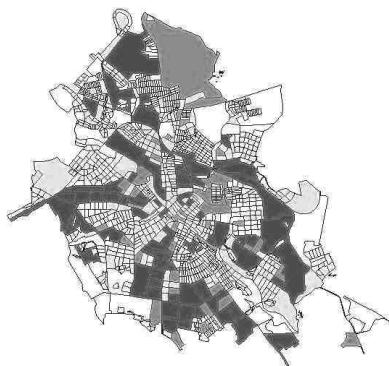


Рис. 1. Пример построения тематической карты распределения установленной электрической мощности

Очевидно, что ТРК можно рассматривать как вектор или точку в  $n$ -мерном пространстве, где  $n$  – число полигонов в покрытии. Полученное пространство распределения параметра является нормированным линейным пространством  $C_1^n$  с метрикой

$$d(x, y) = \|x - y\| \quad (2)$$

и нормой

$$\|x\| = \sum_{i=1}^n |x_i|, \quad (3)$$

где  $x$  и  $y$  – точки в указанном пространстве.

Над векторами в этом пространстве определены традиционные операции векторной алгебры: операции сложения, вычитания, умножения на скаляр. Результатами этих операций является ТРК. В данном пространстве определено также скалярное произведение векторов:

$$xy = \sum_{i=1}^n x_i y_i. \quad (4)$$

Величина скалярного произведения векторов ТРК показывает степень их сонаправленности или ортогональности в пространстве распределения параметра. Другими словами, при одинаковой длине двух векторов чем больше их скалярное произведение, тем более они «похожи» друг на друга по картине пространственного распределения параметра. Очевидно, что все вышесказанное справедливо, если действия производятся в одном пространстве, т.е. если ТРК определены с помощью одного и того же полигонального покрытия  $S$ . В противном случае необходимо сначала привести все сравниваемые ТРК к одному пространству, что достигается путем получения нового общего множества полигонов покрытий путем геометрического пересечения всех сравниваемых покрытий и пересчета элементов векторов  $W$  с учетом возможного разделения полигонов на части.

В предложенном подходе ТРК используются как варьируемые переменные и для определения критериев. К ним должны сводиться все варианты решений по изменению пространственной структуры ТРК. Это достигается за счет пространственного агрегирования объектов и свойств ТРТС. Пространственное агрегирование характеристик объектов ТРТС заключается в определении атрибутов площадного объекта  $s_i$  на основе атрибутов множества объектов  $e_k$ , расположенных в его границах  $a^s = \{a^{ek} \mid k = \overline{1, K}\}$ . Это может осуществляться двумя способами:

1) через значения атрибутов (суммированием, нахождением усредненного значения, нахождением удельного по площади значения, определением максимального или минимального значения для множества атрибутов  $a^s$ );

2) через расстояния между объектами (расчетом расстояния от объектов из множества  $e_k$  до другого объекта в городе, множества объектов или суммы расстояний до этих объектов).

Определение расстояний между объектами в данном случае должно осуществляться с учетом семантики решаемой задачи. Это может быть расстояние для прокладки электрического кабеля или трубопровода, время проезда между заданными точками в городе по существующей транспортной сети и т.д. Для определения таких расстояний в [1] предложено ввести понятие контекстной метрики, в которой расчет расстояний производится с помощью алгоритмов трассировки и методов статистического прогнозирования. Приводятся результаты расчета ТРК времени прибытия экстренной службы в кварталы города для двух выбранных пользователем точек размещения службы (рис. 2). Рассчитанное время прибытия  $t$  отображается на карте глубиной цветовой закрашки кварталов. На данном рисунке задана шкала, которая делит время прибытия на четыре диапазона. В общем случае, выбирая кварталы, удовлетворяющие условию  $t_i < t^*$ , получаем зону, в которой для любой точки выполняется условие  $t < t^*$ . Вычислить площадь этой зоны в ГИС не составляет труда. Сравнивая вычисленные таким образом площади, можно выбрать вариант размещения объекта, обеспечивающий больший размер зоны обслуживания с заданным временем прибытия или предпочтительный по другим пространственным критериям.



Рис. 2. Расчетные зоны по времени прибытия автомобиля для двух вариантов расположения пункта дислокации экстренной службы

Данный принцип можно использовать для решения задач оптимизации размещения объектов ТРТС на территории города. Каждый вариант размещения объекта или множества объектов в данном случае определяет значения элементов вектора  $W$  ТРК, которые вычисляются с помощью методов и алгоритмов пространственного агрегирования характеристик, а также с помощью операций над другими ТРК. Задача сводится к поиску ТРК  $x$  из области допустимых вариантов  $Dx$ , для которого значение целевой функции  $F(x)$  принимает минимальное или максимальное значение:

$$\text{extr}_{x \in Dx} F(x). \quad (5)$$

В качестве типичных случаев формулировки оптимизационной задачи можно привести следующие.

1. Минимизируется значение максимального (минимального) элемента вектора ТРК

$$F(x) = \max(W) \rightarrow \min. \quad (6)$$

Этим достигается выбор варианта по принципу получения «наименьшего из зол».

2. Минимизируется площадь территории, для которой значение параметра  $w$  находится в заданных пределах  $w \in [w_{min}, w_{max}]$  или превышает некоторый порог (последнее можно считать частным случаем нахождения в пределах, когда  $w_{min} = -\infty$  или  $w_{max} = +\infty$ ):

$$F(x) = \sum_i (s_i | w_i \in [w_{min}, w_{max}]) \rightarrow \min, \quad (7)$$

где  $s_i$  – площадь полигона, имеющего значение параметра  $w_i$ . Таким способом ищутся решения, оказывающие наибольшее или наименьшее влияние на территорию в целом.

3. Минимизируется длина вектора ТРК, полученного в результате операций над другими ТРК (например, разность двух ТРК):

$$F(x) = \sum_{i=1}^N w_i \rightarrow \min. \quad (8)$$

Это позволяет, например, находить решения, максимально приближенные к некоторой идеальной или планируемой стратегической цели, выраженной в виде ТРК.

Приведен простейший пример поиска оптимального решения по развитию структуры ТРТС, обеспечивающей экстренное обслуживание территории города путем выезда бригад на автомобиле из нескольких пунктов дислокации (рис. 3). На фрагменте «а» показан ТРК исходного состояния системы. В этом состоянии имеется один пункт дислокации в центре города. Параметр  $w_i$  принимает одно из двух значений:  $w_i = 0$  – время прибытия находится в пределах заданного норматива (светлая закразка),  $w_i = 1$  – время превышает норматив (темная закразка). ТРК рассчитывается путем прокладки кратчайшего маршрута движения от пункта дислокации к каждому кварталу города с использованием модели транспортной сети города Иванова [2]. Требуется определить место размещения второго пункта дислокации таким образом, чтобы площадь зоны, в которой время прибытия превышает нормативное, была минимальной. Варианты возможных решений генерируются в виде ТРК, показанных на фрагменте «б». На каждой итерации второй пункт дислокации помещается в центр квартала из множества  $S$ , для которого в исходной ситуации параметр принимает значение  $w_i = 1$ . Затем для этого пункта вычисляется ТРК, аналогичный показанному на фрагменте «а», и два этих ТРК складываются. Таким образом, перебираются все варианты возможного размещения нового пункта дислокации и из них выбирается тот, для которого суммарная площадь полигонов покрытия, имеющих значение параметра  $w_i = 1$ , минимальна.

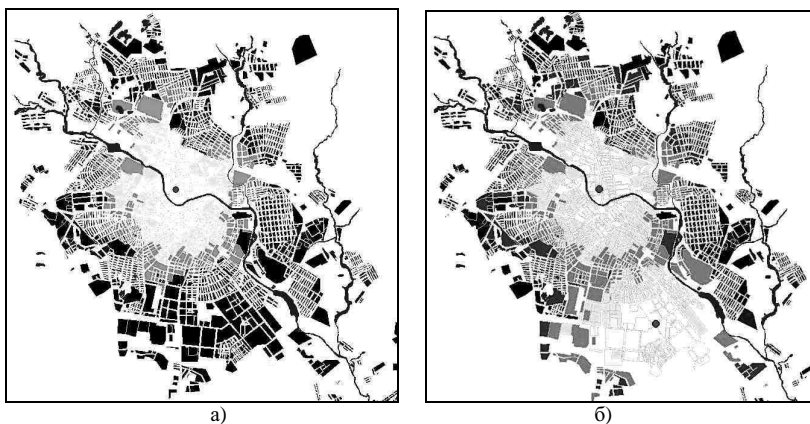


Рис. 3. Определение места размещения нового объекта



Для организации поиска оптимальных решений по размещению объектов на основе рассмотренного метода необходимо реализовать процедуры автоматического формирования альтернатив. В приведенной постановке в качестве альтернатив для размещения объекта можно рассматривать только полигоны множества  $S$ . При этом выбор подходящих полигонов может производиться с учетом различных дополнительных условий, что реализуется традиционными средствами пространственного анализа ГИС. Например, можно определить правила, по которым в список альтернатив попадут только кварталы, имеющие соответствующие здания или места для застройки.

Применение предложенных пространственных моделей и методов позволяет решать многокритериальные задачи размещения с использованием известного метода построения области неуплучшаемых решений (области Парето). При этом для анализа вариантов размещения объектов в городе можно построить отображение этой области в географическое пространство. Суть разработанного подхода удобно показать на примере.

Пусть имеется два потребителя ресурса, расположенные в указанных точках города  $v_1$ , и  $v_2$ . Требуется определить местоположение источника  $v^*$  при условии, что он должен быть максимально приближен к потребителям:

$$F(v^*) = \{d(v^*, v_1) \rightarrow \min; d(v^*, v_2) \rightarrow \min\} \rightarrow \min. \quad (9)$$

В линейном пространстве геометрическое решение подобной задачи достаточно очевидно. Данному условию отвечают точки на прямой, соединяющей  $v_1$ , и  $v_2$ . Это геометрическая интерпретация области Парето. Однако с учетом того, что ресурс в городе может быть доставлен от источника к потребителю только посредством инженерной сети, понятно, что область Парето будет другой. Построение ТРК с применением специальных метрик, определяющих расстояния, например, по трассам или по дорожной сети, позволяет автоматически построить область Парето с учетом реальной структуры городской среды.

Приводятся примеры построения области Парето (закрашенные зоны) при решении задачи в указанной выше постановке с измерением расстояний по транспортной сети города Иванова для двух (слева) и трех (справа) потребителей (рис. 4). Для трех потребителей в линейном пространстве область Парето имеет форму треугольника, в вершинах которого находятся потребители.

Метод построения области Парето в данном случае основан на построении ТРК, элементы которого принимают значение  $w_n = 0$ , если по-

лигон покрытия не принадлежит области Парето, и  $w_n = 1$ , если он принадлежит этой области. В общем случае при наличии  $N$  полигонов и  $K$  потребителей для каждого потребителя строится ТРК, который показывает удаленность этого потребителя от каждого квартала по сети  $d_{kn}$ . Результаты расчета ТРК для всех потребителей могут быть представлены в виде матрицы  $D$ , в которой строками являются  $K$  векторов ТРК, а столбцами –  $N$  полигонов покрытия.

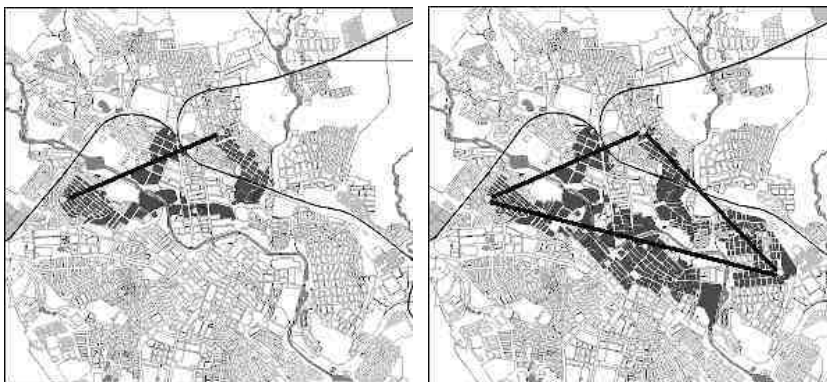


Рис. 4. Примеры построение области Парето

Процедура построения ТРК области Парето выполняется следующим образом:

1. Всем элементам ТРК области Парето присваивается значение  $w_n = 1$ , счетчику столбцов присваивается значение  $n = 1$ .

2. Для полигона (столбца) с номером  $n$  производится проверка на наличие другого полигона с номером  $i$ , который находится ближе одновременно ко всем потребителям по условию  $\forall i \neq n \neq k (d_{kn} \leq d_{in}, k = \overline{1, K})$  и имеет значение  $w_i = 1$  в ТРК области Парето. Если такой найден, то текущий полигон (столбец) исключается из области Парето. Для этого в ТРК устанавливается значение  $w_n = 0$ .

3. Счетчик столбцов увеличивается на единицу:  $n = n + 1$ , и выполняется п. 2 до тех пор, пока не будут проверены все  $N$  столбцов.

В результате работы приведенного алгоритма в ТРК области Парето остаются только те полигоны, для которых не существует конкурентов, являющихся предпочтительными одновременно по всем критериям.

Предложенный подход использует принципы дискретной оптимизации. Как известно, проблемой на пути к реализации систем подобного класса является вычислительная сложность, обусловленная нелинейным ростом числа рассматриваемых вариантов при увеличении размерности множества элементов анализируемой системы. Перенос задач данного класса в среду ГИС дает определенные методологические возможности для сокращения вычислительной сложности оптимизационных расчетов. В ГИС появляется возможность сократить перебор за счет использования пространственных методов анализа для определения неперспективных направлений поиска оптимального решения. Наиболее эффективным приемом сокращения вычислений является иерархическая пространственная декомпозиция территории с учетом значимых для проводимого анализа характеристик участков территории. Этот прием был применен в приведенном выше примере, в котором расчет времени прибытия проводился не для каждой точки пространства и не для каждого дома, а для кварталов (число их относительно невелико). Это снизило точность определения границы зоны до границ кварталов, однако при необходимости точность определения границы может быть увеличена за счет разбиения кварталов, примыкающих к границе анализируемой зоны на более мелкие участки. И напротив, можно сократить число рассчитываемых маршрутов, если предварительно провести расчет времени проезда до ближайших точек крупных районов и исключить из рассмотрения целиком районы, заведомо не попадающие в зону обслуживания размещаемого объекта.

В настоящее время в ИГЭУ реализована опытная версия программного комплекса пространственной оптимизации, реализующего изложенный выше подход. Комплекс разработан на базе инструментальной ГИС «WinPlan» [3]. Наряду с транспортной моделью, использованной в приведенном примере, разрабатываются модели анализа распределения энергетических ресурсов по территории города Иванова.

#### Библиографический список

1. **Косяков С.В.** Методы решения задач планирования развития пространственной структуры городских энергетических сетей на основе ГИС-технологий // Вестник ИГЭУ. – 2003. – №3.
2. **Бадашкин В.А., Косяков С.В.** Опыт создания системы планирования грузоперевозок по городу с использованием ГИС // Информационный бюллетень. ГИС-Ассоциация. – 2000. – №3. – С. 61–62.
3. **Инструментальный** программный комплекс ГИС WinPlan / С.В. Косяков, Е.Б. Игнатьев, С.А. Исаев и др. // Вестник ИГЭУ. – 2003. – №1. – С. 84–91.

УДК 681.3.06

**Методические вопросы автоматизации  
экспертной оценки состояния и условий эксплуатации  
электросетевого оборудования**

*И. Д. Ратманова, канд. техн. наук*

Эффективное управление сложными техническими системами в процессе жизненного цикла невозможно без полноценной информационной поддержки принятия решений. Современный подход к организации информации для поддержки принятия решений основан на использовании концепции хранилищ данных корпоративных информационно-аналитических систем (ИАС).

Распределенность объектов, сложность структуры, многомерность и непрерывное развитие Открытого акционерного общества «Федеральная сетевая компания Единой энергетической системы» (ОАО «ФСК ЕЭС») требуют организации эффективной информационной поддержки управления корпорацией. Для повышения эффективности принимаемых решений по обеспечению надежности электросетевого оборудования создана информационно-аналитическая система по оценке состояния и условий эксплуатации электросетевого оборудования ОАО «ФСК ЕЭС». Система создана по заказу Департамента технической инспекции (ДТИ) компании.

В 2000 году в ОАО «ФСК ЕЭС» было введено в действие «Положение об экспертных системах контроля и оценки состояния и условий эксплуатации силовых трансформаторов, шунтирующих реакторов, измерительных трансформаторов тока и напряжения» (РД 153-34.3-46.304-00) и «Положение об экспертной системе контроля и оценки состояния и условий эксплуатации воздушных линий электропередачи 110 кВ и выше» (РД 153-34.3-20.525-00). Это положило начало внедрению систематической экспертной оценки состояния и условий эксплуатации маслонаполненного оборудования и элементов воздушных линий напряжением 35 кВ и выше [1, 2].

В основу создания системы экспертной оценки состояния и условий эксплуатации электросетевого оборудования положен принцип системного подхода, который на первом этапе использует метод расчленения общей проблемы надежности оборудования на двенадцать основных направлений, включающих в себя анализ полного спектра оценки эксплуатации. Для примера приведен перечень основных направлений эксперт-

ной оценки состояния и условий эксплуатации маслонаполненного трансформаторного оборудования (МНО) (табл. 1).

Таблица 1. Основные направления, определяющие надежность МНО

№ п/п	Основные направления экспертной оценки
I	Учет и анализ причин повреждаемости, анализ достаточности разрабатываемых мероприятий, направленных на повышение надежности трансформаторов
II	Организация контроля за состоянием трансформаторов
III	Использование передовых методик и средств контроля состояния трансформаторов
IV	Состояние системы охлаждения трансформаторов, организация контроля и анализа температурного режима
V	Состояние маслонаполненных вводов
VI	Состояние обмоток и внутренней изоляции трансформаторов
VII	Состояние масла и средств его защиты от увлажнения и окисления
VIII	Состояние организации проведения ремонтных работ
IX	Состояние устройств релейной защиты, автоматики и средств измерения
X	Состояния системы пожаротушения трансформаторов
XI	Принятие мер, исключающих негативные воздействия персонала на состояние трансформаторов. Качество инструкций и уровень подготовки персонала
XII	Состояние устройств РПН трансформаторов

Каждое из основных направлений предусматривает контроль и оценку качества и достаточности используемой технической документации и инструкций для персонала, уровня исполнения регламентов, заданных НТД и РД, организационных уровней обслуживания и ремонта оборудования, обеспеченности необходимыми материалами, приспособлениями, запасными частями, средствами диагностики и т.п. Все основные направления дополнительно расчленены на десять локальных направлений – подуровней. Каждый из подуровней позволяет в более конкретной форме произвести контроль состояния и условий эксплуатации электро-сетевого оборудования, а также выявить допущенные в его границах отклонения от требований НТД и РД.

Опыт эксплуатации экспертных систем на уровне ОАО «ФСК ЕЭС» показал их работоспособность, целесообразность и своевременность внедрения [3]. На этом уровне экспертные системы позволяют обобщать, анализировать и сравнивать результаты работы филиалов, формировать информацию, необходимую для координации их производственных служб и подразделений, способствуют выработке стратегических управленческих решений, позволяют получать информацию об эффективности организационно-распорядительных и нормативно-технических документов, опре-

делять соответствие экспертных оценок реализуемым мероприятиям по устранению выявленных недостатков и упущений, выявлять причины повреждения маслонаполненного оборудования и элементов воздушных линий, формировать концепции повышения надежности их работы и т.д.

Вместе с тем в целом положительный опыт эксплуатации экспертных систем выявил также несовершенство их реализации, обусловленное следующим:

- субъективностью и неоднозначностью формирования первичных оценок, осуществляемых экспертами на предприятиях;
- несоответствием оцененного состояния и условий эксплуатации оборудования намечаемым организационно-техническим мероприятиям;
- разрывом соответствующих информационных связей с характеристиками повреждаемости эксплуатируемого оборудования;
- отсутствием единообразных эффективных подходов к обработке и анализу больших объёмов информации и средств для её многоуровневого использования.

Для устранения выявленных недостатков, повышения обоснованности и информативности экспертных оценок, большей заинтересованности и упрощения сбора и анализа результатов на уровне филиалов ОАО «ФСК ЕЭС» была разработана концепция и принципы автоматизированного формирования и обработки данных по экспертным оценкам на основе современных подходов к автоматизации поддержки принятия решений. При этом целесообразным представляется подход к оценке состояния и условий эксплуатации электросетевого оборудования на основе консолидации сведений по экспертным оценкам, аварийности, проведенным организационно-техническим мероприятиям и результатам многоаспектной аналитической обработки накопленной информации в рамках создаваемой информационно-аналитической системы (рис. 1).

ИАС представляет собой многоуровневую распределенную корпоративную систему с двумя основными контурами: внутренним – на уровне филиалов ОАО «ФСК ЕЭС» (ПМЭС) и внешним – на уровне департаментов технической инспекции и электрических сетей ФСК.

На внешнем уровне система обеспечивает объединение в едином хранилище информации по оценке состояния и условий эксплуатации электросетевого оборудования, аварийности, а также организационно-техническим мероприятиям, направленным на повышение его надежности. В этом случае предусмотрена многоаспектная аналитическая обработка информации с применением методов прикладной статистики и интеллектуального анализа данных.

При использовании ИАС уровня ФСК возможно:

- сравнивать качество работы филиалов ОАО «ФСК ЕЭС»; сопоставлять результаты оценок с данными аварийности; определять соответствие экспертных оценок реализуемым мероприятиям, направленным на повышение надежности оборудования;
- вносить в состав системы экспертной оценки состояния и условий эксплуатации оборудования методологические и информационные коррективы; с учетом результатов анализа разрабатывать дополнительные организационно-распорядительные и нормативно-технические документы;
- обеспечивать возможность обобщения на уровне ОАО «ФСК ЕЭС» опыта эксплуатации электросетевого оборудования в целях его распространения по филиалам, а также координации работ соответствующих подразделений и служб компании.

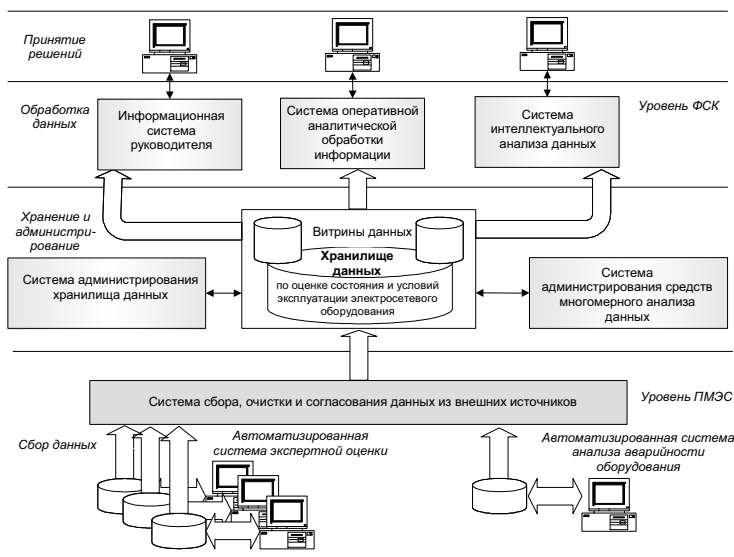


Рис. 1. Структура информационно-аналитической системы

Поддержка принятия решений по оценке состояния и условий эксплуатации электросетевого оборудования осуществляется на основе многомерной аналитической обработки информации по соответствующим направлениям экспертной оценки. Над разработанной моделью хранилища данных организован интерфейс многомерной аналитической обработ-

ки информации для определения обобщенных оценок по всем филиалам и ФСК в целом. При этом анализ информации выполняется в следующем базисе измерений: «Тип оборудования», «Направление оценки» (с уровнями обобщения «локальное направление – основное направление экспертной оценки»), «Объект ФСК» (с уровнями обобщения «ПМЭС – МЭС – ФСК ЕЭС»), «Класс напряжения», «Год» (период).

В процессе навигации по направлениям обобщения информации (измерениям аналитической модели) выполняется определение интегральной оценки соответствующего уровня иерархии. Поддержка согласованной аналитической витрины для количественного анализа аварийности позволяет реализовать комплексный анализ информации в целях повышения эффективности экспертной оценки уровня эксплуатации и повышения надежности электросетевого оборудования. При этом выполняется анализ корреляций значений экспертных оценок состояния и условий эксплуатации с удельной аварийностью и (в перспективе по мере накопления информации) со статистикой выполненных организационно-технических мероприятий, направленных на повышение надежности оборудования.

Основной задачей ИАС на внутреннем уровне является расширение возможностей и качества реализации экспертной системы в направлении повышения достоверности оценки и автоматизации планирования мероприятий по повышению надежности оборудования. Это достигается за счет предложенного унифицированного подхода к методике оценки и непосредственного использования статистических данных по состоянию и условиям эксплуатации оборудования.

При использовании ИАС уровня ПМЭС возможно:

- единообразно и обоснованно выполнять оценку состояния и условий эксплуатации оборудования во всех филиалах;
- обоснованно проводить планирование необходимых мероприятий, направленных на повышение надежности работы оборудования;
- выполнять на уровне ПМЭС аналитическую обработку накопленной в ретроспективе информации по состоянию и условиям эксплуатации электросетевого оборудования в целях повышения уровня его эксплуатации.

Система автоматизированной экспертной оценки состояния и условий эксплуатации оборудования, направленная на повышение обоснованности оценок и единообразия их выполнения, основана на разработанной методике экспертной оценки. (Методика экспертной оценки состояния и условий эксплуатации маслонаполненного оборудования разработана совместно с д-ром техн. наук В.А. Савельевым и канд. техн. наук С.М. Ратмановым.)



Структура построения методики оценки представляет собой иерархическую модель произвольного уровня вложенности (рис. 2).

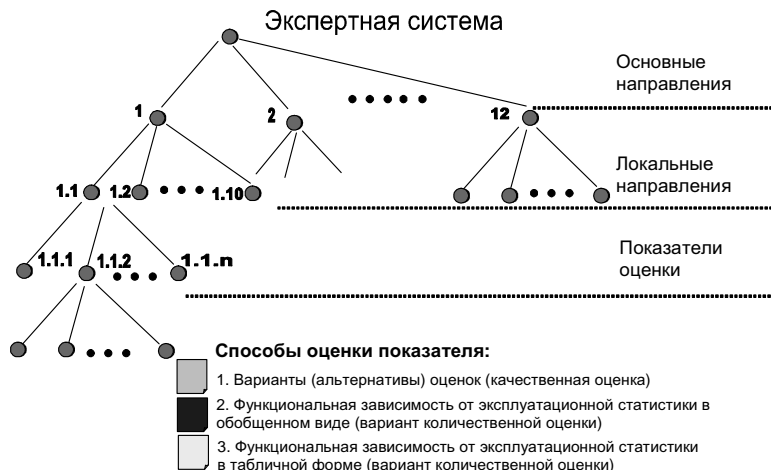


Рис. 2. Структура построения методики экспертной оценки

Первые два уровня соответствуют основным и локальным направлениям экспертной оценки; последующие – показателям, полученным декомпозицией отдельных локальных направлений. Декомпозиция выполняется с учетом регламентированных действий, направленных на достижение максимального уровня состояния или условий эксплуатации оборудования. Количество и вложенность элементов декомпозиции (показателей) отдельного локального направления системой не ограничены.

Введены два способа оценки – качественный и количественный.

Качественная оценка определяется как среднее арифметическое экспертных оценок по выделенным аспектам рассмотрения отдельного локального направления. При этом каждому аспекту может быть присвоен вес (по умолчанию вес равен 1). В этом случае оценка локального направления определяется как

$$\frac{\sum(V_i \times P_i)}{\sum V_i},$$

где  $V_i$  – вес показателя (целое число);  $P_i$  – оценка показателя (число от 0 до 1). Фрагмент методики качественной оценки состояния и условий эксплуатации маслонаполненного оборудования приведен в табл. 2.

*Методические вопросы автоматизации экспертной оценки состояния  
и условий эксплуатации электросетевого оборудования*

Таблица 2. **Фрагмент методики экспертной оценки**

Но- мер	Показатель	Варианты ответов	Оценка	Весовой коэффициент
1	Сопротивление изо- ляции обмоток	Норма	1	3
		Есть небольшие отклонения	0,5	
		Значительные отклонения/ Не контролируется	0	
2	$\operatorname{tg} \delta$ и $C_{из}$	Норма	1	3
		Есть небольшие отклонения	0,5	
		Значительные отклонения/ Не контролируется	0	
3	Ресурс бумажной изоляции	Норма	1	1
		Ниже нормы	0	
		Удовлетворительно	1	
4	Наличие фурановых соединений	Есть небольшие отклонения	0,5	1
		Значительные отклонения/ Не контролируется	0	
		Удовлетворительно	1	
5	Состояние докумен- тации по результатам испытаний	Удовлетворительно	1	4
		Есть небольшие отклонения	0,5	
		Значительные отклонения	0	

Количественная оценка определяется как функциональная зависимость от определенного ряда эксплуатационных показателей по подстанции в целом или отдельным единицам оборудования. В разработанной методике оценки МНО использована информация следующих документов: «Отчет об аварийности», «Отчет о выполнении мероприятий по актам предписания надзорных органов», «Журнал дефектов трансформаторов», «План повышения квалификации работников предприятия», «План проведения групповых тренировок», «Журнал осмотров трансформаторов», «План-график проведения химического анализа масла», «График ремонтов», «Журнал отключений», «Журнал учета РПН». В перспективе предполагается организация информационного взаимодействия системы с корпоративной системой управления пространственно-распределенными ресурсами (КСУПР) КИСУ ФСК, которая автоматизирует паспортизацию электросетевых объектов и организацию ведения форм эксплуатационной отчетности.

В разработанном варианте методики использован вариант количественной оценки (рис. 2), основанный на годовых показателях и расчете экспертной оценки по соответствующим формулам («Функциональная зависимость от эксплуатационной статистики в обобщенном виде»). По мере организации информационного взаимодействия с КСУПР предполагается введение также варианта оценки «Функциональная зависимость от

эксплуатационной статистики в табличной форме». Приведен фрагмент методики с использованием количественной оценки (рис. 3).

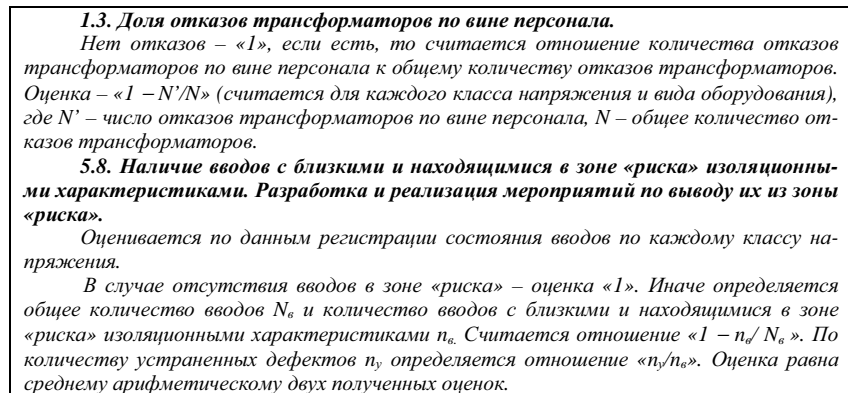


Рис. 3. Фрагмент методики экспертной оценки

**Оценка состояния изоляции обмоток, наличие и качество заполнения документации по результатам испытаний.** Оценка производится по совокупности признаков соответствующей таблицы. По результатам, полученным в таблице, находится общая оценка – среднее арифметическое значение оценок по строкам таблицы.

Разработана методология выполнения оценки на уровне ПМЭС. Приведена схема информационных взаимодействий ИАС уровня ПМЭС (рис. 4). Для выполнения экспертной оценки необходимо привлечение специалистов службы подстанций, службы изоляции и защиты от перенапряжений, охраны труда и техники безопасности, оперативно-диспетчерской службы, службы релейной защиты и автоматики, отдела кадров. Курировать процесс оценки предлагается специалисту производственно-технического отдела, а выполнять общесистемное администрирование (включая установку программных средств, обновление версий, поддержание целостности интегрированной базы данных, взаимодействие с хранилищем данных на уровне ФСК) должен специалист службы диспетчерско-технологического управления.

Созданное программное обеспечение позволяет выполнять экспертную оценку оборудования на основе методической базы, которая, как предполагается, будет ежегодно актуализироваться региональными филиалами (МЭС) и департаментами ОАО «ФСК ЕЭС». В базу данных системы возможно включение инноваций в плане повышения надежно-



Пользователю предлагается достаточно удобный интерфейс для выполнения оценки (рис. 5). В процессе апробации системы выполнена оценка МНО трех подстанций МЭС Центра: «Владимирская 750 кВ», «Радуга 500 кВ», «Белый Раст 750 кВ».

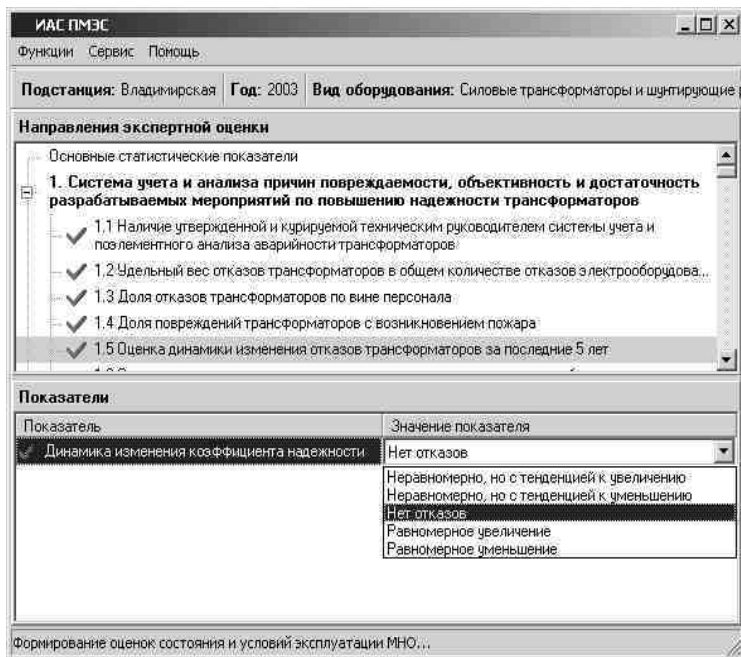


Рис. 5. Фрагмент оценки маслонаполненного оборудования подстанции

Содержание методики экспертной оценки формализовано и хранится в интегрированной базе данных ПМЭС наряду с другой информацией. При этом реализована возможность развития базы данных содержания методики экспертной оценки без необходимости перепрограммирования средств ее интерпретации. Для этого создан и встроен в систему специализированный редактор.

Система также автоматизирует формирование плана повышения надежности оборудования, используя результаты оценки и унифицированный перечень организационно-технических мероприятий, который хранится в базе данных системы и ежегодно обновляется на основе обобщения информации на уровне хранилища данных ФСК (рис. 6).

*Методические вопросы автоматизации экспертной оценки состояния  
и условий эксплуатации электросетевого оборудования*

**ИАС ПМЭС**

Функции: План надежности, Сервис, Помощь

Подстанция: Владимирская    Год: 2003    Вид оборудования: Силовые трансформаторы и шунтирующие реакторы

Локальные направления оценки и мероприятия

Направление/мероприятие	10 кВ	35 кВ	220 кВ	500 кВ	750 кВ
Проведение семинаров-совещаний с оперативным персоналом о порядке осмотров и правильности оформления его результатов.					
<b>2.3 Своевременность и полнота выявления дефектов, оперативность их анализа и устранения</b>			1	0,75	1
Введение учащенного контроля за силовыми трансформаторами, автотрансформаторами и реакторами, работающими с отклонениями контролируемых параметров от норм.					
Введение учащенного контроля за состоянием масла в ТТ и ТН, проработавших более 15 лет и имеющих контролируемые параметры, ограничивающие их эксплуатацию.					
Обеспечение контроля качества осмотров оперативным персоналом трансформаторов для своевременного выявления дефектов, оперативности их анализа и устранения.					

**План надежности**

Наименование мероприятия	Ед. изм.	Ист. фин.	I	II	III	IV	Объект	Подразделение
Выполнить мероприятия по тепловизионному обследованию на 2004 год.	согл.прото. кол.	экспл.	0	0	0	0	Владимирская	Служба подстанций
Заменить РВМК-750 кВ АТ-7 на ОПН-750 кВ.	шт.	кап.ремонт	0	0	9	0	Владимирская	Служба подстанций

Формирование плана надежности...

Рис. 6. Формирование плана по повышению надежности МНО

Использование разработанной методологии автоматизации экспертной оценки позволяет повысить эффективность оценки состояния и условий эксплуатации электросетевого оборудования и увязать ее с аварийностью и проводимыми организационно-техническими мероприятиями, направленными на повышение надежности. Следует отметить, что выполненный комплексный анализ статистики аварийности и результатов экспертных оценок, полученных до применения предложенного подхода к формированию экспертных оценок, показал необходимость совершенствования методологии экспертной оценки. Использование метода снижения признакового пространства (метода главных компонент) для исследования корреляции статистики аварийности и соответствующих оценок по основным направлениям дало преимущественно неудовлетворительный результат (наблюдается бессистемный разброс объектов на диаграмме рассеяния). Пример же достаточно приемлемых результатов распределения филиалов по направлению «Использование передовых методов контроля состояния трансформаторов» показан на рис. 7.

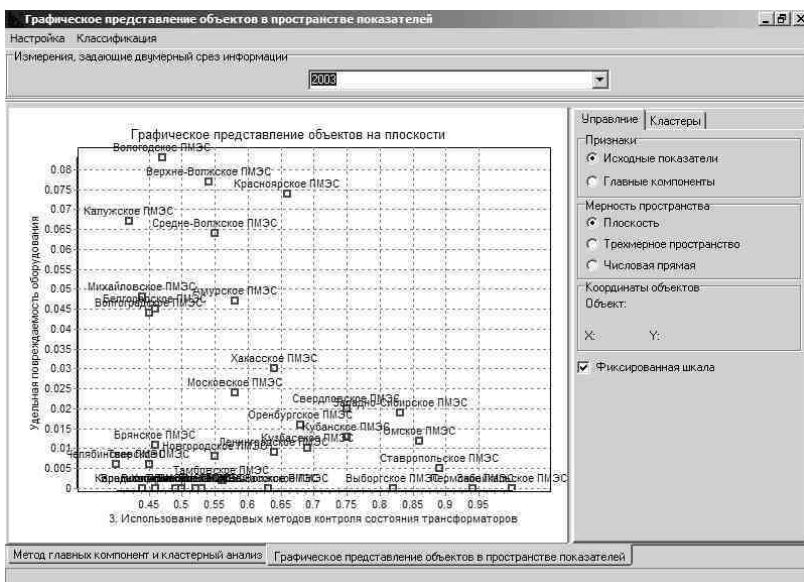


Рис. 7. Результаты распределения филиалов на основе комплексного анализа оценок по применению современных методов контроля и показателей аварийности МНО

Разработанная система автоматизированной экспертной оценки состояния и условий эксплуатации маслонаполненного оборудования принята для использования в ОАО «ФСК ЕЭС».

#### Библиографический список

1. РД 153-34.3-46.304-00. Положение об экспертной системе контроля и оценке состояния и условий эксплуатации силовых трансформаторов, шунтирующих реакторов, измерительных трансформаторов тока и напряжения. – М.: РАО «ЕЭС России», 2000. – С. 30.
2. РД 153-34.3-20.524-00. Положение об экспертной системе контроля и оценки состояния и условий эксплуатации воздушных линий электропередачи 110 кВ и выше. – М.: РАО «ЕЭС России», 2000. – С. 37.
3. Чичинский М.И. Предварительные результаты внедрения экспертной системы оценки состояния и условий эксплуатации маслонаполненных трансформаторов // Техническое перевооружение и ремонт энергетических объектов: Докл. юбилейной науч.-практ. конф., посвященной 50-летию ИПК Госслужбы / Под ред. В.В. Барило. – Т. 4 – М.: ИПК Госслужбы, ВИПКэнерго, 2002. – С. 136–145.
4. Ратманова И.Д., Савельев В.А. О создании корпоративной информационно-аналитической системы по оценке технического состояния и условий эксплуатации электросетевого оборудования ОАО «ФСК ЕЭС» // Вестник ИГЭУ. – 2003. – Вып. 5. – С. 90–93.

УДК 658.562: 681.3.06

## **Автоматизированная система оценки деловых и личностных качеств персонала предприятия (организации) при аттестации**

*В.Ф. Коротков, А.А. Фомичев, кандидаты техн. наук,  
В.В. Никологорский, А.А. Савинов, О.П. Кильдюшева,  
И.С. Минкина, инженеры*

Аттестация как важнейшая составляющая часть процесса управления персоналом, направленная на комплексную проверку уровня профессиональных, деловых, личностных, а также порой и моральных качеств работника, получает все более широкое распространение. Аттестация позволяет [1]:

- определить соответствие работника занимаемой должности;
- использовать каждого работника в соответствии с полученной специальностью и квалификацией;
- выявить перспективы применения потенциальных способностей и возможностей работника;
- определить необходимость подготовки и переподготовки работника;
- обеспечить возможности передвижения кадров, освобождения работника от должности, а также перевода на более или менее квалифицированную работу.

Опыт проведения аттестации свидетельствует о ее положительном влиянии на все стороны деятельности руководителей и специалистов, повышении требовательности и усилении ответственности за выполнение должностных обязанностей, своевременность и качество принимаемых решений. Она позволяет более глубоко изучить кадры, улучшить их подбор, расстановку и использование, способствует развитию активности и творческой инициативы работников [1].

В ряде российских компаний термин «аттестация» трактуется шире, чем традиционно. Она рассматривается как средство регулярной ревизии человеческих ресурсов, их динамики и соответствия её динамике развития компании, при этом учитывается взаимосвязь процедуры аттестации с обучением и развитием сотрудников, формированием плана комплектации персонала и другими функциями системы управления персоналом [2, 3].

С переходом некоторых компаний на систему тотального управления качеством (TQM) профессионализм сотрудников приобрел особое значение. TQM требует совершенствования всей системы управления персоналом, в том числе и процесса аттестации и оценки сотрудников [4].



Наряду с расширением функций и задач аттестации совершенствуются методы оценки личности и процедура ее проведения. Прежде всего следует отметить комплексность подхода к оценке сотрудников организаций и предприятий, которая обеспечивает всестороннюю оценку специалиста [5]:

- применение количественных, качественных и комбинированных методов;
- работа с экспертными оценками;
- проведение групповой оценки личности;
- самооценка;
- оценка психологом-профессионалом деловых и личностных качеств сотрудников организации.

Наиболее широкое распространение получили тестовые испытания – методы исследования личности, опирающиеся на ее психофизическую и социальную подструктуры, интеллектуальную и эмоциональную самооценки [6].

Не менее чем тестирование при аттестации распространен метод самооценки, когда аттестуемый презентует себя и проделанную работу, самостоятельно оценивает свои качества [2, 5]. Представляется, что применение метода самооценки наиболее эффективно в совокупности с другими методами, например с групповой самооценкой, что в целом повышает объективность оценки и в частности помогает охарактеризовать способность аттестуемого к самоанализу, его искренность и т.п.

Широкое использование тестирования, сокращение межаттестационных сроков и увеличение круга задач, возлагаемых на аттестацию, сделали оправданным применение в процедуре аттестации компьютерных технологий, что обеспечивает следующее:

- сокращение затрат времени и сил на сбор и подготовку необходимой информации, касающейся аттестуемого;
- облегчение работы аттестационных комиссий и сокращение затрат времени на проведение аттестации;
- применение в совокупности таких методов оценки, как экспертная, самооценка, групповая, анкетирование и др., что в целом повышает объективность и эффективность аттестации;
- создание условий удобства, комфортности и анонимности, снижение психологической нагрузки на аттестуемых;
- качественное оформление, тиражирование, движение и хранение документации, связанной с аттестацией.

Описываемая ниже компьютерная система позволяет автоматизировать процесс аттестации при реализации таких функций, как, например:

- формирование и редактирование исходной информации об аттестуемых в объеме, устанавливаемом администратором системы;
- проведение процедуры оценки деловых качеств аттестуемых в виде самооценки, групповой оценки и оценки руководителя путем компьютерного анкетирования;
- формирование и редактирование списков групп аттестуемых (для групповой оценки), объединенных по различным признакам (например, линейные руководители, специалисты разных структурных подразделений, часто взаимодействующие в решении общих задач и т.п.);
- формирование и редактирование частных (первичных) показателей оценки деловых качеств и их композиции в целях формирования интегральных (обобщенных) показателей;
- обработка результатов оценки и формирование интегральных показателей оценки деловых качеств в качественной и количественной формах представления;
- проведение процедуры оценки личностных качеств аттестуемых путем тестирования;
- формирование и редактирование набора психологических тестов, отображенных администратором системы для оценки личностных качеств аттестуемых соответствующей группы из общего (расширяемого) банка достаточно известных, апробированных и доступных тестов;
- обработка результатов тестирования и формирование развернутого заключения по оценке личностных качеств;
- формирование рекомендаций для аттестационной комиссии.

На рис. 1 представлена структурная схема разработанной системы. Приложение построено по классической трехслойной клиент-серверной архитектуре [7]:

Первый слой – графический интерфейс пользователя (административный и исполнительный модули).

Второй слой – сервер системы, реализующий бизнес-логику.

Третий слой – база данных.

Взаимодействие компонентов системы реализовано на основе технологии DCOM (Distributed Component Object Model). В качестве базы данных может использоваться любой SQL-драйвер, поддерживающий стандарт ANSI/ISO SQL-89.

В разработанной системе авторами использованы следующие, заданные по умолчанию, интегральные показатели оценки деловых качеств:

- способность к руководству коллективом;
- производительность труда;
- качество труда;

- организованность, самодисциплина, отношение к труду;
- отношения в коллективе.

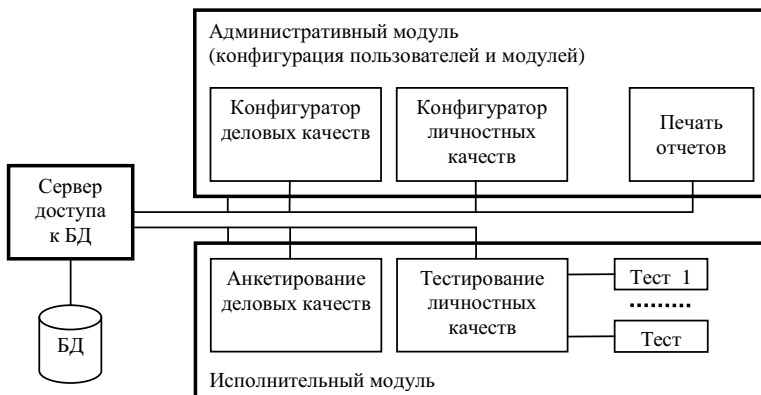


Рис. 1. Структурная схема программного обеспечения

В качестве примера (рис. 2) приведен фрагмент заключения, сделанный путем обработки результатов самооценки, групповой оценки и оценки руководителя по 27 частным показателям. Администратор системы имеет возможность изменять число и содержание как частных, так и интегральных показателей.

**Выводы по результатам анкетирования деловых качеств Иванова Ивана Ивановича**  
(по 27 частным показателям)

Способность к руководству коллективом: способность к руководящей работе требует более детальной оценки (средняя оценка - 2,7).  
 Производительность труда: низкая производительность труда (средняя оценка - 1,1).  
 Качество труда: качество труда удовлетворительное (средняя оценка - 2,9).  
 Организованность, самодисциплина, отношение к труду: низкая организованность (средняя оценка - 1,9).  
 Отношения в коллективе: высокий уровень отношений в коллективе (средняя оценка - 4,6).

**Степень соответствия самооценки результатам оценки руководителей и подчиненных:**

Самооценка соответствует по **11** показателям (1; 2; 6; 8; 13; 17; 18; 22; 24; 26; 27)  
 Самооценка существенно превышена по **5** показателям (4; 7; 10; 12; 21)  
 Самооценка занижена по **1** показателю (19)

Рис. 2. Фрагмент заключения по деловым качествам

Для оценки личностных качеств может использоваться любой набор из 14 известных психологических тестов. Каждый тест снабжен аннота-

цией, помогающей выбрать тесты, нужные для аттестации. При необходимости банк используемых тестов может быть расширен.

Тесты, используемые в системе, являются независимыми приложениями, поддерживающими COM (Component Object Model) интерфейс для связи с системой.

Рассматриваемая автоматизированная система оценки деловых и личностных качеств персонала предприятия внедрена и используется на Жигулевской ГЭС.

#### **Библиографический список**

1. **Аязмова Л.В.** Организация и проведение аттестации персонала по решению работодателя // Справочник кадровика – 2001. – №1. ([http://www.job-portal.ru/doc\\_view.html?id=463](http://www.job-portal.ru/doc_view.html?id=463))
2. **Олешек М.** Оценка персонала в компании «ВымпелКом» (По материалам выступления на семинаре HRC «Оценка и аттестация персонала». 21 ноября 2000 г.) ([http://www.job-portal.ru/doc\\_view.html?id=428](http://www.job-portal.ru/doc_view.html?id=428))
3. **Десятник Н.И.** Аттестация как способ реализации стратегии компании // Справочник по управлению персоналом. – 2002. – №5. ([http://www.job-portal.ru/doc\\_view.html?id=429](http://www.job-portal.ru/doc_view.html?id=429))
4. **Алексеев В.В.** Аттестация и оценка персонала как элемент системы качества. ([http://www.stinscoman.ru/info/bulletin/4/4\\_37.asp](http://www.stinscoman.ru/info/bulletin/4/4_37.asp))
5. **Всероссийский** кадровый конгресс. Оценивающие и обучающие программы для развития персонала. (<http://www.kadrovik.ru/modules.php?module=content&op=articlprint&articleid=115>)
6. **Методология** моделирования при подготовке и оценке персонала государственной службы. (<http://chinovnik.uara.ru/modern/article.php?id=319>)
7. **Орфали Р., Харки Д.** Java и CORBA в приложениях клиент-сервер. – Изд-во «Лори», 2000.

УДК 621.039.56

### **Использование общей модели деятельности в системах управления и тренажерах электроэнергетики**

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

В настоящее время в электроэнергетике все большее внимание уделяется развитию и модернизации вторичного оборудования, включая устройства релейной защиты и автоматики. Происходит замена старых

устройств на современные микропроцессорные комплексы. Одновременно на энергообъектах идет модернизация автоматизированных систем управления (АСУ).

Основой для внедрения современных АСУ в электроэнергетике служат так называемые системы SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition* – диспетчерское управление и сбор данных) [1]. Подобные системы интегрируют в себе всю информацию об управляемом объекте: от положения коммутационного оборудования до уставок терминалов защит.

Рассматривается обобщенная структура системы SCADA для электроэнергетики (рис 1). Основными компонентами являются ядро системы и модули отображения и доступа к полевым устройствам. Все остальные компоненты являются необязательными, но именно они позволяют повысить эффективность системы управления.

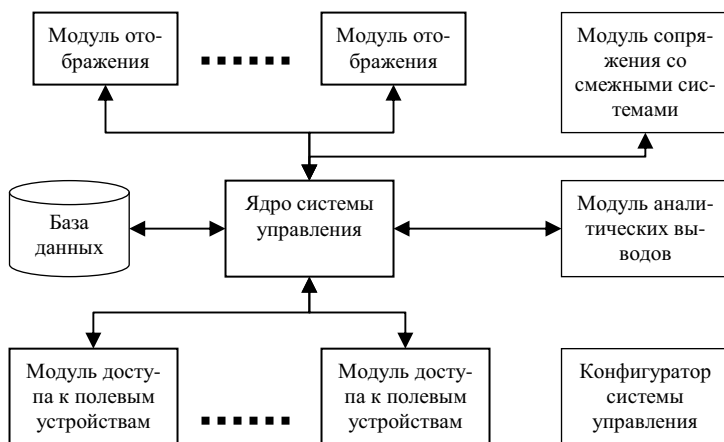


Рис. 1. Обобщенная структура системы SCADA

Компоненты системы управления в общем случае выполняют следующие задачи [1]:

- ядро системы управления – сбор и первичная обработка информации, связь компонентов системы;
- модуль доступа к полевым устройствам – связь с полевыми устройствами (например, терминалы защит и автоматики, устройства сопряжения с объектом, устройства осциллографирования, регистраторы и др.);

- модуль отображения – предоставление графического интерфейса для персонала;
- конфигуратор системы управления – конфигурирование системы под объект управления (задание мнемосхем, связей с полевыми устройствами и др.);
- база данных – хранение событий, режимных параметров и т.п.;
- модуль сопряжения со смежными системами – связь с другими системами;
- модуль аналитических выводов – всесторонняя обработка информации об объекте управления и формирование информации для принятия управляющих решений.

Наиболее широко возможности системы управления расширяет модуль аналитических выводов. Его наличие в идеальном случае может перевести систему управления в автоматический режим. В большинстве современных систем SCADA реализация данного модуля сводится к реализации алгоритмов технологических блокировок. Имеются системы управления, реализующие функции советчика.

Внедрение систем SCADA кардинально меняет процесс управления, что предъявляет к персоналу новые требования.

Подготовка персонала для работы с подобными системами требует новых методик, соответствующих учебных материалов, а также тренажеров. Причем тренажеры, обобщенная структура которых представлена на рис. 2, должны максимально полно моделировать работу объекта управления. Представляется, что графический интерфейс тренажеров и системы управления должны быть идентичными.

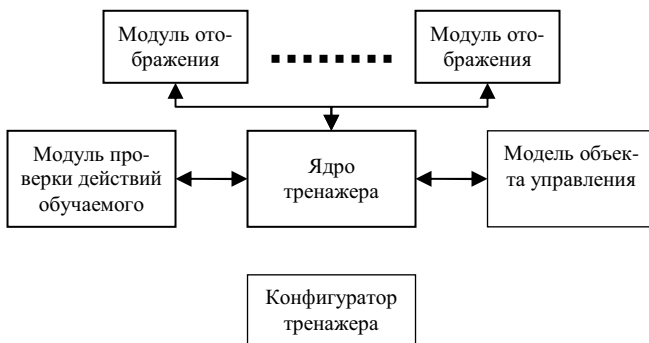


Рис. 1. Обобщенная структура тренажера

Компоненты тренажера в общем случае выполняют следующие функции [2]:

- ядро тренажера – связь компонентов тренажера, проведение тренировок в соответствии со сценарием;
- модуль отображения – предоставление графического интерфейса;
- конфигуратор тренажера – создание тренировок (задание мнемосхем, создание сценария и др.);
- модуль проверки действий обучаемого – оценка правильности принимаемых решений.

Использование универсальных систем SCADA и автоматизированных систем разработки тренажеров создает предпосылки для объединения их в один пакет приложений. Данное объединение дает следующие преимущества:

- сокращение затрат на разработку;
- наиболее полное соответствие тренажеров реальным условиям работы персонала;
- возможность использования модулей тренажеров в автоматизированной системе управления для повышения ее эффективности.

Можно заметить, что модуль аналитических выводов в автоматизированных системах управления и модуль проверки действий обучаемого в тренажерах реализуют похожие задачи – моделирование функций эксперта. Эту модель принято называть «модель деятельности» [2, 3, 4].

Модуль аналитических выводов в автоматизированных системах управления электроэнергетики должен «уметь» (при автоматическом управлении):

- анализировать текущую ситуацию;
- находить оптимальный путь изменения состояния объекта управления из текущего режима в заданный;
- определять отклонения от заданного режима.

Модуль проверки действий обучаемого в тренажерах должен «уметь» (при использовании в автоматизированных системах разработки тренажеров):

- анализировать текущую ситуацию;
- находить все возможные (и в частности, оптимальный) пути изменения состояния модели объекта управления из текущего режима в заданный;
- определять правильность и оптимальность проводимых действий обучаемого по переводу объекта в заданный режим.

К модели деятельности в тренажере и в системе управления предъявляются различные требования. Основные требования в автоматизированных системах управления электроэнергетики [5]:

- адекватность принимаемых решений оперативной ситуации и нормативным документам;

- поиск решения во всех возможных режимах работы объекта управления (от нормального до аварийного);

- оперативность принимаемых решений.

Основные требования в тренажерах [3, 4]:

- соответствие принимаемых решений сценарию тренировки;

- гарантированное нахождение решения в объеме сценария тренировки;

- оперативность принимаемых решений.

К модели деятельности в тренажерах предъявляются менее жесткие требования. Основное отличие – в адекватности принимаемых решений и необходимом объеме знаний для их принятия. Модель деятельности в тренажерах в общем случае проще, но с ограничениями может использоваться в системах управления. По мере развития модели (пополнения базы знаний) она начнет более полно удовлетворять требованиям автоматизированных систем управления. По этой причине наиболее оправданным является применение упрощенной модели деятельности в системе управления в режиме советчика, которая предлагает оперативному персоналу план действий. По мере накопления опыта использования подобных систем и подтверждения их адекватности возможно применение таких систем в режиме автоматического управления.

Интегрированная модель деятельности должна иметь унифицированный интерфейс для того, чтобы была возможность ее применения как в системе управления, так и в тренажере. Для этих целей следует использовать различные открытые и широко распространенные протоколы связи:

- полевые протоколы связи (MODBUS, IEC 60850-5-101, TM 512 и др.);

- программные протоколы (OPC, DAIS).

Наиболее целесообразным является использование протокола OPC (OLE Process Control), ставшего де-факто внутренним стандартом для большинства современных систем SCADA [1, 6, 7]. Широкая поддержка данного протокола системами SCADA позволит легко использовать интегрированную модель деятельности в системах управления.

Также представляется целесообразным интегрирование в автоматизированную систему управления электроэнергетики модели объекта управления. Это позволит модели деятельности прогнозировать состояние объекта управления и анализировать предпринимаемые управляющие воздействия до их реального применения.



Таким образом, можно сделать вывод: модели деятельности в системах управления и тренажерах выполняют похожие функции, что делает целесообразным использование общей модели.

#### Библиографический список

1. **Ицкович Э.Л., Соболев О.С.** SCADA-программы (программные системы для операторских станций). – М., 2004.
2. **Чачко А.Г.** Подготовка операторов энергоблоков: Алгоритмический подход. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 232 с.
3. **Автоматизация** построения тренажеров и обучающих систем / В.Д. Самойлов, В.П. Березников, А.П. Писаренко, С.И. Сметана. – Киев: Наук. думка, 1989. – 200 с.
4. **Формализация** модели деятельности в компьютерных тренажерах на основе экспертных систем / В.Ф. Коротков, В.В. Никологорский, А.А. Савинов, А.А. Фомичев // Повышение эффективности работы энергосистем: Тр. ИГЭУ. Вып. 5 – М: Энергоатомиздат, 2002. – С. 409–417.
5. **Башлыков А.А., Еремеев А.П.** Экспертные системы поддержки принятия решений в энергетике. – М.: Изд-во МЭИ, 1994. – 216 с.
6. **Андреев Е.Б., Куцевич Н.А., Синенко О.В.** SCADA-системы: взгляд изнутри. – М.: Изд-во «РТСофт», 2004. – 176 с.
7. **Iwanitz F.** OPC – Fundamentals, Implementation and Application. – 2002. – 223 с.

УДК 681.51

### Интернет-версия автоматизированной системы проверки знаний «Допуск»

*В.С. Рабенко, канд. техн. наук,  
А.А. Коротков, П.Н. Чистяков, В.Ф. Степанов, инженеры*

Рассматривается современное состояние автоматизированной системы проверки знаний «Допуск». Обозначены ее основные достоинства и отличительные особенности. Дается оценка перспективы развития данного направления в сфере подготовки персонала электроэнергетической отрасли. Рассмотрен вариант организации контроля знаний с использованием Интернет-технологий.

**Назначение и характеристика системы.** Разработка компьютерной системы «Допуск» для проверки знаний нормативно-технической документации (НТД) персоналом предприятий и организаций электроэнергети-

ческой отрасли [1 – 4] ведется «Учебно-научным центром тренажеров в энергетике» (УНЦТЭ) ИГЭУ. Работа над компьютеризацией НТД началась еще в 1996 году, и на сегодняшний день электронные базы вопросов и комментариев составлены более чем для 100 документов. Первоначальный отбор стандартов организации (СО, ранее руководящих документов – РД), межотраслевых правил и правил Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Госгортехнадзора РФ) для включения в базу системы «Допуск» проводился совместно с энергопредприятиями. В частности, большую помощь при создании системы оказали специалисты ОАО «Костромская ГРЭС» и РП Центрэнерготехнадзора.

В 2004 году проведено значительное обновление системы в связи с переизданием основных НТД, а также включением в базу большого числа вопросов для ранее не компьютеризированных документов (в 2003 году вышли в свет новые редакции «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей», «Правил устройства и безопасной эксплуатации объектов Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору»). В составе программного комплекса расширился круг специализированных документов, регламентирующих работу персонала в области химического контроля, электрооборудования и газотурбинных установок. Постоянный контакт с пользователями системы позволяет поддерживать на высоком уровне как актуальность баз вопросов, так и их качество (помощь при выборе из массы документов необходимых для компьютеризации и выявление ошибок в уже существующих базах).

Система «Допуск» прошла повторно аттестацию в РАО «ЕЭС России» [5], установлена и успешно применяется для проведения проверки знаний НТД на многих объектах электроэнергетики в России. Такое положение дел объясняется желанием руководителей усовершенствовать процесс подготовки и переподготовки кадров. Это также соответствует политике, проводимой РАО «ЕЭС России», скорейшего внедрения новых информационных технологий на базе ПЭВМ в сферу подготовки оперативного персонала на энергопредприятиях. Применение компьютерных систем контроля упрощает экзамен на соответствие знаний обучаемого требованиям должностной инструкции. Программа позволяет в автоматизированном режиме обеспечить первичный, периодический и внеочередной контроль знаний у персонала всех категорий с учетом требований соответствующих должностных инструкций.

В настоящее время «Допуск» позволяет оценить:

- знание отраслевых ПТЭ, ПТБ и ППБ;
- знание межотраслевых правил безопасности и других специальных правил;

- знание должностных и производственных инструкций, планов ликвидации аварий и аварийных режимов;
- знание устройства и принципов действия технических средств безопасности, средств противопожарной защиты;
- знание устройства и принципов действия оборудования, контрольно-измерительных приборов и средств управления;
- знание технологических схем и процессов энергопроизводства;
- знание условий безопасной эксплуатации энергоустановок, объектов Госгортехнадзора РФ;
- умение пользоваться средствами защиты и оказывать первую помощь пострадавшим при несчастном случае;
- умение управлять энергоустановкой.

Компьютерная система «Допуск» была успешно применена в соревнованиях блочных ТЭС и при проведении соревнований по профессиональному мастерству специалистов ведущих профессий тепловых электростанций «Центрэнерго» с поперечными связями. Программа получила очень высокую оценку как соревнующихся, так и судейской коллегии. Необходимо отметить, что результаты соревнований достаточно предельно отражают качество подготовки персонала [1 – 3].

Функциональное построение системы «Допуск» обеспечивает два независимых рабочих места (рис. 1). Рабочее место администратора системы служит для организации, управления, проведения и протоколирования экзаменов по проверке знаний НТД персонала энергопредприятия.

*Администратор системы* имеет возможность:

- формировать и модифицировать базу структуры предприятия по принципу «цех – должность»;
- работать с базой данных персонала;
- устанавливать для каждой должности объем вопросов по документам в соответствии с требованиями должностной инструкции;
- формировать объем и состав экзаменационных билетов. При этом имеется возможность задавать способ подбора вопросов (подача конкретных вопросов, выбор случайным образом из соответствующей главы документа, выбор нескольких вопросов из определенных документов, случайный выбор), но в любом случае вопросы выбираются из тех, что соответствуют текущей должности;
- формировать на длительный срок список заданий для прохождения персоналом проверки знаний, что позволяет обучаемым проходить

предэкзаменационное тестирование в нужные сроки с получением предварительного протокола без участия экзаменационной комиссии. При составлении задания указываются тема экзамена, причина проверки знаний, список персонала, сроки прохождения проверки, состав экзаменационной комиссии и экзаменационные билеты;

- устанавливать критерии оценки результатов экзаменов;
- формировать состав экзаменационной комиссии;
- выбирать периодичность проверки;
- отслеживать сроки сдачи очередных экзаменов;
- редактировать форму протокола с помощью встроенного редактора.

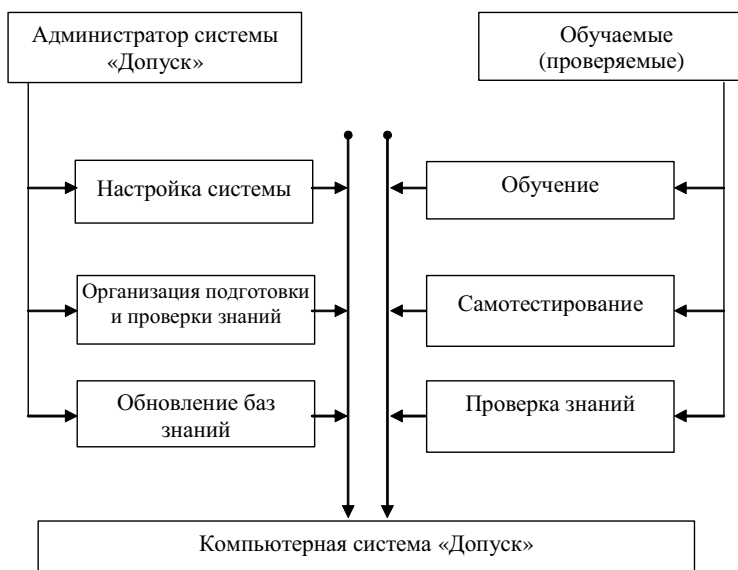


Рис. 1. Основные функциональные возможности администратора и проверяемых в системе «Допуск»

Администратор занимается обеспечением сохранности и обновлением базы данных (рис. 2) структуры предприятия и персонала.

*Рабочее место обучаемого* обеспечивает следующие возможности для персонала:

- работу в режиме обучения (полный доступ ко всем базам знаний для ознакомления с текстами документов, содержанием вопросов и ответов);

- работу в режиме самотестирования. В этом режиме обучаемый имеет возможность самостоятельно провести контроль знаний по любому документу с учетом требований должностной инструкции. При этом протокол работы не заносится в базу данных;

- работу в режиме контроля знаний с записью протокола в базу данных. Причем возможна работа без присутствия членов экзаменационной комиссии. Но режим доступен, если администратор системы подготовил соответствующее задание и текущая дата соответствует установленным срокам;

- просмотр собственных протоколов, хранящихся в базе данных, и их распечатку;

- просмотр сроков предстоящего контроля знаний.

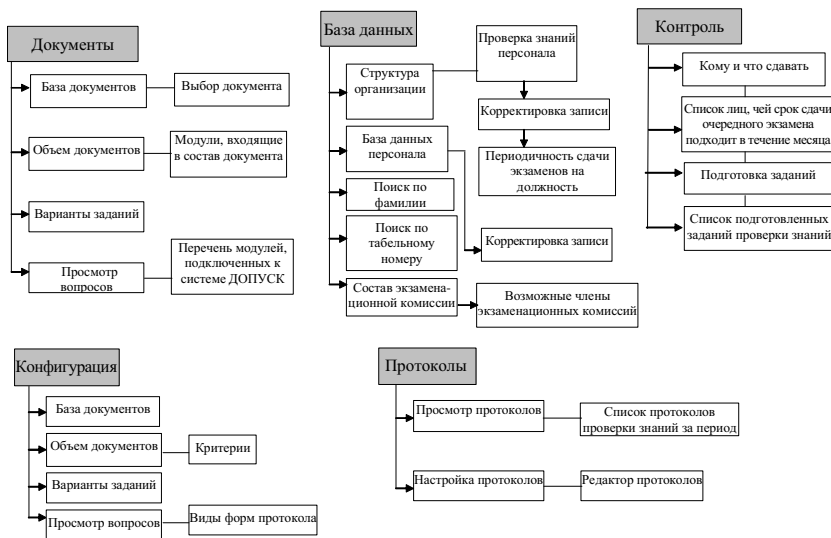


Рис 2. Структура баз данных компьютерной системы проверки знаний «Допуск»

Структура автоматизированной системы «Допуск» включает:

- программную оболочку для организации процесса проверки знаний НТД (рабочее место руководителя обучения или администратора);

- базу данных «вопросы-ответы» для НТД, действующих в настоящее время в электроэнергетической отрасли;

- программный модуль, обеспечивающий доступ проверяемого к базам данных при подготовке к проверке знаний и в процессе тестирования (рабочее место обучаемого или пользователя);

- редактор, предназначенный для создания новых баз «вопросы-ответы» и корректировки уже имеющихся.

Система «Допуск» имеет ряд особенностей и преимуществ перед аналогичными системами.

1. Максимальная степень компьютеризации каждого документа. Делается попытка составить вопросы и ответы почти для каждого пункта документа. При этом для одного пункта может быть составлено несколько вариантов заданий. Данный подход позволяет использовать программу для всех категорий работников энергопредприятий, как обслуживающего, так и руководящего персонала.

2. Представление вопросов в наиболее удобном виде для проверяемого. Этому в немалой степени способствует оформление экзаменационного задания, которое может иметь графическое сопровождение и необходимые комментарии.

3. Удобство и простота интерфейса. Облегчают работу как администратору системы, так и персоналу, проходящему контроль знаний.

4. Возможность использования системы в локальной сети предприятия. При этом не требует специальных знаний по администрированию и может быть настроена за короткое время.

5. Минимальные требования программы к конфигурации компьютерных средств, обеспечивающих ее нормальное функционирование.

**Интернет-версия.** Современное состояние описываемой системы контроля знаний персонала организаций и предприятий электроэнергетической отрасли в целом можно считать удовлетворяющим требованиям абсолютного большинства ее пользователей. Однако бурное развитие технологий передачи данных заставляет по-новому взглянуть и на перспективы развития системы «Допуск».

В настоящее время рынок информационных услуг сложился таким образом, что все вновь разрабатываемые системы тяготеют к децентрализации их составляющих компонентов. Особенно бурному развитию таких систем способствует развитие сетевых технологий, а именно сетей Интранет/Интернет. С внедрением сетей Интернет накопление и обработка данных стали распределенными, что проявилось в реализации дистанционных методик во многих отраслях человеческой деятельности, в том числе и в дистанционной проверке знаний. Таким образом, современные тенденции в области информатизации коснулись и системы «Допуск».

Ведутся работы по созданию Интернет-версии системы (рис. 3), призванные применить опыт построения распределенных систем, накопленный на протяжении многих лет при эксплуатации системы «Допуск».

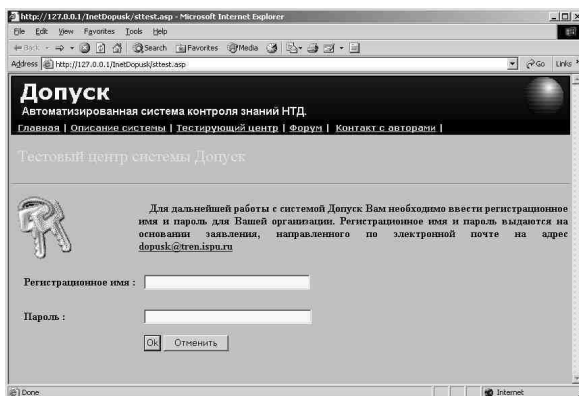


Рис. 3. Аутентификационная форма для входа в систему

Интернет-версия «Допуска2» предполагает иметь гибкий функционал и легкую настройку под специфику эксплуатирующей ее организации. Это достигается посредством унаследованных от локальной системы основных бизнес-правил ее работы (рис. 4), а именно разделением их на *административные задачи и работу с обучаемым/тестируемым*.

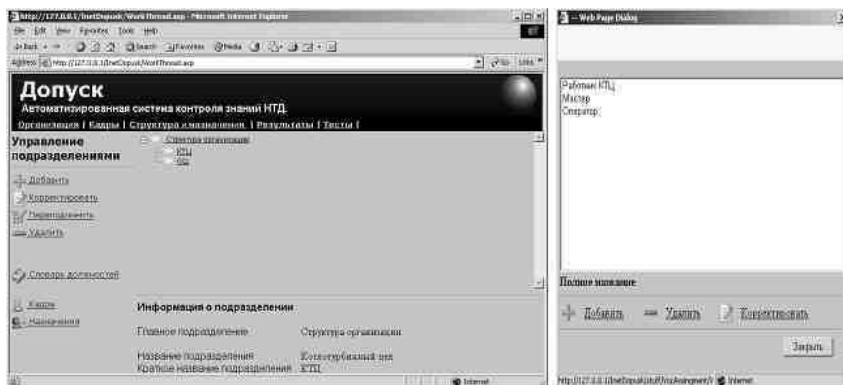


Рис. 4. Примеры форм настройки системы под конкретную специфику организации

Необходимо отметить, что на стороне конечного пользователя (администратора или тестируемого) в разрабатываемой версии нет локальной базы данных вопросов и базы данных тестируемых, что переводит

систему в совершенно новый современный класс ПО. Это позволяет избежать проблем с обслуживанием системы у клиентов (для ее работы требуется только web-браузер, входящий в состав операционной системы MS Windows и доступ к сети Интернет), поддерживать базу вопросов в актуальном на текущий момент виде (для администраторов на местах нет необходимости в обновлении баз НТД), а также осуществлять многомерный анализ знаний НТД в организациях по интересующим информационным срезам.

Централизация базы данных помимо рассмотренных возможностей позволяет автоматически отслеживать сроки сдачи квалификационных экзаменов и осуществлять уведомляющую E-Mail рассылку со списками сотрудников организации, которым в ближайшее время необходимо сдать экзамены.

Сейчас ведутся работы по изменению тестирующего ядра системы, а именно ориентирование на персонификацию в обучении и тестировании. Это позволяет более полно использовать потенциал обучаемого персонала. Суть персонификации состоит в автоматической подборке материала для обучения на основании ответов персонала при первичном тестировании и на основании предыдущих показателей его ответов по соответствующим темам. Благодаря использованию гипертекстовых ссылок в исходном материале пользователь не только сможет изучить материал, необходимый ему для изучения по результатам первичного тестирования, но и сможет обновить свои знания по темам, тем или иным образом касающимся материала для обучения.

#### **Библиографический список**

- 1. Об итогах** соревнований профессионального мастерства оперативного персонала / А.А. Поздышев, В.Ф. Степанов, В.С. Рабенко, В.С. Каекин // Тр. ИГЭУ. Вып. II – Иваново, 1998. – С. 78–89.
- 2. О внедрении** компьютерной системы проверки знаний персонала на Костромской ГРЭС / В.С. Рабенко, В.С. Каекин, Ю.Н. Богачко и др. // Энергетик. – 1999. №10. – С. 8–9.
- 3. Рабенко В.С.** Итоги соревнований комплексных бригад оперативного персонала ТЭС с поперечными связями «Центрэнерго» 2002 года // Повышение эффективности теплоэнергетического оборудования / Иван. гос. энерг. ун-т, Иваново, 2002. – С. 314–316.
- 4. Свидетельство** РАО «ЕЭС России» №14 о соответствии «Нормам годности программных средств подготовки персонала энергетики» автоматизированной системы проверки знаний «ДОПУСК». Регистрация 11.04.01.
- 5. Свидетельство** РАО «ЕЭС России» № 33 о соответствии «Нормам годности программных средств подготовки персонала энергетики» автоматизированной системы проверки знаний «ДОПУСК». Регистрация 15.04.04.



УДК 621.039:621.186

**Опыт применения компьютерного тренажера  
перед полномасштабной модернизацией АСУ ТП  
энергоблоков 300 МВт ОАО «Костромская ГРЭС»  
на базе ПТК «КВИНТ»**

*В.С. Рабенко, канд. техн. наук, В.Е. Назаров, А.Н. Дубиненков, инженеры*

**Введение.** В настоящий момент вопрос о необходимости непрерывной тренажерной подготовки персонала энергопредприятий не вызывает никаких споров.

В конце 80 – начале 90-х годов в тренажеростроении преобладал подход, связанный с созданием региональных учебно-тренировочных центров (УТЦ) на базе полномасштабного (физического) тренажера, моделирующего режимы работы прототипа серийного энергоблока ГРЭС или оборудования ТЭЦ и имеющего систему управления и отображения информации в виде блочного щита управления (БЩУ). Такие тренажеры были очень дороги как при их создании, так и при эксплуатации, мало доступны и педагогически «нейтральны» [1]. При этом с совершенствованием АСУ ТП и технологических приемов эксплуатации на реальных объектах-прототипах тренажер безнадежно устаревал. Поэтому подготовка привлеченного в УТЦ оперативного персонала, как правило, носила характер получения общетеоретических знаний и не позволяла выработать навыки и умения применительно к конкретному рабочему месту.

В последние годы эффективность работы компьютеров каждые 18 месяцев возрастает приблизительно вдвое. Бурное развитие персональной вычислительной техники на рубеже конца XX – начала XXI века, а также внедрение на энергопредприятиях компьютерных технологий управления процессом производства энергии позволило найти выход из создавшегося положения в виде создания компьютерных тренажеров, имеющих гораздо более низкую цену, но позволяющих в полной мере обеспечить процесс оперативной подготовки персонала электростанций.

**Практика подготовки оперативного персонала.** Существующая практика подготовки эксплуатационного инженерно-технического персонала ТЭС предусматривает обучение в высших и средних учебных заведениях соответствующего профиля. Полученные при этом знания носят в основном общеинженерный характер. Оперативная же подготовка персонала, как правило, начинается после принятия на работу. Все системы

такого сложного технического комплекса, каким является энергоблок, становятся единым механизмом только благодаря такому основному звену, как человек. Культура эксплуатации определяет показатели работы станции в не меньшей мере, чем качество проектирования, изготовления, монтажа и наладки оборудования. Особенно велика роль персонала в нештатных ситуациях. От действий людей во многом зависит, будет ли быстро ликвидировано нарушение нормального режима эксплуатации или оно разовьется в серьезную аварию.

Причины ошибочных действий персонала многообразны. В основе ошибок могут лежать недостаточная квалификация оператора, его психологическая неустойчивость, приводящая к растерянности и стрессовому состоянию во внезапно возникающих аварийных ситуациях, когда требуется в ограниченное время найти и реализовать единственно правильное решение, общее психологическое состояние человека (обусловленное какими-либо событиями в его жизни), отвлечение внимания, машинальные действия и пр. В связи с этим поведение людей – источник неопределенности, тем более что разные люди могут считать правильными различные действия, а ошибки могут совершаться как при выполнении действий, так и при бездейственности.

Доля аварий по вине персонала достигает 15 %, а некоторые эксперты называют 40 % аварий по вине операторов как реальный показатель для энергоблоков 200 – 1200 МВт [2 – 5]. Опыт эксплуатации свидетельствует, что во время освоения новых технологий управления энергоблоками их аварийность значительно выше и нарушения по вине операторов достигают от 25 до 80 % [6].

В связи с этим первоочередной задачей подготовки персонала является задача научить персонал ориентироваться в сложных ситуациях аварийных и переходных режимов и выбирать правильные решения. Составными частями этого умения являются способность мгновенно оценивать ситуацию и прогнозировать ее развитие по наблюдаемым параметрам, выявлять самые существенные стороны и находить решения, порой нетривиальные, видя при этом весь спектр возможных решений, оценивая сильные и слабые стороны каждого из них, возможные последствия каждого решения, с тем чтобы на базе этой оценки принять итоговое решение. При этом должна быть реализована непрерывная эксплуатационная подготовка каждого специалиста, сначала как студента, затем как работника станции на каждой ступени его деятельности. Надо иметь в виду, что с переходом к следующей, более высокой ступени повышается степень ответственности специалиста в процессе принятия на практике решений.

Эксплуатационный персонал, естественно, имеет практический опыт работы, в том числе и опыт принятия ответственных решений. Однако в практике нормальной эксплуатации приобретается главным образом опыт работы в типовых, штатных ситуациях. Нарушения нормального режима эксплуатации, а тем более экстремальные, аварийные ситуации, требующие принятия самых ответственных решений, на практике возникают редко. Из-за этого даже имеющий большой практический опыт специалист может ни разу в своей жизни не оказаться в той или иной нештатной ситуации. Диалектическое противоречие состоит в том, что чем лучше работает оборудование станции, чем меньше на ней неполадок и отказов, тем меньший опыт работы в нештатных ситуациях приобретает персонал. Чисто психологически длительная безотказная работа способствует притуплению чувства опасности, утрате готовности к работе в экстремальном режиме, чаще всего возникающем неожиданно. В этом – истоки большинства ошибок эксплуатационного персонала. Отмеченные обстоятельства определяют важность специальной подготовки персонала к работе в самых разнообразных нештатных (включая аварийные) ситуациях, регулярных противоаварийных тренировок.

Все большее внимание уделяется проблемам живучести блока, его безаварийной и качественной эксплуатации, что невозможно достичь без серьезной подготовки всех категорий персонала станции.

**Тренажерная подготовка персонала.** В связи со спецификой работы оборудования возможности обучения персонала на действующем оборудовании значительно ограничены. Поэтому подготовка высококвалифицированного персонала невозможна без обучения на тренажерах. Вопрос подготовки операторов на тренажерах в настоящее время выдвигается на первый план. Особенно остро он стоит при подготовке персонала на ТЭС, т.к. на тепловых электростанциях, прежде всего в России, в этом вопросе есть значительное отставание, хотя в последнее время и здесь наметились существенные сдвиги [5, 6]. В настоящее время введен в действие ряд документов с правилами обязательной подготовки оперативно-го персонала на тренажерах [7, 8].

Тренажерная подготовка открывает возможности разыгрывания на математических моделях, положенных в основу тренажера, самых разнообразных ситуаций, которые могут встретиться на практике, в том числе самых маловероятных аварий.

**Тренажер энергоблока 300 МВт.** На основе тщательного анализа существующего состояния в области создания тренажеров для подготовки операторов энергоблоков на базе компьютерных технологий, с учетом тенденции роста мощностей ПЭВМ и принятой в

ОАО «КГРЭС» концепции на тотальную компьютеризацию всех сфер деятельности предприятия, к работе тренажера предъявлялись следующие технологические и аппаратные требования.

**Технологические требования.** Тренажер – программно-техническая копия блока-прототипа. Назначение – подготовка операторов котло-турбинного цеха № 1 (восемь газомазутных блоков мощностью по 300 МВт каждый). Возможности – обучение операторов ведению различных режимов блока-прототипа и противоаварийная подготовка. Масштаб времени воспроизведения процессов на блоке – реальный.

**Аппаратные и программные требования.** Компьютерная сеть – стандартная. ОС Windows. Аппаратная база – современные ПЭВМ и офисная техника массового применения. Тиражирование программного обеспечения не ограничено. Развертывание тренажера – на любом количестве ПЭВМ.

Данные требования диктуются экономической целесообразностью и позволяют значительно снизить стоимость тренажера, а также увеличить его мобильность и пропускную способность. Исполнителем работы выступил Ивановский энергетический университет. Принятый вариант тренажера выполнен на 7 персональных компьютерах, что позволяет довольно полно воспроизвести на экранах дисплеев информационно-управляющий интерфейс операторов БШУ в темпе протекающих процессов на реальном оборудовании (структурную схему тренажера см. на рис. 1).

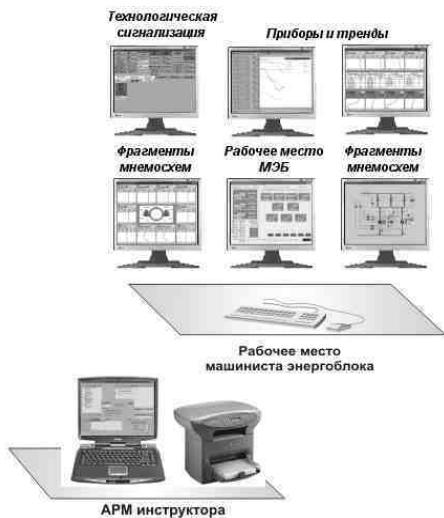


Рис. 1. Структурная схема тренажера

**Опыт создания информационно-управляющего интерфейса тренажера.** При разработке тренажера с дисплейным способом управления технологическими процессами одной из важных задач являлась задача создания эргономически удобного, надежного и прозрачного для оператора БЩУ информационно-управляющего интерфейса. Эта задача была достаточно актуальна в преддверии полномасштабной модернизации АСУ ТП энергоблоков 300 МВт на базе современного поколения программно-технического комплекса (ПТК) «КВИНТ» [9, 10]. Кроме этого требовалась адаптация оперативного персонала к новым технологиям управления энергоблоками.

Довольно трудной задачей была разработка системы построения и форм отображения информации на экранах мониторов.

Приходилось анализировать эксплуатационный опыт для того, чтобы создать на тренажере средствами компьютерной анимации дружелюбную информационно-управляющую среду, имитирующую БЩУ. При этом необходимо было учесть психологию операторов, выработавших моторные реакцию и навыки на считывание информации с БЩУ энергоблока, оснащенного физическими приборами и органами управления разных форм и параметров (размеры, шкалы, способы отображения показаний, местоположение на щите управления).

Как показал опыт работы по созданию тренажера, успешный и востребованный тренажер для электростанции может быть создан только при непосредственном участии ее персонала. Совместными усилиями разработчиков ИГЭУ и работников Костромской ГРЭС был найден приемлемый интерфейс тренажера, не разрушающий приобретенных операторами навыков и умений управления оборудованием блока на реальном БЩУ.

За прототип дисплейного способа построения информационно-управляющего интерфейса (ИУИ) тренажера энергоблока была принята структура построения информационных и моторных полей традиционного БЩУ. При этом в комплексе решались следующие задачи:

- полнота воспроизведения технологической информации;
- структурирование расположения информационных и моторных полей;
- формы предоставления статической и динамической информации;
- функциональная законченность и направленность видеogramм ИУИ;
- объем воспроизведения контролируемых величин;
- разумная достаточность функций контроля и управления;
- удобство функций навигации при работе оператора с ИУИ;
- исключение туннельного эффекта предоставления информации оператору;
- простота, наглядность и прозрачность функций управления и контроля.

*Опыт оформления вывода информации и организации дисплейного способа управления на тренажере существенно способствовал разработке качественного и удобного интерфейса при переходе на новое поколение АСУ ТП энергоблоков с ПТК «КВИНТ».*

**Общая характеристика компьютерного тренажера.** Тренажер выполнен в локальной сети с возможностью работы в корпоративной сети КГРЭС для последующего расширения рабочих мест обучаемых из числа оперативного персонала других цехов.

Программный комплекс динамических моделей реального или ускоренного времени реализован под управлением ОС Windows.

Тренажер выполнен с учетом реальных характеристик установленного на КГРЭС оборудования. За прототип при реализации модели в части технологических решений, схем, динамики процессов, режимов работы был взят блок ст. № 5 (котлоагрегат ТГМП-314, турбина К-3 00-240 ЛМЗ, смешивающий ПНД-2, Д-10 ата, топливо: газ/мазут/в смеси).

Интерфейс (видеограммы схем, приборов контроля, панелей управления, графиков процессов и т.п.) нагляден, достаточен по информативности и не вызывает затруднений при пользовании.

Тренажер обеспечивает управление 21 насосным агрегатом; 6 тягодутьевыми механизмами; 485 запорными и регулируемыми органами управления в дистанционном и автоматическом режимах; 20 предохранительными устройствами.

**Выполнение программы технологической экспертизы.** В период с 23 по 24 июля 2002 года была проведена технологическая экспертиза компьютерного тренажера блока 300 МВт в техническом классе ОАО «Костромская ГРЭС» по программе, утвержденной ДГИЭС РАО «ЕЭС России».

Программа технологической экспертизы включала выполнение следующих этапов.

1. Проверка полноты моделирования режимов нормальной эксплуатации:
  - разгрузка блока до минимальной нагрузки;
  - проверка статики и динамики схем основного конденсата, питательной воды, вакуумной системы, отборов пара;
  - проверка аэродинамического, гидравлического и температурного режимов котла.

По результатам проведенного комплекса работ на данном этапе комиссия пришла к заключению: статические и динамические характеристики тренажера не отличаются от характеристик энергоблока, взятого за прототип, во всех моделируемых режимах нормальной эксплуатации.

2. Проверка полноты воспроизведения режимов в условиях аварий и отказов в работе оборудования. При имитации различных режимов работы блока на тренажере с АРМа инструктора вносились различные условия нарушений и отказов в работе оборудования как единичные, так и с наложением. По результатам выполнения данного этапа было признано, что тренажер позволяет имитировать режимы пуска блока из различных тепловых состояний, работу по диспетчерскому графику, перевод блока на холостой ход, в растопочный режим с возможностью имитации различных нарушений и отказов основного и вспомогательного оборудования блока, проведение противоаварийных тренировок с оперативным персоналом КТЦ в соответствии с п. 10.5 «Правил организации работы с персоналом на предприятиях и в учреждениях энергетического производства» (РД 34.12.102-94).

Автоматизированное рабочее место инструктора позволяет задавать различные исходные состояния на момент начала выполнения противоаварийных тренировок, имитировать аварийные ситуации в большом количестве и разнообразии.

3. Проверка полноты моделирования контролируемых параметров. Тренажер в достаточном объеме воспроизводит штатный контроль состояния оборудования блока (приборы контроля – 228 шт.; сигнальные табло – 128 шт.; тренды – 370 шт.; мнемосхемы – 31 шт.; ключи управления и автоматические регуляторы – 59 шт.; ключи останова – 6 шт. и т.д.). Комиссией было отмечено, что на тренажере штатный контроль состояния блока-прототипа соответствует системе контроля и управления реального блока.

4. Проверка точности моделирования в режимах нормальной эксплуатации и при наличии аварий и отказов. Проверка проводилась путем сравнения результатов, полученных на тренажере, с данными испытаний блока-прототипа и режимных карт котло- и турбоагрегатов. Точность моделирования соответствует требованиям РД 153-34.0-12.305-99.

5. Проверка графиков изменения во времени важнейших параметров и состояний органов управления. Показала, что процессы имитируются в масштабе реального времени с соблюдением интервалов времени и динамики процессов во всех режимах работы оборудования блока.

6. Останов блока в горячий резерв. Контроль изменения параметров на остановленном блоке.

7. Пуск блока после останова в горячий резерв и простоя в течение 1,5 – 2 ч. Выход на номинальный режим.

Экспертиза установила соответствие характеристик тренажера при имитации останова блока в горячий резерв с последующим пуском после 1,5 ч простоя и выходом на номинальный режим.

8. Проверка возможности останова тренажера с сохранением промежуточного состояния и запуска из этого состояния. Тренажер допускает прерывание работы с сохранением текущего состояния и последующий запуск из этого состояния согласно требованиям СО (РД) 153-34.0-12.305-99.

9. Проверка фиксации срабатывания технологических защит и блокировок. Была выполнена при реализации п. 1 – 8 данной программы и соответствует требованиям РД 153-34.0-12.305-99. Работа технологических защит и блокировок, моделируемых в тренажере, адекватна работе защит и блокировок на реальном оборудовании.

10. Действия обучаемых (количество и тип ошибок). Тренажер предусматривает фиксацию, протоколирование, оценку действий, хранение и вывод в текстовой и графической форме результатов работы обучаемого на тренажере.

11. Проверка норм годности сопроводительной документации. Сопроводительная документация включает 17 наименований и соответствует требованиям СО (РД) 153-34.0-12.305-99. Учебно-методическое обеспечение тренажера выполнено в полном объеме.

Применение тренажера в учебном процессе:

- подготовка по новой должности оперативного персонала КТЦ-1;
- отработка навыков ведения пусковых режимов, ликвидации аварийных ситуаций, ведение диспетчерского графика нагрузок;
- выполнение программ специальной подготовки оперативного персонала КТЦ;
- проведение противоаварийных тренировок оперативного персонала КТЦ;
- проведение соревнований профессионального мастерства.

По итогам работы группы экспертов ОАО «Костромская ГРЭС» и ИГЭУ получили свидетельство на соответствие «Нормам годности программных средств подготовки персонала энергетики» (РД 153-34.0-12.305-99) указанного тренажера [11, 12].

Тренажер установлен в техническом классе КТЦ-1, что обеспечивает постоянный доступ персонала КТЦ-1 к тренировкам, как обязательным, так и в плане самоподготовки, а также проверки некоторых возможных режимов работы оборудования в нештатных ситуациях.

**Тренажерная подготовка персонала КТЦ-1.** Работа с персоналом на предприятии является одной из основных обязанностей всех руководителей и специалистов этого предприятия. В зависимости от категории работников устанавливается форма работы с персоналом. Так как КТЦ является одним из основных цехов, а работники этого цеха – оператив-



ными работниками, то для них вводится наиболее полная форма подготовки, контроля, переподготовки.

I. Подготовка по новой должности с обучением на рабочем месте (стажировкой).

II. Проверка знаний правил, норм и инструкций по технической эксплуатации, охране труда, промышленной и пожарной безопасности.

III. Дублирование на рабочем месте не менее 12 смен.

IV. Контрольные тренировки:

- противоаварийные,
- противопожарные.

V. Специальная подготовка персонала.

Специальная подготовка персонала подразумевает изучение нового оборудования, заменяемого на предприятии, а также модернизируемого, изменение в схемах включения, изменение состава оборудования. Согласно [7] специальная подготовка должна производиться систематически с отрывом от выполнения основных функций и составлять от 5 до 20 % рабочего времени.

В объём специальной подготовки должны входить учебные противоаварийные тренировки, имитационные упражнения и другие операции, приближённые к производственным, а также изучение отклонений технологических процессов, пусков и остановов оборудования, проработка обзоров несчастных случаев и технологических нарушений.

**Количественный и качественный состав подготавливаемого персонала.** Опыт применения тренажера показал, что наиболее целесообразно проводить подготовку и переподготовку на тренажере машинистов энергоблоков (МЭБ), так как тренажер имитирует его непосредственное рабочее место. Безусловно, тренажер позволяет проводить тренировки и старших машинистов энергоблоков (СМБ). Однако, как правило, в этом случае тренировка должна быть составлена таким образом, чтобы старший машинист выявил и оценил нестандартную ситуацию и принял правильное решение по ликвидации или локализации аварийной ситуации. Круг задач, решаемых СМБ, значительно шире задач МЭБ, и выделение главного и принятие правильного решения – это основная обязанность СМБ.

Согласно штатному расписанию в КТЦ-1 работают 40 машинистов энергоблока, 20 старших машинистов блоков. Если учесть, что 5 % рабочего времени должно уделяться специальной подготовке, то тренажер должен быть загружен 365 дней в году.

**Возможности противоаварийной подготовки на тренажере.** Возможности тренажера в плане создания отказов и неполадок оборудования

не безграничны, но с учётом возможности наложения одной имитируемой неисправности на другую количество тренировок зависит от опыта и практических навыков инструктора и инженерно-технического персонала цеха, непосредственно участвующих в разработке ситуаций. Следует отметить, что разработка сценариев противоаварийных тренировок требует анализа опыта эксплуатации, состояния оборудования, руководящих документов и производственных инструкций, а также экспертного оценивания опытными технологами правильности протекания моделируемой ситуации. Качественная подготовка противоаварийной тренировки на тренажере – задача отнюдь не простая и требует знаний соответствующей нормативно-технической документации и оперативного опыта. В список разработанных на тренажере типовых противоаварийных тренировок включены наиболее часто встречающиеся отказы оборудования и внештатные ситуации.

Для котла разработаны следующие аварийные ситуации.

1. Погасание факела в топке котла.
2. Снижение расхода среды по ниткам, расположенным ниже рас-топочных.
3. Снижение давления мазута.
4. Снижение давления газа.
5. Отключение всех дымососов.
6. Отключение всех дутьевых вентиляторов.
7. Снижение расхода пара через промежуточный пароперегреватель.
8. Увеличение давления газа перед горелками котла.
9. Повышение температуры пара за котлом.
10. Понижение температуры пара за котлом.
11. Отключение всех РВП.
12. Повышение давления до встроенной задвижки.
13. Понижение давления до встроенной задвижки.
14. Разрыв труб пароводяного тракта котла.
15. Появление трещин в пароперепускных, водоперепускных трубах, в паропроводах, питательных трубопроводах, коллекторах и пароводяной арматуре.
16. Разрыв мазутопроводов и газопроводов в пределах котла.
17. Взрыв в топке котла.
18. Загорание отложений в РВП.
19. Загорание отложений в конвективной шахте котла.
20. Прекращение расхода питательной воды по любой нитке котла.

Для турбины разработаны следующие аварийные ситуации.

1. Недопустимый сдвиг ротора турбины.
2. Снижение давления в системе смазки турбины.
3. Внезапное повышение вибрации подшипников турбины.
4. Повышение частоты вращения ротора свыше 10 % сверх номинальной.
5. Повышение давления в конденсаторе.
6. Понижение температуры первичного пара.
7. Понижение расхода охлаждающей воды через статор генератора.
8. Понижение расхода охлаждающей воды на газоохладители генератора.
9. Воспламенение масла на подшипниках турбогенератора.
10. Отключение основного питательного турбонасоса и невключение резервного питательного электронасоса.
11. Потеря напряжения на всех приборах тепломеханического контроля.
12. Повышение уровня в подогревателях высокого давления до II предела.

Аварийные нарушения режима энергоблока.

1. Самопроизвольное закрытие РПК до 50 %.
2. Обводнение мазута.
3. Отказ автоматики РМ, РПК.
4. Закрытие РУК.
5. Открытие ВП-3.
6. Обрыв регулирующего клапана турбогенератора.
7. Неустойчивая работа ГРП.
8. Отказ автоматики РУК, РУП.
9. Отключение двух насосов НОУ, КЭН.

**Роль компьютерного тренажёра при переходе на новое поколение АСУ ТП.** В 2004 году в период ремонтной кампании на блоках 300 МВт (станционные № 5, 6) была проведена полномасштабная модернизация АСУ ТП энергоблоков на основе ПТК «КВИНТ». Одна из отличительных особенностей нового АСУ ТП – это переход к дисплейному способу управления энергоблоком операторами БЩУ.

С вводом в эксплуатацию кардинально новой системы автоматизации технологического процесса роль машиниста энергоблока несколько изменилась. Основной задачей машиниста стало не управление непосредственно энергоблоком, а слежение за правильной работой автоматики, поддержание диспетчерского графика нагрузки (чему в настоящее время уделяется большое внимание), а также выявление отклонений и нестандартных ситуаций в работе оборудования.

Если длительное время внимание машиниста сосредоточено на поддержании диспетчерского графика, а автоматика не даёт сбоев и при этом информация о работе блока разнесена по разным схемам и мониторам, машинист может не увидеть работу блока в целом и допустить ошибки, не свойственные при управлении блоком с традиционного БЩУ.

Какое-либо обучение персонала на работающем оборудовании становится практически невозможным. В связи с этим подготовка операторов на тренажере энергоблока просто необходима. Модернизация существующего тренажера операторским интерфейсом ПТК «Квинт» даст возможность создать копию операторского интерфейса БЩУ. Тренировки на таком тренажере позволят, прежде всего, адаптировать персонал БЩУ к новому операторскому информационно-управляющему интерфейсу и развить моторные навыки управления оборудованием блока. При дисплейном способе управления блоком немаловажным является для операторов на тренажере выработать и закрепить навыки, с помощью которых можно отслеживать информацию в целом, не замыкаясь на отдельных видеофрагментах общего информационного поля динамики развития событий на блоке. Эта часть подготовки персонала крайне важна для исключения туннельного эффекта считывания информации с блока, особенно в переходных режимах. При новой АСУ ТП, полностью обеспечивающей автоматизированную работу блока под нагрузкой, но пока не обеспечивающей автоматизированный пуск, актуальным становится обучение персонала ведению пусковых режимов блока из различных тепловых состояний и выполнение противоаварийных тренировок.

### **Выводы**

1. Актуальность непрерывной противоаварийной подготовки оперативного персонала БЩУ энергоблоков с новым поколением АСУ ТП на современном этапе развития тепловой энергетики приобрела новую остроту.
2. Средствами новых информационных технологий, прежде всего, в сфере подготовки персонала энергопредприятий можно существенно, по качественным и количественным показателям, повысить надежность, безопасность и экономичность энергопроизводства на всех этапах жизненного цикла.
3. Число аварий и нарушений в работе энергопредприятий по вине персонала может быть значительно уменьшено путем организации сис-

тематической подготовки персонала на компьютерных тренажерах, имитирующих с высокой степенью адекватности управляемую динамику эксплуатируемого технологического процесса во всех режимах его работы, включая и аварийные ситуации.

#### Библиографический список

1. **Чачко А. Г.** Подготовка операторов энергоблоков. Алгоритмический подход. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 231 с.
2. **Анализ перспектив развития отечественной теплоэнергетики** / А.В. Мошкарин, М.А. Девочкин, Б.Л. Шельгин, В.С. Рабенко; Под ред. А. В. Мошкарина; Иван. гос. энерг. ун-т. – Иваново, 2002. – 256 с.
3. **О совершенствовании** эксплуатации турбинного оборудования ТЭС: Приказ РАО «ЕЭС России» №307 от 23.08.1999 г. – М.: РАО «ЕЭС России». – 20 с.
4. **О проведении** соревнований персонала энергопредприятий: Приказ РАО «ЕЭС России» №538 от 30.12.1999 г. – М.: РАО «ЕЭС России». – 5 с.
5. **О первоочередных** мерах по повышению надежности работы ЕЭС России: Оперативное указание ОУ-08-01-ВП от 22.01.2001 г. Разд. 6. Совершенствование управления надежностью профессиональной деятельности персонала. Мероприятия № 6.22, 6.23, 6.27, 6.32.
6. **Рабенко В. С., Мошкарин А. В.** Повышение безопасности, надежности, экономичности и продление срока службы оборудования предприятий тепловой энергетики средствами новых компьютерных технологий подготовки оперативного персонала // Энергосбережение и водоподготовка. – 2002. – №2. – С. 31 – 39.
7. **СО 34.12.102-94 (РД 34.12.102-94).** Правила организации работы с персоналом на предприятиях и в учреждениях энергетического производства: Утв. РАО «ЕЭС России» 29.04.94; Разраб. Департамент генеральной инспекции по экспл. электростанций и сетей, Севзапэнерготехнадзор, Центрэнерготехнадзор, Южэнерготехнадзор, Департамент эксплуатации энергосистем и электрических станций, Дирекция по работе с персоналом и подготовке кадров РАО «ЕЭС России». – М.: СПО ОРГРЭС, 1994. – 62 с. Изменение № 1 к РД 34.12.102-94. – М.: СПО ОРГРЭС, 1995. – 1 с. Изменение № 2 к РД 34.12.102-94. – М.: СПО ОРГРЭС, 1995. – 1 с.
8. **Правила работы с персоналом в организациях электроэнергетики Российской Федерации.** – М.: ЗАО «Энергосервис», 2000. – 110 с.
9. **Программно-технический комплекс «Квинт»** / Н.М. Курносов, В.В. Певзнер, А.Г. Уланов, Е.А. Яхин // Теплоэнергетика. – 1993. – №10. – С. 2–10.
10. **Применение ПТК «Квинт» для создания АСУ ТП теплового блока** / Н. И. Давыдов, А. А. Назаров, Н. В. Смородов и др. // Приборы и системы управления. – 1997. – №11. – С. 9–13.
11. **СО 153-34.0-12.305-99.** Нормы годности программных средств подготовки персонала энергетики: Утв. РАО «ЕЭС России» 02.06.99; Разраб. Департамент генеральной инспекции по эксплуатации электростанций и сетей и финансового аудита, АО ГВЦ энергетики, МГУ, Новочеркасский гос. университет; Южный центр подготовки кадров «Южэнерготехнадзор»; Срок действ. установлен с 01.10.99. – М.: РАО «ЕЭС России», 1999. – 36 с.
12. **Свидетельство РАО «ЕЭС России» № 14 о соответствии «Нормам годности программных средств подготовки персонала энергетики»,** выданное РАО «ЕЭС России», от 11.04.2001 г.

УДК 681.3:62-52

## **Опыт эксплуатации полномасштабной АСУ ТП энергоблоков 800 МВт ОАО «Рязанская ГРЭС» на базе ПТК «КВИНТ»**

*О.Ю. Гурьев, канд. техн. наук*

**Предпосылки модернизации АСУ ТП энергоблоков 800 МВт.** Рязанская ГРЭС является одной из крупнейших тепловых электростанций России, установленная мощность ее основного оборудования составляет свыше 2500 МВт. На Рязанской ГРЭС в течение 20 лет эксплуатируются единственные в европейской части России два энергоблока мощностью по 800 МВт каждый. В состав энергоблока входит следующее основное технологическое оборудование:

- однокорпусный котлоагрегат ТГМП-204П производства Таганрогского котельного завода производительностью по первичному пару – 2650 т/ч, по вторичному пару – 2180 т/ч; параметры первичного пара: температура – 545 °С, давление – 25,5 МПа;
- одновальный турбоагрегат К-800-240-3 производства Ленинградского металлического завода, мощность турбоагрегата – 800 МВт.

Проект существующих систем контроля и управления энергоблоков 800 МВт был выполнен Московским отделением института «Теплоэлектропроект», и для того времени в проект были заложены достаточно прогрессивные решения по сбору и обработке информации, по реализации функций управления оборудованием. Объем контроля параметров работы оборудования включал в себя более 1500 точек измерения температуры, расхода, давления, уровня, состояния оборудования и пр. При этом, кроме традиционных средств контроля на вторичных показывающих и самопишущих приборах, была внедрена информационная система на базе вычислительного комплекса (СМ-2, М-60), которая обрабатывала информацию от 900 датчиков температуры, расхода, давления, перепада давлений и уровня и информацию от 600 дискретных датчиков о положении механизмов, запорно-регулирующей арматуры, состоянии технологических защит. Объекты управления на технологическом оборудовании представляют собой электроприводы запорно-регулирующей арматуры и электроприводы собственных нужд (механизмы и насосы). Система управления оборудованием была реализована как на традиционной релейно-контакторной аппаратуре с индивидуальными ключами управления, так и

по вызову (избирательная система управления). В проекте было предусмотрено функционально-групповое управление, реализованное на устройствах логического управления производства НПО «Элва». Число объектов управления на энергоблоке: электроприводная запорная арматура – 580 ед., электроприводная регулирующая арматура – 130 ед.; механизмы собственных нужд 0,4 кВ и постоянного тока – 75 ед.; механизмы собственных нужд 6 кВ – 25 ед.

Система автоматического регулирования параметров технологического процесса была построена на аппаратуре серии «Каскад», в дальнейшем часть аппаратуры была заменена аппаратурой серии «Протар». Общее число контуров автоматического регулирования на энергоблоке – 95; при этом сложные взаимосвязи между ними были реализованы на уровне устройств логического управления и релейно-контакторной аппаратуры.

Технологические защиты оборудования были реализованы на специализированных комплектах технологических защит (УКТЗ), имеющих в своей основе релейно-контакторную аппаратуру. Технологические защиты были в основном построены по логической схеме «1 из 2». Число технологических защит на энергоблоке – 154.

Технологические блокировки, технологическая сигнализация, автоматический ввод резервных (АВР) механизмов реализовывались также на релейно-контакторной аппаратуре.

Огромный объем информации, объектов управления, сложные взаимосвязи между объектами управления, высокие требования по обеспечению надежности работы основного оборудования требовали привлечения большого числа высококлассных специалистов для проведения ремонтно-профилактических работ, а также высокой квалификации оперативно-персонала. Работоспособность применяемых устройств и изделий системы контроля и управления поддерживалась наличием широкой номенклатуры соответствующих запасных частей. При этом многие заводы-поставщики этих устройств сегодня прекратили выпуск запасных частей к ним как морально и физически устаревших.

Нормальная эксплуатация сложного технологического оборудования без надежной работы системы контроля и управления стала невозможна, поэтому в ОАО «Рязанская ГРЭС» было принято решение о модернизации АСУ ТП энергоблоков.

Современная АСУ ТП должна быть надежной, эффективной, простой в обслуживании, иметь срок службы, соизмеримый со сроком службы основного оборудования, призвана изменить характер труда персонала, а главное – повысить технико-экономические показатели электростанции.

**Первый опыт эксплуатации.** Именно такая система была внедрена на энергоблоках № 5 и 6 Рязанской ГРЭС. В 2003 – 2004 гг. во время плановых капитальных ремонтов энергоблоков была проведена полная реконструкция АСУ ТП с использованием программно-технического комплекса (ПТК) отечественного производства «КВИНТ-5».

Более чем двухлетний опыт эксплуатации позволяет с уверенностью утверждать, что применение современных программно-технических средств обеспечивает надежное, эффективное и экономичное управление энергоблоками во всех режимах.

Всего система обрабатывает 1750 входных аналоговых (натуральных) сигналов, из них 1050 сигналов – дублированными контроллерами, 3300 входных дискретных сигналов, из них 3000 сигналов – дублированными контроллерами, 2210 выходных дискретных (импульсных) сигналов, из них 1790 сигналов – дублированными контроллерами.

В состав АСУ ТП вошли 24 контроллера «Ремиконт-310», в том числе 15 контроллеров дублированные, и полтора десятка рабочих станций. Контроллеры и блоки питания контроллеров, датчиков аналоговых и дискретных сигналов размещены в шкафах. Сети нижнего и верхнего уровня, а также сетевые устройства дублируются.

Технические возможности контроллеров и операторских станций реализуют функции, невыполнимые с помощью традиционных средств автоматизации, – обеспечивают сбор информации, управление приводами и механизмами, автоматическое регулирование технологических параметров, технологические защиты и блокировки. Архивирование параметров оборудования и анализ действий персонала помогают зафиксировать и детально проработать любую нештатную ситуацию и принять мера к исключению повторений. Обладание такой полной информацией дает возможность принимать максимально точные управленческие решения.

КВИНТ предоставляет пользователю мощную систему автоматизированного проектирования (САПР) с «дружественным» человеко-машинным интерфейсом – в результате все прикладное программное обеспечение для функций управления, представления и хранения информации может подготавливаться технологами и специалистами по КИП и автоматике без привлечения профессиональных программистов. В «Ремиконте» можно дублировать блоки силового питания и фидеры, от которых они запитываются, дублировать и троировать отдельные информационные каналы, дублировать или троировать отдельные модули связи с аналоговыми и дискретными датчиками, дублировать контроллеры целиком, дублировать цифровые каналы последовательной связи, резервиро-



вать рабочие станции. Встроенные в КВИНТ средства самодиагностики обеспечивают автоматический переход на дублированные контроллеры в режиме «горячий резерв» без останова оборудования. Отдельные средства резервирования предусматриваются и в других системах, однако только КВИНТ позволяет по частям или одновременно задействовать весь указанный арсенал средств повышения надежности.

Верхний уровень ПТК «КВИНТ» составляет разветвленная локальная вычислительная сеть Ethernet, состоящая из различных сетевых средств: оптоволоконного кабеля, кабеля витой пары категории 5Е, коммутаторов, маршрутизаторов, медиаконверторов, рабочих станций.

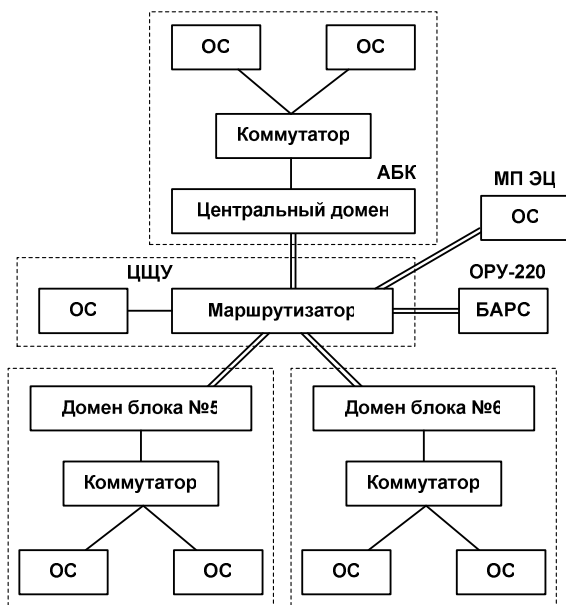


Рис. 1. Сетевая архитектура КВИНТа энергоблоков №5 и 6

Общестанционная сеть состоит из центрального корневого домена (рис. 1). В подсетях, находящихся на энергоблоках № 5 и 6, созданы родительские домены для каждого блока отдельно. Сети построены по схеме «звезда» и проведены витой парой. Корневой домен административно-бытового корпуса (АБК) и родительские домены (блоки № 5 и 6), находящиеся на расстоянии более 100 метров друг от друга, соединяются оп-

товолоконным кабелем по схеме «звезда», где центральный узел находится на центральном щите управления (ЦЩУ). Операторские станции (ОС) на монтерском пункте электроцеха, удаленные на значительное расстояние от ЦЩУ, соединяются по оптоволокну и подключены в соответствующие домены. Быстроанализирующие системы БАРС электроцеха передают важные данные в систему «КВИНТ» на ОС с помощью OPC-технологии, используя существующие линии связи.

Все сетевое оборудование продублировано и находится в резервной работе (все сетевые линии связи, кабели, коммутаторы, маршрутизаторы, медиаконвертеры, сетевые платы). Это важное преимущество: если где-либо нарушается связь или отказывает сетевое оборудование, работа всей системы не нарушается и не прерывается ни на секунду. Вся система (контроллеры и все ОС) синхронизируется через станцию.

IP-маршрутизатор на ЦЩУ отфильтровывает данные, идущие от контроллеров, находящихся в разных доменах, не давая им перемешиваться друг с другом, и не пропускает их в центральный домен в целях безопасности, исключая возможность управления рабочими процессами энергоблоков извне.

В центральном домене с ОС работают руководители электростанции в информационном режиме. На ЦЩУ предусмотрена ОС для дежурного инженера станции. На ОС БЩУ энергоблоков работают машинисты КТЦ в оперативно-управляющем режиме. На инженерных станциях – инженеры АСУ ТП в административно-наладочном режиме.

При модернизации системы контроля и управления энергоблоками блочные щиты управления получили совершенно новый дизайн (рис. 2).



Рис. 2. Блочный щит управления до и после реконструкции

На оперативных пультах управления БЩУ (рис. 3) установлены пять операторских станций с жидкокристаллическими мониторами размером 19" по диагонали (две станции на рабочем месте машиниста котла,

две станции – машиниста турбины, одна станция на рабочем месте оперативного персонала электроцеха) и две событийные станции с жидкокристаллическими мониторами (по одной на каждое рабочее место операторов КТЦ). Кроме того, на оперативных панелях установлены три видеокуба размером по диагонали 70", которые также являются операторскими станциями. На рабочем месте старшего машиниста энергоблока установлена операторская станция в информационном режиме. Технологическая сигнализация выполнена на операторских и событийных станциях, разделяется по агрегатам, по технологическим узлам и по назначению. Обобщенные сигналы по технологическим узлам и по назначению выводятся на табло, расположенные на оперативных панелях. Всего на каждом агрегате предусмотрено восемь табло.



Рис. 3. План расположения и оснащения рабочих мест операторов БЩУ нового поколения с дисплейным способом управления энергоблоком

Неоспоримым достоинством ПТК «КВИНТ» является полная взаимозаменяемость клеммно-модульных соединителей, модулей УСО, контроллеров, блоков питания. Замена вышедшего из строя блока на модуль из ЗИПа не требует настройки на тип и шкалу сигнала. Дублирование измерительных каналов и контроллеров позволяет заменить неисправный модуль без потери информации и управляющих функций. В процессе эксплуатации нет необходимости периодически контролировать правильность преобразования и обработки входных сигналов, напряжения блоков питания. Все эти функции постоянно осуществляются непосредственно контроллером, и результаты диагностики отображаются на пане-

лях индикации, мониторах. Использование современных комплектующих позволило отказаться от энергоемкого оборудования и силовоточных цепей, что значительно упростило и в то же время повысило надежность цепей питания, практически решена проблема отвода теплоты.

Некоторым недостатком всей системы можно считать несовершенство работы компьютерной техники, возможные отказы программного обеспечения или отказы на аппаратном уровне.

ПТК «КВИНТ» имеют неоспоримые преимущества над оборудованием предыдущего поколения. Но имеется еще целый ряд нерешенных вопросов, которые по авторитетному мнению руководства НИИ «Теплоприбор» и ЭЦН будут благополучно решены. Беспокойство вызывает следующее:

- отсутствует информация на операторских станциях об обрыве линии связи термопар;
- температурная компенсация холодного спая (ТКХС) осуществляется на основании показаний датчиков, расположенных в верхних рядах КМС, а подключение термопар реализовано по всей вертикали шкафа «Ремиконт». Поэтому термопары, подключенные в нижних рядах, имеют ТКХС, отличную от ТКХС термопар верхних рядов, что увеличивает заявленную погрешность измерения;
- не решена проблема с устройством размножения сигналов;
- ощущается недостаток документации по эксплуатации и ремонту оборудования ПТК «КВИНТ».

### **Выводы**

1. ОАО «Рязанская ГРЭС» впервые в электроэнергетике РФ реализовало полномасштабный проект нового поколения АСУ ТП для энергоблоков на сверхкритические параметры пара.

2. Опыт показал, что программно-технический комплекс «КВИНТ» благодаря системному подходу к решению задач автоматизации технологических объектов позволяет на высоком современном уровне и с высоким качеством в сжатые сроки реализовывать полномасштабные АСУ ТП даже таких крупных объектов энергетики, как блоки 800 МВт.

3. Затраты на внедрение АСУ ТП быстро окупаются благодаря снижению эксплуатационных расходов на обслуживание и ремонт вторичных приборов, электронных блоков автоматических систем регулирования, элементов систем управления, а также вследствие достижения принципиально нового уровня автоматизации работы оборудования, возможности глубокой диагностики его состояния (продления межремонтного срока работы основного оборудования).