

УДК № 620.9.004.18+620.9:658.5.012.16

**А.В. Кычкин, А.С. Ерохин, С.В. Нерослов**Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь, Россия**ИНФОЛОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ  
СИСТЕМЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

В статье рассматривается инфологическое моделирование информационной системы энергетического мониторинга. Под системой энергетического мониторинга понимается комплекс мероприятий, направленных на автоматизацию энергетического учета, выявление и устранение нерационального расхода топливно-энергетических ресурсов, а также на поддержание энергопотребления на технологически обоснованном уровне. Инфологическое моделирование применяется при проектировании базы данных. Инфологическая модель включает формализованное описание информационной системы энергетического мониторинга. В рамках инфологического моделирования были разработаны диаграмма базы данных и логический уровень базы данных информационной системы энергомониторинга. Проектирование базы данных информационной системы проведено на основе формализации структуры и процессов энергомониторинга и в соответствии с уровнями представления информации включает концептуальное и схемно-структурное проектирование.

**Ключевые слова:** система энергетического мониторинга, инфологическое моделирование, система энергетического менеджмента.

**A.V. Kichkin, A.S. Erokhin, S.V. Neroslov**

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

**INFOLOGICAL MODELING OF INFORMATION SYSTEM  
OF ENERGY MONITORING**

This article discusses the modeling information Infological energy monitoring system. The system of energy monitoring is a complex of measures aimed at automating energy accounting, identification and elimination of energy resource wastage, as well as to maintain power at a reasonable level technologically. Infological modeling used in the design of the database. Infological model includes a formalized description of the information system of energy monitoring. As part of infological simulation being developed diagram of a database and logic level database information system energy monitoring. Designing of a database information system was carried out on the basis of the formalization of the structure and processes of energy monitoring, and, in accordance with the levels of information, and includes a conceptual scheme-structured design.

**Keywords:** Energy monitoring system, infological modeling, energy management system.

**Введение.** Моделирование данных, как важнейший процесс создания логической структуры информационной системы (ИС) энергомониторинга, включает в себя этап инфологического моделирования, предполагающего выделение информационных объектов и определение отношений между ними [1]. Инфологическое моделирование, как правило, выполняется в соответствии с построением модели «сущность–связь» и является ключевым элементом для проектирования базы данных (БД) – основы подсистем контроля и поддержки принятия решений (ППР) системы энергетического менеджмента [2]. Проектирование БД ИС энергомониторинга в общем случае может быть проведено на основе формализации структуры и процессов энергомониторинга, в соответствии с уровнями представления информации включает концептуальное и схемно-структурное проектирование.

**Концептуальное проектирование БД ИС.** Концептуальное проектирование БД ИС, включающее сбор, анализ и редактирование требований к данным, основано на эвристическом подходе. Адекватность построенной в его рамках инфологической схемы предметной области проверяется эмпирически по анализу и проверке удовлетворения информационных потребностей и особенностей при осуществлении энергетического мониторинга объектов предприятия [3]. Методика концептуального проектирования БД ИС энергомониторинга показана на рис. 1.

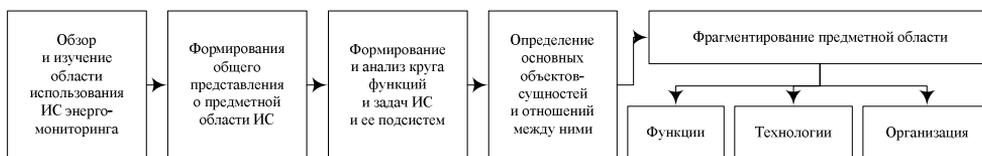


Рис. 1. Методика концептуального проектирования БД ИС энергомониторинга

**Объекты-сущности ИС энергомониторинга.** Согласно методике проведено формирование общего представления о предметной области энергомониторинга, функциях системы и ее подсистем, а также информационных потребностях основных пользователей [4]. Выделены основные понятия, а также установлены виды связей – ассоциаций между несколькими сущностями ИС энергомониторинга, представленные в табл. 1.

Таблица 1

Объекты-сущности ИС энергомониторинга и связи между ними

№ п/п	Наименования связываемых объектов-сущностей	Тип связи
1	Объект – Предприятие	М: 1
2	Узел учета – Объект	М: 1
3	Анализ–Узел учета	М: 1
4	Анализ – Энергоменеджер	М: 1
5	Анализ – Статус	М: 1
6	Анализ – Измерение параметра	М: 1
7	Измерение параметра – Физическая величина	М: 1
8	Измерение параметра – Источник ввода данных	М: 1
9	Заключение – Анализ	М: 1

Выделена часть атрибутов и понятий системы энергомониторинга, выражающих процессы-отношения между объектами-сущностями. Выделение объектов-сущностей ИС, их атрибутов и отношений-связей осуществлено комбинированным способом на итерационной основе с многократным уточнением исходного списка объектов, агрегацией атрибутов в группы и т.д.

Определение перечня атрибутов каждого объекта предметной области ИС энергомониторинга, как и самого перечня объектов-сущностей, проведено согласно принципу минимальной достаточности «Оккама». Перечень объектов-сущностей и набор их атрибутов являются достаточными для решения всех частных задач системы энергомониторинга и удовлетворяют информационным потребностям исследуемых объектов, экспертов и энергоменеджеров, проводящих исследования, при этом они не являются избыточными.

Атрибуты, уникальным образом определяющие каждый экземпляр сущности, называются ключами. Ключ БД ИС энергомониторинга – это минимальный набор атрибутов, по значениям которых можно однозначно найти требуемый экземпляр сущности. Минимальность означает, что исключение из ключевого набора любого атрибута не позволяет идентифицировать сущность по оставшимся атрибутам. Каждая сущность обладает хотя бы одним возможным ключом, один из которых принимается за первичный. При выборе первичного ключа предпочтение отдано несоставным ключам или ключам, составленным из минимального числа атрибутов. Перечень атрибутов объектов сущностей БД ИС энергомониторинга, построенных в соответствии с работами [5, 6], представлен в табл. 2.

Таблица 2

## Атрибуты объектов-сущностей

№ п/п	Наименование объекта-сущности	Атрибуты
1	Предприятие	Наименование предприятия Адрес предприятия Сфера деятельности Дополнительная информация
2	Объект	Наименование объекта Характеристика объекта Дополнительная информация
3	Узел учета	Наименование узла учета Расположение Дополнительная информация
4	Энергоменеджер	ФИО Место работы Должность Контактный телефон Дополнительная информация
5	Анализ	Название анализа Дата начала анализа Дата конца анализа
6	Статус	Наименование статуса
7	Заключение	Название заключения Оценка Рекомендации Примечание
8	Измерение параметра	Дата измерения Значение параметра
9	Физическая величина	Название Единицы измерения Максимальное значение величины Минимальное значение величины
10	Источник ввода данных	Название источника

**Диаграмма «сущность–связь» БД ИС энергомониторинга.** Результатом концептуального проектирования является формализованное описание концептуальной схемы БД ИС энергомониторинга, что осуществляется средствами семантической модели данных. Формализованное описание диаграммы «сущность–связь» осуществлено с помощью модели Чена. В качестве основных компонентов структурной составляющей семантической модели выделены сущности, атрибуты сущностей, ключевые атрибуты сущностей, связи, виды связей, атрибуты связей.

Модель Чена диаграммы «сущность–связь» БД ИС энергомониторинга показана на рис. 2.

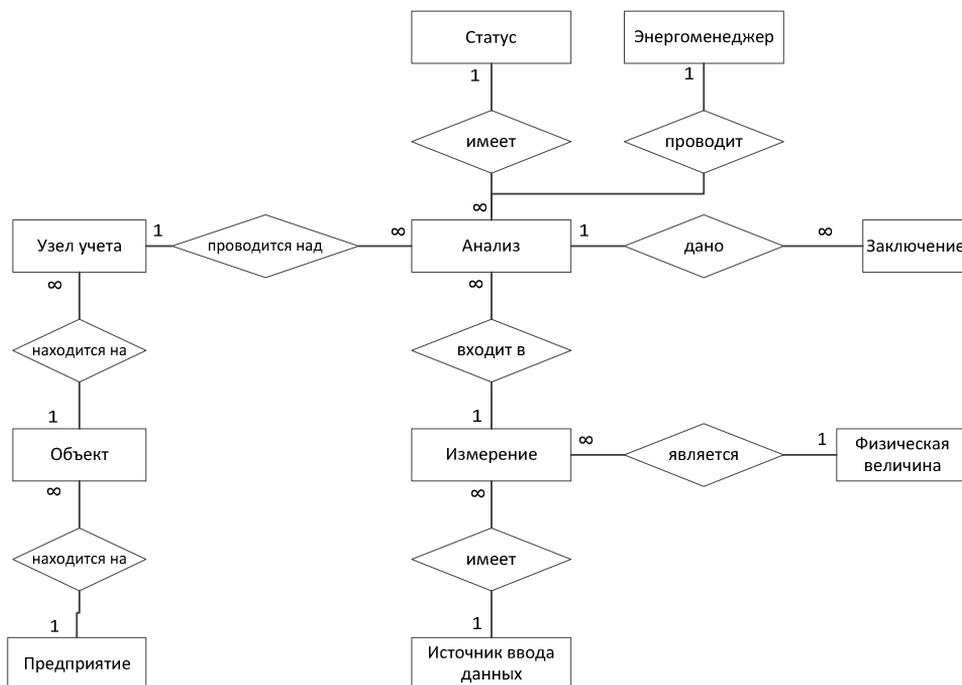


Рис. 2. Диаграмма «сущность–связь» базы данных информационной системы энергомониторинга

Далее проведено схемно-структурное проектирование, включающее в себя проектирование логического и физического уровней. Логическое проектирование – преобразование требований к данным в структуры данных. На выходе получены СУБД-ориентированная структура БД и спецификации прикладных программ. Физическое проектирование определило особенности хранения данных, получаемых с измерительных устройств линейки VIDA [7].

**Логический уровень базы данных.** Логический уровень описывает факты и объекты, подлежащие регистрации в БД. В соответствии с этим подходом проектирования основными компонентами модели являются сущности, их атрибуты и связи между ними. Физическим аналогом сущности в реальной БД ИС энергомониторинга является таблица, а физическим аналогом атрибута – поле этой таблицы. Как и записи в таблице реляционной СУБД, экземпляры сущности являются уникальными, то есть полный набор значений их атрибутов не дублируется.

И так же, как и поля в таблице, атрибуты могут быть ключевыми и неключевыми. На этапе логического проектирования для каждого атрибута определен примерный тип данных (строковый, числовой и др.). Конкретизация произведена на этапе физического проектирования.

Физическое проектирование данных осуществлено на основе модели данных ИС логического уровня. Результатом этого процесса стала физическая модель, содержащая полную информацию, необходимую для генерации всех необходимых объектов в БД ИС энергомониторинга. В процессе физического проектирования определены наименования таблиц и типы данных для всех полей.

Поля БД ИС определяют структуру базы и групповые свойства данных, записываемых в ячейки, принадлежащие каждому из полей. Выделены следующие основные свойства полей таблиц БД ИС энергомониторинга:

- имя поля – определяет, как следует обращаться к данным этого поля при автоматических операциях измерительного оборудования, пользовательского и серверного программного обеспечения с базой;

- тип поля – определяет тип данных, которые могут содержаться в данном поле;

- размер поля – определяет предельную длину (в символах) данных, которые могут размещаться в данном поле;

- формат поля – определяет способ форматирования данных в ячейках, принадлежащих полю;

- маска ввода – определяет форму, в которой вводятся данные в поле (средство автоматизации ввода данных);

- значение по умолчанию – то значение, которое вводится в ячейки поля автоматически;

- условие на значение – ограничение, используемое для проверки правильности ввода данных;

- сообщение об ошибке – текстовое сообщение, которое выдается автоматически при попытке ввода в поле ошибочных данных;

- индексированное поле – все операции, связанные со списком или сортировкой записей по значению, хранящемуся в данном поле, существенно ускоряются. Кроме того, для индексированных полей можно сделать так, что значения в записях будут проверяться по этому полю на наличие повторов, что позволяет автоматически исключить дублирование данных.

Конкретизируем результаты проектирования БД ИС энергомониторинга. Для каждой сущности определим набор атрибутов на логическом и физическом уровнях. Обозначим первичный ключ – РК, внешний ключ – FK.

Список атрибутов сущности «Предприятие» объединяет собой статистические данные о предприятиях.

Список атрибутов сущности «Объект» объединяет собой статистические данные о объектах, которые находятся на данном предприятии.

Список атрибутов сущности «Узел учета» объединяет собой статистические данные о узлах учета параметров, которые находятся на конкретном объекте предприятия, это могут быть данные о первичных измерительных преобразователях, приборах регистраторов, виртуальных измерительных приборах и системах, т.п.

Список атрибутов сущности «Энергоменеджер» объединяет собой статистические данные об энергоменеджерах, которые осуществляют анализ энергоданных предприятия.

Список атрибутов сущности «Измерение параметра» объединяет собой данные с датчиков узлов учета, формируется автоматически при каждом новом измерении [8, 9].

Список атрибутов сущности «Физическая величина» объединяет собой данные о физической величине, которая измеряется.

Список атрибутов сущности «Источник ввода данных» объединяет собой статистические данные об источниках ввода данных, характеризующих вид обновления и синхронизации данных, что актуально при организации внутри- и межсистемного обмена данными в энергетических системах [10].

Список атрибутов сущности «Статус» объединяет собой статистические данные о состоянии анализа. Список атрибутов сущности «Анализ» объединяет собой статистические данные о датах начала и конца анализа, а также об узле учета, измеряемом параметре и энергоменеджере, осуществляющем анализ.

Список атрибутов сущности «Заключение» объединяет собой статистические данные о заключении, дающемся после выполнения анализа энергоданных.

В результате анализа таблицы атрибутов сущностей, разрабатываемой ИС энергомониторинга, построена схема логического уровня данных (рис. 3). На основе логического уровня и выбранной в качестве базовой СУБД MySQL разработан физический уровень. Сущности переведены в таблицы данных, ключи – в индексы.

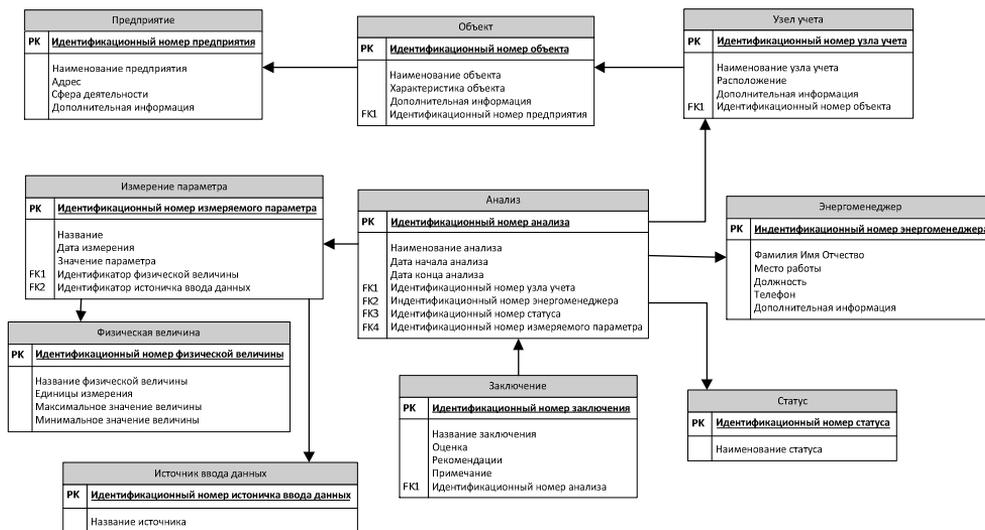


Рис. 3. Логический уровень базы данных информационной системы энергомониторинга

**Заключение.** Инфологическая модель ИС энергомониторинга – формализованное описание предметной области сбора, передачи, хранения, обработки и анализа энергетических данных, являющихся измеряемыми и рассчитываемыми энергетическими параметрами технических объектов предприятия. Она представляет собой структурированное описание предметной области, которое основано на анализе семантики объектов предприятия и процессов энергомониторинга и выполнено без ориентации на использование в дальнейшем программных или технических компьютерных средств. Преимуществом представленной инфологической модели является ее формализованное и структурированное описание, ориентированное на восприятие не только специалистами по информационным технологиям, но и специалистами-энергоменеджерами, ответственными за повышение энергетической эффективности на предприятии.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации по государственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук, МК–5279.2014.8 «Синтез эффективных технологий удаленного мониторинга и управления состоянием интеллектуальной электроэнергетической системы с активно-адаптивной сетью».

### **Библиографический список**

1. Кычкин А.В., Хорошев Н.И., Елтышев Д.К. Концепция автоматизированной информационной системы поддержки энергетического менеджмента // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2013. – № 5. – С. 12–17.
2. Ерохин А.С., Ланцова М.В., Нерослов С.В. Разработка системы удаленного энергомониторинга индивидуального теплового пункта корпуса электротехнического факультета Пермского национального исследовательского политехнического университета на базе системы Му-JEVis // Молодой ученый: науч.-техн. журнал. – 2013. – №8(55). – С. 88–90.
3. Калашников Е.А. Лядова Л.Н. Система мониторинга источников энергопотребления METAS Control // Технологии Microsoft в теории и практике программирования: материалы конф. – Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. ун-та, 2010. – С. 183–185.
4. Костыгов А.М., Кычкин А.В. Структуризация удаленного мониторинга группы интеллектуальных подвижных платформ в реальном времени // Датчики и системы. – 2013. – № 9(172). – С. 65–69.
5. Кычкин А.В. Долгосрочный энергомониторинг на базе программной платформы OpenJEVis // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2014. – № 1(9). – С. 5–15.
6. Новиков В.В. Интеллектуальные измерения на службе энергосбережения // Энергоэксперт. – 2011. – № 3.
7. Ледин С.С., Игнатичев А.В. Развитие промышленных стандартов внутри- и межсистемного обмена данными интеллектуальных энергетических систем // Автоматизация и ИТ в энергетике. – 2010. – № 10.
8. Темичев А.А., Кычкин А.В. Программный симулятор ПЛК VIDA350 системы энергоменеджмента // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2011. – № 5. – С. 210–220.
9. Шелухин О.И., Тенякшев А.М., Осин А.В. Моделирование информационных систем: учеб. пособие / под ред. О.И. Шелухина. – М.: Радиотехника, 2005. – 368 с.

10. Кычкин А.В., Мусихина К.Г., Разепина М.Г. Исследование эффективности создания и внедрения системы энергоменеджмента на промышленном предприятии // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Электротехника, информационные технологии, системы управления. – 2014. – № 1(9). – С. 66–79.

### References

1. Kychkin A.V., Khoroshev N.I., Eltyshv D.K. Kontsepsiia avtomatizirovannoi informatsionnoi sistemy podderzhki energeticheskogo menedzhmenta [Concept of an automated information system of support of energetic management]. *Energobezopasnost' i energosberezhenie*, 2013, no. 5, pp. 12-17.

2. Erokhin A.S., Lantsova M.V., Neroslov S.V. Razrabotka sistemy udalennogo energomonitoringa individual'nogo teplovogo punkta korpusa elektrotekhnicheskogo fakul'teta Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta na baze sistemy My-JEVis [Development of the system of a remote energy monitoring of personal thermal point of the casing of electrotechnical faculty of the Perm national research polytechnical university on the basis of My-JEVis system]. *Molodoi uchenyi*, 2013, no. 8(55), pp. 88-90.

3. Kalashnikov E.A. Liadova L.N. Sistema monitoringa istochnikov energopotrebleniia METAS Control [Monitoring system of sources of energy consumption of METAS Control] *materialy konferentsii "Tekhnologii Microsoft v teo-rii i praktike programmirovaniia"*. Nizhegorodskii gosudarstvennyi universitet, 2010, pp. 183-185.

4. Kostygov A.M., Kychkin A.V. Strukturizatsiia udalennogo monitoringa gruppy intellektual'nykh podvizhnykh platform v real'nom vremeni [Structurization of remote monitoring of group of intellectual mobile platforms in real time]. *Datchiki i sistemy*, 2013, no. 9 (172), pp. 65-69.

5. Kychkin A.V. Dolgosrochnyi energomonitoring na baze programnoi platformy OpenJEVis [Long-term energy monitoring on the basis of a software platform of OpenJEVis]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotehnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniia*, 2014, no. 1 (9), pp. 5-15.

6. Novikov V.V. Intellektual'nye izmereniia na sluzhbe energosberezheniia [Intellectual measurements on service of energy saving]. *Energoekspert*, 2011, no. 3.

7. Ledin S.S., Ignatichiev A.V. Razvitie promyshlennykh standartov vnutri i mezhsystemnogo obmena dannymi intellektual'nykh energeticheskikh sistem [Development of industry standards inside and an intersystem data interchange of intellectual power systems]. *Avtomatizatsiia i informatsionnye tekhnologii v energetike*, 2010, no. 10.

8. Temichev A.A., Kychkin A.V. Programmnyi simulator PLK VIDA350 sistemy energomenedzhmenta [The energy management system PLC VIDA350 software simulator]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotekhnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniia*. 2011, no. 5, pp. 210-220.

9. Shelukhin O.I., Teniakshev A.M., Osin A.V. Modelirovanie informatsionnykh system [Simulation of information systems]. Moscow: Radiotekhnika, 2005. 368 p.

10. Kychkin A.V., Musikhina K.G., Razepina M.G. Issledovanie effektivnosti sozdaniia i vnedreniia sistemy energomenedzhmenta na promyshlennom predpriatii [Research of efficiency of creation and the system implementation of power management at the industrial enterprise]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Elektrotekhnika, informatsionnye tekhnologii, sistemy upravleniia*, 2014, no. 1 (9), pp. 66-79.

### Сведения об авторах

**Кычкин Алексей Владимирович** (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры микропроцессорных средств автоматизации Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com).

**Ерохин Александр Сергеевич** (Пермь, Россия) – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: alexandreroihin@gmail.com).

**Нерослов Сергей Вячеславович** (Пермь, Россия) – студент Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: neros10v@yandex.ru).

#### **About the authors**

**Kichkin Alexey Vladimirovich** (Perm, Russian Federation) is Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Automation Microprocessors Perm National Research Polytechnic University (614990, 29, Komsomolsky pr., Perm, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com).

**Erokhin Aleksandr Sergeevich** (Perm, Russian Federation) is a student Perm National Research Polytechnic University (614990, 29, Komsomolsky pr., Perm, e-mail: alexandreroihin@gmail.com).

**Neroslov Sergey Vyacheslavovich** (Perm, Russian Federation) is a student Perm National Research Polytechnic University (614990, 29, Komsomolsky pr., Perm, e-mail: neros10v@yandex.ru).

Получено 10.06.2014