

УДК 004.414.2:004.891.2

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ОПЕРАТОРОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ И УЧЕТА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

<sup>1</sup>Добаев А.З., <sup>2</sup>Веселов Г.Е., <sup>2</sup>Кузьменко А.А.<sup>1</sup>*Северо-Кавказский горно-металлургический институт  
(государственный технологический университет), Владикавказ, e-mail: dobai@mail.ru;*<sup>2</sup>*Институт компьютерных технологий и информационной безопасности  
Южного федерального университета, Таганрог*

Развитие автоматизированных информационно-измерительных систем контроля и учета электроэнергии позволило значительно сократить потери на электроэнергетических объектах. В работе авторами представлена структура системы поддержки принятия решения, позволяющая проанализировать данные, поступающие в систему автоматизированного контроля и учета электроэнергии с использованием различных методов анализа данных, сопоставить полученные результаты и сформировать рекомендации для оператора системы контроля и учета электроэнергии. В работе представлена структура такой системы, включающая подсистемы сбора и первичного преобразования и анализа данных, подсистему формирования альтернатив, подсистему ввода-вывода информации и пользовательский интерфейс. Приведено описание подсистем, блоков и модулей, их назначение, функции и алгоритмы работы, а также описание взаимосвязей и способов взаимодействия отдельных модулей в рамках проектируемой системы. Предложены рекомендации по разработке программно-аппаратного комплекса и рекомендации по внедрению системы на предприятиях от особенностей уже работающих информационных систем и в зависимости от количества обслуживаемых абонентов электросети. Предложенная структура может быть использована в качестве основы для составления технического задания и последующей разработки программного продукта.

**Ключевые слова:** электроэнергетика, автоматизированная информационно-измерительная система контроля и учета электроэнергии, интеллектуальный анализ данных, система поддержки принятия решения, экспертная система

## DESIGN OF DECISION MAKING SUPPORT SYSTEM FOR OPERATORS OF ELECTRICAL POWER CONSUMPTION AUDIT AUTOMATION SYSTEM

<sup>1</sup>Dobaev A.Z., <sup>2</sup>Veselov G.E., <sup>2</sup>Kuzmenko A.A.<sup>1</sup>*North Caucasian Institute of Mining and Metallurgy (State Technological University),  
Vladikavkaz, e-mail: dobai@mail.ru;*<sup>2</sup>*Institute of Computer Technologies and Information Security of Southern Federal University, Taganrog*

Development of automated information and measuring systems, control and accounting of electric power made it possible to significantly reduce losses at industrial sites. In this paper we present the structure of decision making support system that allows to analyze the data coming into the system of automated audit of electric power using a variety of methods of data analysis to compare the obtained results, as well as to form recommendations for operator of control and metering systems. The paper presents the structure of a system comprising primary data collecting, transformation and analysis subsystems and subsystem of forming alternatives, information input-output subsystem, and user interface. The description of the subsystems, blocks and modules, their purpose, function and operation of the algorithm, as well as the relationships and ways of interaction of individual modules within the designed system are presented. We propose the recommendations for the development of hardware and software and recommendations for implementation of the system at the enterprises with dependence to features of already operating information systems and to number of subscribers powered by the power system. The proposed structure can be used as a basis for drawing up of technical specifications and further development of a software.

**Keywords:** electrical power industry, automated information-measuring energy consumption audit systems, data mining, decision making support system, expert system

Анализ данных, регистрируемых автоматизированными информационно-измерительными системами контроля и учета электроэнергии (АИИСКУЭ), с использованием математических, статистических, интеллектуальных методов позволяет выявить аномальное поведение абонентов электрических сетей и установить наиболее вероятные точки безучетного потребления электроэнергии [4]. Существующие в на-

стоящее время АИИСКУЭ решают данную задачу за счет установки дорогостоящего оборудования (умные приборы учета, коаксиальные электрические кабели и т.д.), что в несколько раз увеличивает затраты на их внедрение. Высокая стоимость является основным сдерживающим фактором развития систем АИИСКУЭ в бытовом секторе. Использование математических, статистических, интеллектуальных методов анализа

данных для выявления безучетного потребления электроэнергии позволит снизить затраты на внедрение систем АИИСКУЭ и повысить рентабельность их применения в бытовом секторе.

Проведенные испытания показали, что предложенные в [2, 5] методы могут показывать различные результаты на одном наборе данных, а их эффективность может меняться, в зависимости от объемов выборки данных, количества приборов учета, характера используемых энергоприемников, способов вмешательства в работу электросети.

Таким образом, можно сделать вывод о необходимости последующей обработки результатов анализа, полученных на основании нескольких методов. То есть для принятия окончательного решения оператор АИИСКУЭ должен сопоставить результаты работы различных методов и принять окончательное решение о наиболее вероятных точках безучетного потребления.

Большое количество приборов учета в сети делает поставленную задачу трудоемкой и не позволяет добиться достаточной эффективности работы операторов. Автоматизация подобного рода задач посредством экспертных систем и систем поддержки принятия решений (СППР) в настоящее время является достаточно перспективным направлением в развитии информационных технологий [9, 10]. Эти классы систем близки между собой и, как правило, реализуются совместно. В зависимости от поставленных задач моделирование действий эксперта может строиться на основании альтернатив, предлагаемых СППР, или же СППР в своей

работе может учитывать мнения экспертов различных областей.

### Разработка структуры СППР

Анализ литературных источников [1, 3, 7, 8] позволяет выделить ряд требований, предъявляемых к любой системе поддержки принятия решений. В частности, в [8] выделены основные функции любой СППР, в частности сбор необходимой информации из различных источников данных, преобразование собираемой информации в единый формат данных, формирование запросов к хранилищу данных, администрирование системы и т.д.

В данной работе предложена трехуровневая концепция построения СППР, представленная на рис. 1.

Использование предложенной структуры позволит легко адаптировать систему с учетом возможных изменений. Структура системы включает три уровня:

– *Уровень накопления первичных данных*, который включает в себя процедуры сбора и сохранения первичной информации из различных источников, процедуры преобразования формата, необходимому для последующего анализа, а также сохранения в базу данных системы.

– *Уровень формирования альтернатив*. Альтернативы строятся на основании результатов анализа первичных данных с использованием различных методов. Состав аналитических методов может меняться, поэтому каждый из них реализован в виде отдельного программного блока, изолированного от программных блоков остальных методов.

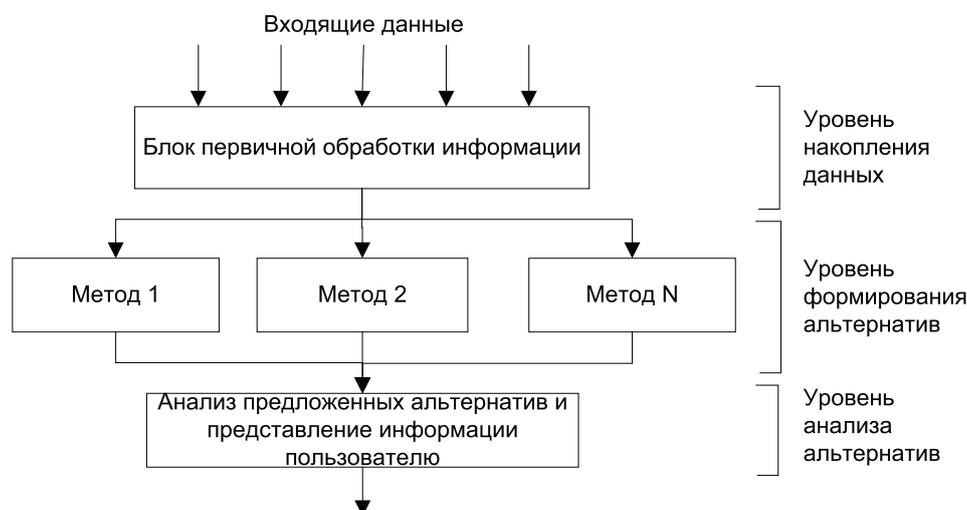


Рис. 1. Структура системы поддержки принятия решения

– На уровне анализа предложенных альтернатив происходит сопоставление результатов, полученных с использованием различных методов, и строится окончательное решение, которое будет представлено пользователю системы. Поскольку эффективность работы многих методов зависит от особенностей входных данных, этот уровень включает блок анализа качества первичной информации, учитываемого при оценке работы методов.

Предложенная структура позволит легко адаптировать и модернизировать систему, поскольку все предложенные алгоритмы и методы выделены в отдельные подсистемы. Добавление или модернизация блока, реализующего отдельный метод, практически не затрагивает другие блоки.

Архитектурно-технологическая схема программного комплекса СППР представлена на рис. 2.

Опишем основные подсистемы СППР.

*Подсистема первичного сбора данных* предназначена для сбора информации из оперативных баз данных систем АИИСКУЭ или непосредственно с приборов учета электрической энергии. На рис. 3 представлена структура информационного взаимодействия между подсистемой сбора данных и внешними источниками данных.

Согласно представленной схеме подсистема сбора данных состоит из набора самостоятельных модулей, каждый из которых

реализует механизм сбора данных с определенного вида источников. Каждый модуль разрабатывается независимо от остальных и может быть интегрирован в систему отдельно от других.

Можно выделить три основных типа источников оперативных данных, работа с которыми требует отдельного рассмотрения:

– *АИИСКУЭ, предоставляющие открытый доступ к своим хранилищам данных.* В данном случае информация в систему поступает из базы данных АИИСКУЭ с использованием стандартных методик работы с СУБД различных производителей.

– *Данные АИИСКУЭ, предоставляющие программные интерфейсы для получения данных от них.* В данном случае доступ к хранилищу данных АИИСКУЭ закрыт, однако система предоставляет возможность обмениваться сообщениями с внешними системами посредством экспортируемых процедур и функций.

– *Данные приборов учета, поступающие в систему через устройства сбора и передачи данных (УСПД).* В данном случае необходимо изучение технической документации используемого оборудования, протоколов обмена данными с УСПД, а также требования к частоте опроса приборов учета. Поскольку приборы учета, как правило, не хранят информацию, то система должна контролировать периодичность опроса счетчиков.



Рис. 2. Архитектурно-технологическая схема СППР

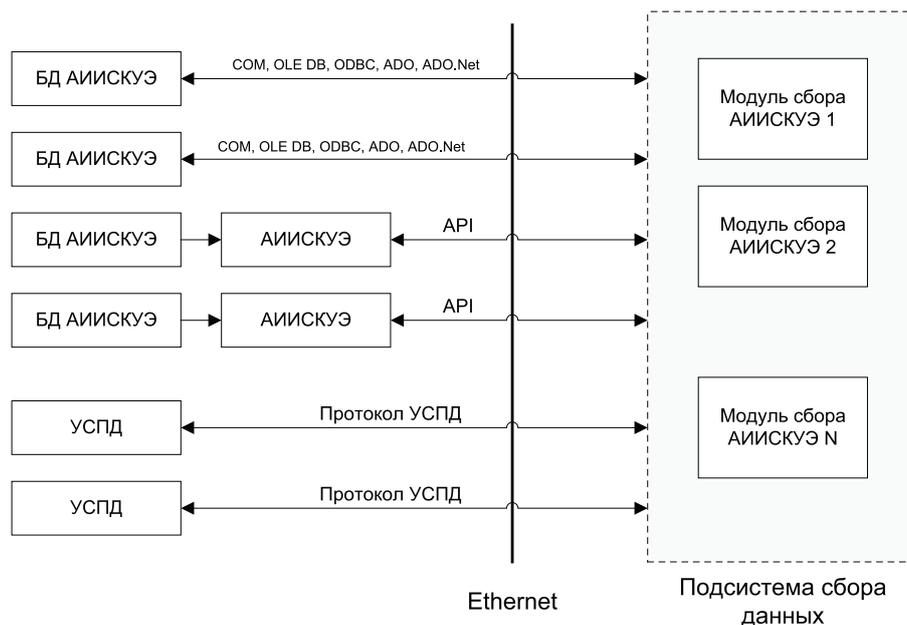


Рис. 3. Структура информационного взаимодействия с подсистемой сбора данных

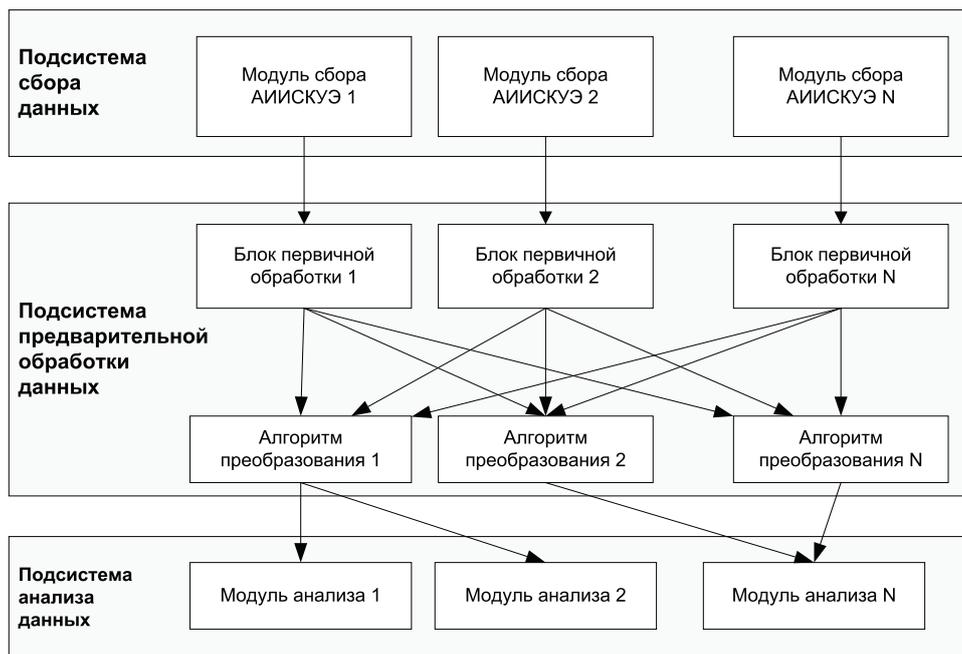


Рис. 4. Подсистема преобразования первичной информации

Подсистема преобразования первичной информации предназначена для приведения поступающей из различных источников информации к единому виду для последующего анализа. Структура подсистемы представлена на рис. 4.

Согласно представленной схеме подсистема предварительной обработки данных

состоит из набора блоков первичной обработки данных и набора алгоритмов преобразования данных.

Основной задачей каждого блока первичной обработки является приведение данных в соответствие с моделью, которая используется в хранилище, а также обеспечения процесса консолидации данных и их

загрузки в хранилище. В результате, информация, поступающая из разных блоков первичной обработки информации, имеет идентичную структуру, не зависящую от ее источника. Как правило, для каждого вида источника данных (АИИСКУЭ различных производителей или АИИСКУЭ с различными способами подключения) разрабатывается отдельная пара «Модуль сбора – Блок первичной обработки», реализующая взаимодействие с этим источником.

Алгоритмы преобразования информации направлены на изменение представления и форматов данных в соответствии с особенностями решаемых задач и целей анализа. В результате работы алгоритмов информационное содержание данных не изменяется. Информация представляется в таком виде, в котором она может быть использована различными методами анализа данных наиболее эффективно. При этом данные, получаемые от каждого блока первичной обработки, преобразуются с использованием каждого из зарегистрированных в системе алгоритмов. Преобразованные данные также сохраняются в базе данных для последующего использования в анализе.

*Подсистемы анализа данных.* На основании оперативных или агрегированных данных производится анализ одним из методов. Результаты анализа записываются в хранилище данных. С целью повышения уровня гибкости и масштабируемости системы для хранения результатов работы различных аналитических подсистем рекомендуется использовать отдельные таблицы базы данных хранилища.

*Подсистема анализа альтернатив.* Для консолидации информации, полученной в результате работы подсистем анализа дан-

ных, применяется по своей сути экспертная система, которая на основании мнений различных «экспертов» (результаты различных методов) формирует окончательное решение. Для сопоставления результатов был использован метод групповой экспертной оценки объектов при непосредственном оценивании [6].

*Подсистема ввода-вывода информации* обеспечивает взаимодействие системы с пользователями. Включает в себя алгоритмы добавления, редактирования, просмотра информации в базе данных, алгоритмы построения сводной аналитической отчетности, алгоритмы визуализации и вывода данных. Подсистема выполняет такие функции, как авторизация пользователей в системе, разграничение прав доступа, формирование запросов к базе данных на основании действий пользователя, подготовка данных, полученных из базы данных, для представления пользователю.

*Пользовательский интерфейс* – представляет собой набор экранных форм и их модулей с описанием структуры отображаемой информации и взаимосвязей между ними.

#### Разработка структуры аппаратно-программного комплекса СППР

При разработке аппаратно-программного комплекса СППР следует учитывать, что система может быть установлена как в небольшой организации с небольшим количеством приборов учета, так и в крупных сетевых компаниях с десятками тысяч подключенных абонентов. Поэтому при проектировании системы особое внимание было уделено масштабируемости для достижения высокой производительности в сетях с любым количеством абонентов.

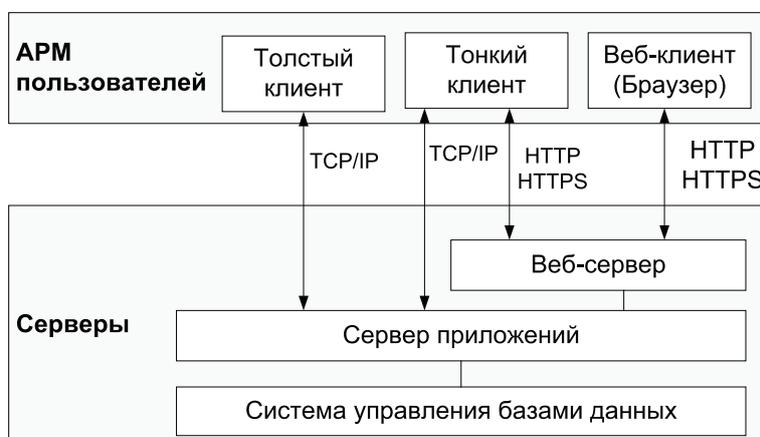


Рис. 5. Клиент-серверная архитектура СППР

Предложенная система поддержки принятия решения реализована в виде трехуровневой клиент-серверной архитектуры, представленной на рис. 5.

На рис. 5 выделены следующие уровни:

– *Клиентские приложения* – это интерфейсный компонент, который представляет первый уровень, собственно приложение для конечного пользователя.

– *Сервер приложений*, на уровне которого реализуется большая часть бизнес-логики, за исключением фрагментов, экспортируемых на уровень клиентских приложений, а также погруженные в третий уровень хранимые процедуры и триггеры.

– *Сервер базы данных* обеспечивает хранение данных и выносятся на третий уровень. В разработанной системе это реляционная СУБД.

### Заключение

Процесс разработки на основании предложенной структуры программного обеспечения, пригодного для внедрения в энергосбытовых компаниях, достаточно сложный и требует знания специфики работы энергосбытовых компаний, программно-технического инструментария и опыта выполнения крупных проектов. В настоящее время ведется разработка отдельных функциональных модулей предлагаемой системы для внедрения в сетевых компаниях Республики Северная Осетия – Алания.

### Список литературы

1. Барсегян А., Куприянов М., Холод И., Тесс М., Елизаров С. Анализ данных и процессов: учебное пособие – СПб.: БХВ-Петербург, 2009.
2. Гаглоева И.Э., Добаев А.З., Дедегкаева А.А. Разработка математической модели комплексной оценки состояния электроэнергетических объектов // Инженерный вестник Дона. – 2013. – Т. 26, № 3(26). – С. 102.
3. Джарратано Д., Райли Г. Экспертные системы: принципы разработки и программирование. 4-изд. – М.: Вильямс, 2007.
4. Добаев А.З. К вопросу об использовании данных АСКУЭ для разработки методов выявления безучетного потребления электроэнергии // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Экономика, менеджмент, образование: теоретические и практические аспекты». – Саратов: СГТУ, 2011. – С. 49–55.
5. Добаев А.З. Использование методов математической статистики для анализа данных систем учета электроэнергии // Материалы VI международной конференции «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки». – Владикавказ: Литера, 2014. – С. 37–41.
6. Михеев М.Ю., Прокофьев О.В., Семочкина Ю.И. Методы анализа данных и их реализация в системах поддержки принятия решений: учебное пособие. – Пенза, 2014. – С. 118.
7. Терелянский П.В. Системы поддержки принятия решений. Опыт проектирования: монография. – Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2009.
8. Bonczek R.H., Holsapple C., Whinston A.B. Foundations of Decision Support Systems. – New York: Academic Press, 1981.
9. Ginzberg M.I., Stohr E.A. Decision Support Systems: Issues and Perspectives / ed. by H.G. Sol. – Amsterdam: North-Holland Pub., 1983.
10. Golden B., Hevner A., Power D.J. Decision Insight Systems: A Critical Evaluation // Computers and Operations Research. – 1986. – Vol. 13. – № 2/3. – P. 287–300.