

УДК 338.14

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ ВОЗМОЖНЫХ ЭКОНОМИЧЕСКИХ РИСКОВ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЙ НА АЭС

Коптелов М.В., Гусева А.И., Варданян А.А.

ФГАОУ «Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ,
Москва, e-mail: omoteo@yandex.ru

В данной статье рассматриваются вопросы, связанные с автоматизацией процессов на предприятии. Распространенные ранее документы в печатном виде в настоящее время уступают место электронным аналогам, с которыми работать гораздо проще и быстрее. Объемы информации порой настолько большие, что работать с ними вручную очень сложно. В статье представлено описание разработки базы данных для анализа возможных экономических рисков при возникновении нештатных ситуаций на атомных энергетических объектах России. Был проведен анализ предметной области и ее описание для разрабатываемой базы данных. Затем последовательно были разработаны концептуальная, логическая и физическая модели базы данных, созданы основные таблицы и связи, занесены данные в базу. АЭС подвержены возникновению нештатных ситуаций. Они могут приводить к остановкам блока, снижению его мощности. Наибольший интерес для анализа представляют ситуации, которые вызывают уменьшение выработки электроэнергии. Представлена формула для расчета убытков за счет неполной поставки электроэнергии на рынок. После этого рассчитаны соответствующие экономические риски.

Ключевые слова: атомная электростанция, база данных, нештатные ситуации, экономические риски

DEVELOPMENT OF THE DATABASE FOR ASSESSMENT OF POTENTIAL ECONOMIC RISKS IN CASE OF EMERGENCY SITUATION AT NUCLEAR POWER PLANTS

Koptelov M.V., Guseva A.I., Vardanyan A.A.

FSBEI «National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow, e-mail: omoteo@yandex.ru

This article describes issues related to the process automation in the enterprise. Formerly widespread printed documents are giving way to the electronic counterparts that are easier and faster to work with. Sometimes the volume of information is so large that working with it manually is too difficult. This article deals with the development of database for the analysis of the potential economic risks in an emergency situation at NPP in Russia. The subject area for the developed database was analyzed and presented. Conceptual, logical and physical database models were developed consistently. Basic tables and relationships were created. Data were entered into the database. NPPs are subject to emergencies. They may cause unit's shutdowns reducing its capacity. Situations that cause reduction in electricity generation exceptionally interesting for the analysis. A formula to calculate losses due to incomplete delivery of electricity to the market is presented in the article. Relevant economic risks are calculated.

Keywords: nuclear power plant, database, emergency situation, economic risks

Крупные компании зачастую работают с огромным, постоянно меняющимся и дополняющимся объемом информации, обработать который возможно лишь с помощью автоматизированных систем. Распространенные ранее отчеты, доклады и другие документы в печатном виде в настоящее время уступают место электронным аналогам, с которыми работать гораздо проще и быстрее. Но порой объемы информации настолько большие, что найти в них нужные данные вручную не представляется возможным. Именно поэтому на рынок информационных технологий активно выставляются программы, позволяющие классифицировать всю информацию по определенным параметрам, удобным пользователю, с быстрым поиском и возможностью корректировки в режиме реального времени.

Авторами была разработана база данных для анализа возможных экономических рисков при возникновении нештатных ситу-

аций на атомных энергетических объектах России. Данная база предназначена для облегчения анализа случающихся нештатных ситуаций и ускорения процесса принятия защитных мер, а также возможности оценки возможных финансовых убытков.

В целях повышения удобства использования разработанная база данных обладает следующими характеристиками: простой и наглядный доступ к имеющейся информации; возможность оперативного создания и редакции отчета; поиск и классификация отчетов по заданным параметрам; возможность оценки экономических рисков при возникновении нештатных ситуаций.

Анализ предметной области

Россия обладает технологией атомной электроэнергетики полного цикла от добычи урановых руд до выработки электроэнергии. На сегодняшний день в РФ эксплуатируются 10 атомных электростанций (в общей сложности 33 энергоблока

установленной мощностью 24,5 ГВт), которые вырабатывают около 17% всего производимого электричества. В табл. 1 приведены действующие АЭС в России.

В настоящее время данные о различных событиях на объектах приходят в виде справки в печатном виде, а затем оператором переводятся в электронный вид и заносятся в обобщающую отчетную таблицу. Такая

схема обработки данных не предполагает возможности быстрого поиска требуемой информации и соответственно удобного способа работы с данными. Тем более задача усложняется, когда требуется провести анализ по какому-либо отдельному типу нештатных ситуаций за прошедшие несколько лет. С целью решения подобных задач была поставлена актуальная задача разработки базы данных.

Таблица 1

Действующие АЭС России, блоки и типы реакторов

Название	Блоки и тип реакторов
Балаковская АЭС	Блоки № 1, 2, 3, 4 – ВВЭР-1000/320
Белоярская АЭС	Блок № 3 – БН-600
Билибинская АЭС	Блоки № 1, 2, 3, 4 – ЭГП-6
Калининская АЭС	Блоки № 1, 2 – ВВЭР-1000/338; Блоки № 3, 4 – ВВЭР-1000/320
Кольская АЭС	Блоки № 1, 2 – ВВЭР-440/230; Блоки № 3, 4 – ВВЭР-440/213
Курская АЭС	Блоки № 1, 2, 3, 4 – РБМК-1000
Ленинградская АЭС	Блоки № 1, 2, 3, 4 – РБМК-1000
Нововоронежская АЭС	Блоки № 3, 4 – ВВЭР-440/179; Блок № 5 – ВВЭР-1000/187
Ростовская АЭС	Блоки № 1, 2 – ВВЭР-1000/320
Смоленская АЭС	Блоки № 1, 2, 3 – РБМК-1000

Разработка модели базы данных

Проектирование баз данных начинается с создания трех моделей: концептуальной, логической и физической.

Понятие концептуальной модели данных связано с методологией семантически-

го моделирования данных, т.е. с представлением данных в контексте их взаимосвязей с другими данными. Предусматривает создание концептуальной модели данных, не зависящей от каких-либо физических характеристик.

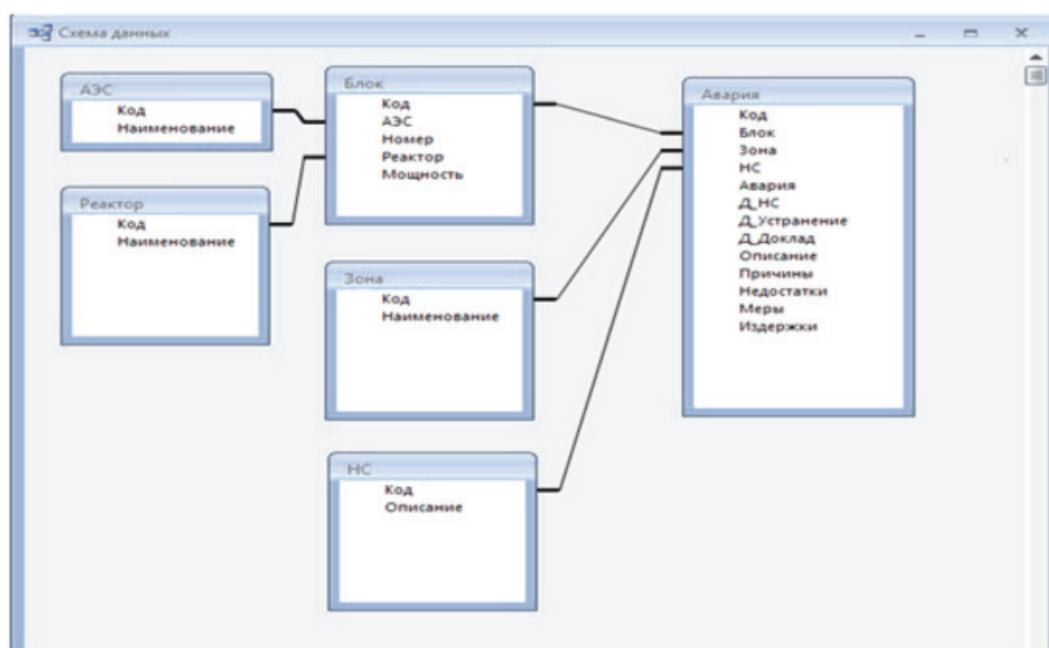


Рис. 1. Схема данных, отражающая концептуальную модель

Логическая модель базы предусматривает создание логической модели данных – концептуальная модель подвергается до-

работке посредством удаления элементов, которые не могут быть реализованы в реляционных системах. Реализовано 5 связей

типа «один-ко-многим». Таблицы привязаны друг к другу за счет уникальных одноименных полей.

На следующем этапе логическая модель данных преобразуется в физический проект, предназначенный для реализации в среде конкретной целевой СУБД. При этом анализируются

структуры хранения данных и методы доступа, необходимые для эффективной работы с базой данных, размещенной на внешних запоминающих устройствах. Таким образом, была создана физическая модель базы данных. Было создано 6 таблиц, позволивших полностью реализовать требования от базы.

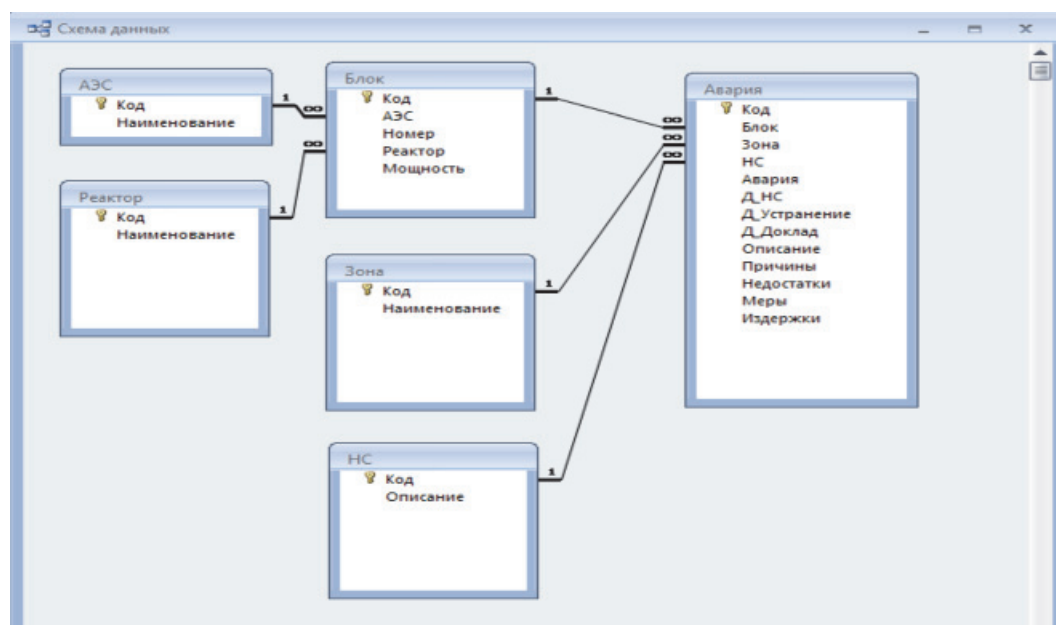


Рис. 2. Схема данных, отражающая логическую модель

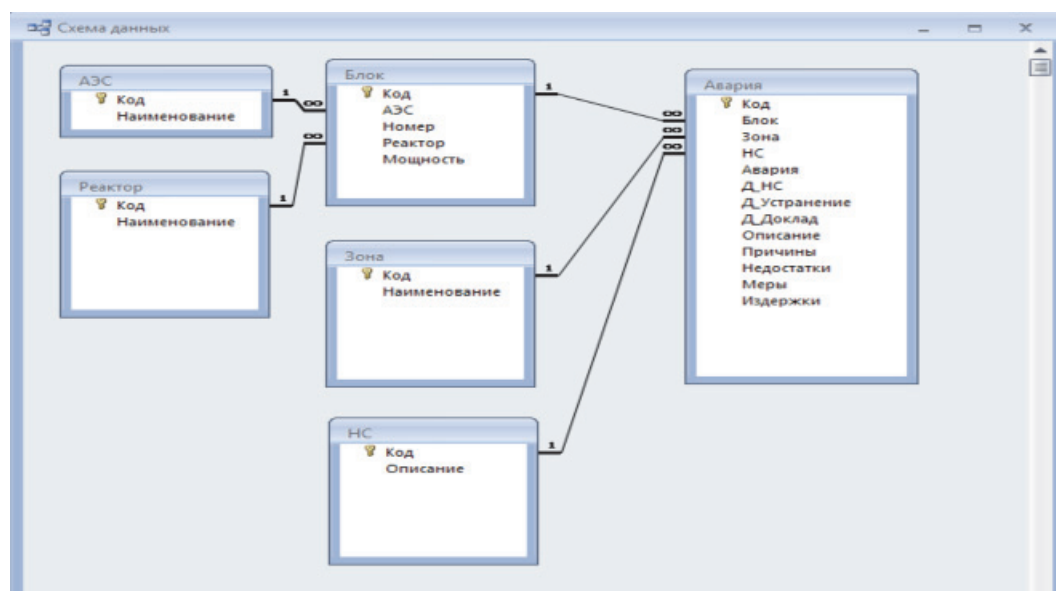


Рис. 3. Схема данных, отражающая физическую модель

Для создания базы данных было решено классифицировать все отчеты об авариях по категориям. В качестве категорий были выбраны следующие зоны: Активная зона (АЗ), Турбогенератор (ТГ), Электрооборудование (ЭО), Насосная система (НС), Па-

рогенератор (ПГ), Система пожаротушения (СП), Теплообменник (ТО). Далее каждая нештатная ситуация была классифицирована в одну из этих групп.

Для удобного занесения новых записей в базу данных и редактирования

существующих была создана специальная форма. Наполнение базы данными происходит при помощи использования этой формы. Данные автоматически заносятся во все связанные таблицы, что облегчает постоянную коррекцию и наполнение базы, а также исключает логические ошибки.

В настоящее время основным реактором российского производства является ВВЭР-

1000. Именно эти реакторы строятся по контрактам за рубежом. На территории РФ эксплуатируются 10 таких реакторов. Ниже приведена сводная таблица, отражающая количество нештатных ситуаций в работе этих реакторов в России за 2007–2010 гг. с разбивкой на зоны, в которых произошли нарушения. Подобные таблицы можно составить и для других типов реакторов.

Таблица 2

Нештатные ситуации на российских реакторах за 2007–2010 гг.

Зона	2007 г.	2008 г.	2009 г.	2010 г.
АЗ	3	1	1	3
ТГ	3	3	–	2
ЭО	2	8	–	1
НС	2	4	1	2
ПГ	1	–	2	2
СП	1	–	–	–
ТО	–	–	–	–
Итого	12	16	4	10

Никакие из этих нештатных ситуаций не привели к серьезным последствиям, однако из-за действия систем безопасности некоторые из этих нарушений приводили либо к снижению мощности, либо временной остановке блока.

Расчет экономических рисков

Экономический риск определяется как возможность (вероятность) потерь, возникающих при принятии и реализации экономических решений. Существуют внешние и внутренние причины возникновения риска, порожденные внешними условиями и внутренними факторами деятельности. Они могут изменять его, расширять или ограничивать его возможности. Изменения факторов внешней среды предприятия создают неопределенность его функционирования как субъекта рынка, и зачастую приходится принимать решения без достаточной информации о происходящем. К сожалению, эта неопределенность практически не зависит от самого предприятия и поэтому порождает риск его деятельности.

Электроэнергия, вырабатываемая на АЭС, в дальнейшем поступает на рынок электроэнергии и продается. Таким образом, операционная прибыль зависит от объема и регулярности поставок электроэнергии, а значит, и ее выработки. Атомные станции, как и любые сложные технологические объекты, в процессе эксплуатации неизбежно подвержены возникновению нештатных ситуаций. Такие ситуации могут приводить к остановкам блока, снижению его мощности либо проходить без помех для процесса выработки электроэнергии.

В базу данных заносятся все произошедшие ситуации, однако наибольший интерес для анализа представляют именно те, которые вызывают уменьшение энерговыработки.

Для расчета убытков за счет неполной поставки электроэнергии на рынок используется следующая формула:

$$Уб = C \cdot УР_{сн} \cdot W_{полн} \cdot T, \quad (1)$$

где $Уб$ – убыток [руб.]; C – цена на электроэнергию на конкретный день для конкретного объекта [руб./МВт·ч]; $УР_{сн}$ – уровень снижения мощности [%]; $W_{полн}$ – номинальная электрическая мощность блока [МВт]; T – количество часов простоя либо снижения мощности [ч].

Для примера произведем расчет для нештатной ситуации, произошедшей 04.05.2008 на блоке № 3 Балаковской АЭС (в целях избежания раскрытия служебной информации – приведены вымышленные данные).

Время фиксации нештатной ситуации – 04.05.2008 в 00:51, время вывода на нормальный уровень – 06.05.2007 в 01:06. При этом мощность блока снижена до 40% от номинальной. Таким образом, в первый день (04.05) длительность процесса T_1 составила 23,15 ч, во второй день (05.05) T_2 – 24 ч, а в третий (06.05) T_3 – 1,1 ч. После учитываются цены на продажу электроэнергии на каждый день для Балаковской АЭС – C_1 , C_2 и C_3 соответственно.

С помощью формулы (1) считаются убытки за каждый день, пока блок работал в режиме сниженной мощности:

$$Уб_1 \text{ (за 04.05)} = C_1 \cdot 0,6 \cdot 1025 \cdot 23,15;$$

$$Уб_2 \text{ (за 05.05)} = C_2 \cdot 0,6 \cdot 1025 \cdot 24;$$

Уб3 (за 06.05) = $C3 \cdot 0,6 \cdot 1025 \cdot 1,1$.

А общий убыток составил

Уб = Уб1 + Уб2 + Уб3 [руб.].

Таким образом, были рассчитаны убытки для каждой отдельной нештатной ситуации. Подсчет этих рисков вручную занимает достаточно много времени. Для удобства расчета убытков было создано приложение, в котором прописаны формулы и занесены соответствующие данные. Полученные величины убытков заносятся обратно в базу данных в специальное поле.

Заключение

Итак, в процессе работы был проведен анализ предметной области и выявлена актуальность данной разработки. Было выбрано средство программирования (СУБД), в которой создана база данных, а также проведено описание предметной области для разрабатываемой базы данных. Затем последовательно были разработаны концептуальная, логическая и физическая модели базы данных, созданы основные таблицы и связи. На следующем этапе данные были занесены в базу, и были рассчитаны экономические риски.

В итоге в случае возникновения нештатной ситуации пользователь может за достаточно короткий срок просмотреть похожие ситуации, которые случались ранее, оценить время и экономический риск данной ситуации. Быстрое реагирование на возникновение таких ситуаций способно привести к сокращению экономических потерь для объекта в целом. Это может достигаться, например, путем увеличения мощности соседних блоков на какой-то срок.

Список литературы

1. Абрамов М.А., Авдеев В.И., Адамов Е.О. Канальный ядерный энергетический реактор РБМК. – М.: ГУП НИКИЭТ, 2006. – 632 с.
2. База данных «Возможные экономические риски при возникновении экологических инцидентов на энергетических объектах» / А.И. Гусева, М.В. Коптелов, А.А. Варданян // М.: РОСПАТЕНТ, свидетельство о государственной регистрации базы данных РФ № 2013620630 от 21.05.2013 г.
3. Гусева А.И., Киреев В.С., Илюхин А.А., Цыплаков А.С., Иванов А.В., Кожин И.М. Информационно-образовательные ресурсы исследовательского университета // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2011. – № 6. – С. 72–78.

4. Гусева А.И., Киреев В.С., Тихомирова А.Н., Филиппов С.А., Цыплаков А.С. Информационно-образовательный портал для поддержки самостоятельной работы студентов исследовательского ядерного университета // Программные продукты и системы. – 2009. – № 3. – С. 57–62.

5. Коптелов М.В. Перспективы развития мирового рынка строительства АЭС // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4; URL: <http://www.science-education.ru/104-6615> (дата обращения: 14.11.2013).

6. Овчинников Ф.Я., Семёнов В.В. Эксплуатационные режимы водо-водяных энергетических реакторов. – 3 изд., пер. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 359 с.

7. Сидоренко В.А. Вопросы безопасной работы реакторов ВВЭР. – М.: Атомиздат, 1977. – 216 с.

8. Украинцев В.Ф. Эффекты реактивности в энергетических реакторах: учебное пособие. – Обнинск: ИАТЭ, 2000. – 60 с.

References

1. Abramov M.A., Avdeev V.I., Adamov E.O. Kanalnyy yadernyy energeticheskiy reaktor RBMK – GUP NIKIET, 2006, 632 p.
2. Database «Potential economic risks in case of environmental accidents at power plants» / Guseva A.I., Koptelov M.V., Vardanyan A.A. // M.: ROSPATENT, certificate of RF state registration of the database no.2013620630, 2013.
3. Guseva A.I., Kireev V.S., Ilukhin A.A., Tzuplakov A.S., Ivanov A.V., Kozhin I.M. Information – Educational Resources to Research University // Information-measuring and control systems, 2011, no. 6, pp. 72–78.
4. Guseva A.I., Kireev V.S., Tikhomirova A.N., Philippov S.A., Tziplakov A.S. Information-educational portal MEPIST of the research nuclear university // Software and Systems, 2009, no. 3, pp. 57–62.
5. Koptelov M.V. World construction NPP market progress outlook // Problems of modern science and education, 2012, no.4; URL: <http://www.science-education.ru/104-6615> (date of circulation: 14.11.2013).
6. Ovchinnikov F.Ya., Semyonov V.V. Ekspluatatsionnye rezhimy vodo-vodyanykh i energeticheskikh reaktorov. 3 izd., per. i dop. Energoatomizdat, 1988, 359 p.
7. Sidorenko V.A. Voprosy bezopasnoy raboty reaktorov VVER – Atomizdat, 1977, 216 p.
8. Ukraincev V.F. Effekty reaktivnosti v energeticheskikh reaktorakh: uchebnoe posobie IATE, 2000, 60 p.

Рецензенты:

Путилов А.В., д.т.н., профессор, декан факультета управления и экономики высоких технологий, Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, г. Москва;

Тупчиенко В.А., д.э.н., профессор кафедры «Управление бизнес-проектами», Национальный исследовательский ядерный университет МИФИ, г. Москва.

Работа поступила в редакцию 05.12.2013.