

11.2. ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ОБНОВЛЕНИЯ И МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФОНДОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Кумаритов А.М., д.т.н., профессор,
зав. кафедрой информационных систем в экономике;
Гаглоева И.Э., ассистент кафедры
информационные системы в экономике;
Джиоева И.А., ассистент кафедры
информационные системы в экономике

*Северо-Кавказский горно-металлургический
институт (государственный технологический
университет), PCO-Алания, г. Владикавказ*

В статье рассмотрен вопрос оптимизации управления активами в интеллектуальных электроэнергетических системах с активно-адаптивной сетью. Разработана функциональная модель процесса оценки состояния оборудования в интеллектуальной электрической системе с активно-адаптивной сетью. Сформулированы требования к системе поддержки принятия решений, выделены основные функции и задачи.

Одним из приоритетных направлений модернизации и инновационного развития электроэнергетики России является создание высоко интегрированных интеллектуальных системообразующих и распределительных электрических сетей нового поколения в Единой энергетической системе РФ [1].

В условиях перехода к интеллектуальной электроэнергетической системе с активно-адаптивной сетью (ИЭС ААС) одним из актуальных задач является оптимизация управления активами, который подразумевает переход к удаленному мониторингу производственных фондов в режиме реального времени, интегрированному в корпоративные системы управления, для совершенствования процессов эксплуатации, ремонтов и замены оборудования по его состоянию, и, как следствие, повышение надежности энергоснабжения и обеспечение снижения общесистемных затрат.

Развитая система обработки информации и баз данных резко увеличит возможности по оптимизации режимов работы и совершенствованию процессов обновления инфраструктуры, даст возможность принимать оптимальные решения, в том числе и эффективного распределения инвестиций.

Энергосистема на базе концепции ИЭС ААС подразумевает использование динамических данных, получаемых от оборудования и датчиков, в целях оптимизации пропускной способности сетей и снижения вероятностей аварий. Внедрение интеллектуальных систем поддержки принятия решений для оценки состояния производственных фондов позволит:

- предоставлять достоверную информацию о состоянии оборудования;
- минимизировать простаивающие и резервные мощности;

- сократить капитальные затраты и затраты на обслуживание;
- улучшить параметры наблюдаемости электроэнергетической сети;
- повысить надежность электроснабжения;
- предупредить и предотвратить возникновение штатных режимов;
- оперативно реагировать на происходящие изменения;
- обосновать целесообразность применяемых относительно инвестиций решений.

Переход к адаптивным технологиям связан с увеличением объема информации о состоянии электроэнергетических объектов. Для обеспечения сбора, анализа и последующей обработки этих данных, а также поддержки управленческих решений в части выработки рекомендаций по ремонту, модернизации или введению новых активов, обоснованности направления инвестиций в то или иное основное средство существует объективная необходимость в разработке системы поддержки принятия решений для оценки состояния производственных фондов и эффективности процесса их обновления. Она решит проблему управления отказами и контроля состояния оборудования энергообъектов в целом, ее частей и элементов с различными временными циклами для разных уровней управления. Важнейшим инструментом при создании подобных сложных информационных систем является системное моделирование.

Моделирование – основной метод исследований во всех областях знаний и научно-обоснованный метод оценок характеристик сложных систем, используемый для принятия решений в различных сферах инженерной деятельности [3, с. 5]. Выбор метода моделирования и необходимая детализация моделей существенно зависят от этапа разработки сложной системы. Применение методологии системного моделирования на стадии проектирования интеллектуальной системы принятия решений для оценки состояния оборудования электроэнергетических объектов позволяет четко обосновать и сформулировать требования к будущей системе, выделить основные функции и задачи, определить взаимосвязь ее элементов и разработать системный проект. На рис. 1 приведена функциональная модель, которая является основой содержательного представления системного моделирования процесса оценки состояния электроэнергетической инфраструктуры.

Согласно методологии structured analysis and design technique (**SADT**), процесс оценки состояния оборудования представляется в виде совокупности множества взаимосвязанных действий, работ, которые взаимодействуют между собой на основе определенных правил **W**, с учетом потребляемых информационных, человеческих и производственных ресурсов **L**, имеющих четко определенный вход **X** и не менее четко определенный выход **Y** [5, с. 4].

Проведенное исследование системы энергоснабжения Республики Северная Осетия – Алания (PCO-Алания) показывает, что существующие нормативные документы, государственные стандарты, правила вывода объектов в ремонт и из эксплуатации **W** устарели и требуют изменений, так как не отвечают требованиям интеллектуальных электрических сетей.

К ресурсам **L**, исполняющим процесс оценки состояния производственных фондов, относятся технические средства, программное обеспечение и персонал. Технические средства, применяемые в процессе принятия

решений, представляют собой сетевое обеспечение и вычислительную технику.



Рис. 1. Контекстная диаграмма описания процесса оценки состояния оборудования электроэнергетического объекта

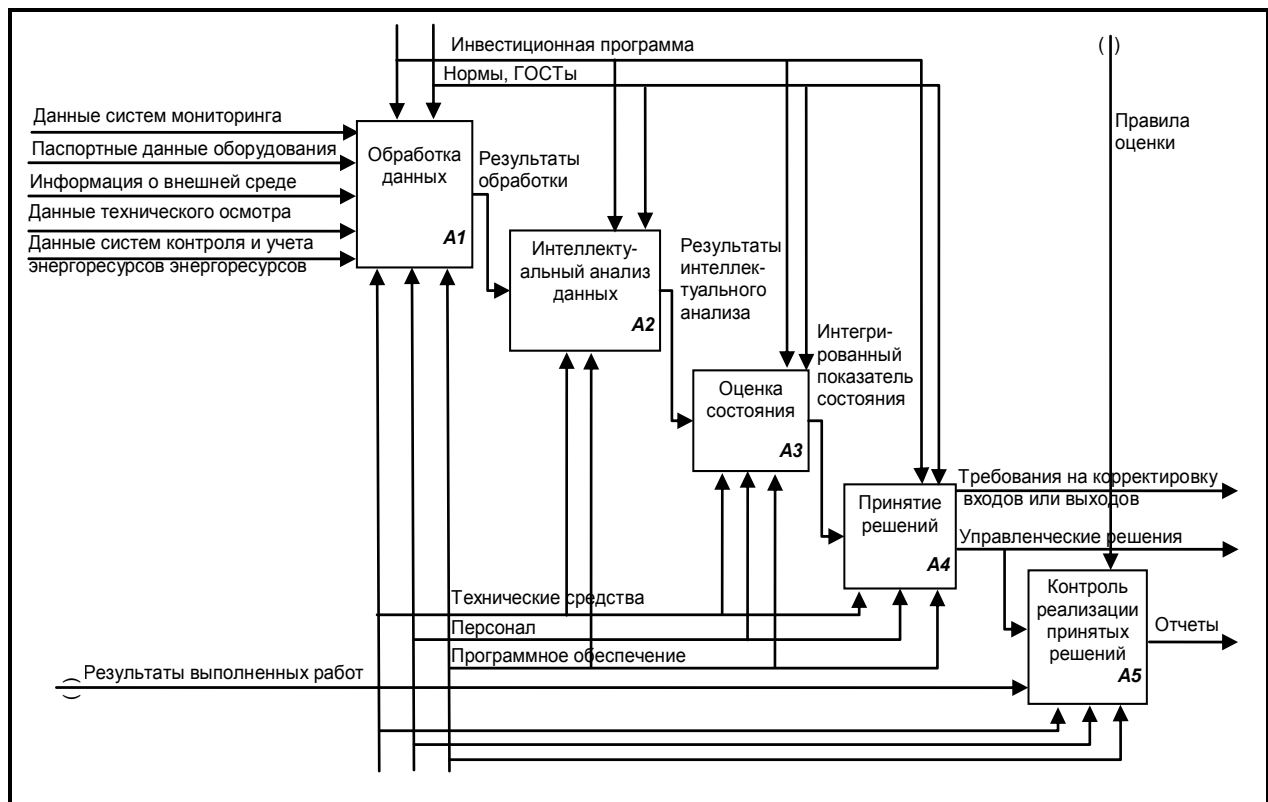


Рис. 2. Детализированная контекстная диаграмма процесса оценки состояния оборудования электроэнергетических объектов

Программное обеспечение – операционные системы, пакеты прикладных программ, среды моделирования, объектно-ориентированные языки программирования и т.д. В качестве персонала выступают различные под-

разделения, участвующие в процессе оценки технического состояния производственных фондов:

- руководители;
- операторы;
- администраторы баз данных;

- инженеры-расчетчики;
 - инженеры-программисты;
 - специалисты по техническому обслуживанию и ремонту и т.д.
- Функциональная модель на теоретико-множественном уровне может быть представлена в следующем виде:

$$F = \langle X, W, L, Y, T \rangle, \quad (1)$$

где

X – множество поступающих в систему данных из внешних систем (систем мониторинга, систем электронных паспортов основных средств, автоматизированных систем контроля и учёта энергоресурсов и т.д.);

W – множество нормативно-директивных документов, регламентирующие правила проведения работ по техническому обслуживанию, реконструкции и технологическому перевооружению;

L – множество программно-аппаратных и людских ресурсов для процесса оценки состояния электроэнергетического оборудования;

Y – множество результатов оценки технического состояния оборудования электроэнергетических объектов;

T – текущее время мониторинга состояния.

Основной процесс функциональной модели, представленной на рис. 1, декомпозируется и представляется в виде иерархии диаграмм (рис. 2). В его составе выделены следующие функциональные блоки:

- **A1** – обработка данных;
- **A2** – интеллектуальный анализ данных;
- **A3** – оценка состояния;
- **A4** – принятие решений;
- **A5** – контроль реализации принятия решений.

Функциональный блок **A1** представляет собой подсистему предварительной обработки потока данных, импортируемых из внешних источников (систем мониторинга, систем электронных паспортов основных средств, автоматизированных систем контроля и учёта энергоресурсов и т.д.), в форматы, подходящие для хранения и последующего анализа.

На рис. 3 изображена диаграмма, представляющая детализированное описание процесса обработки данных, на которой в качестве выполняемых функций отмечены:

- **A11** – очистка данных – исключение противоречий и случайных шумов из исходных данных;
- **A12** – интеграция данных – объединение данных из нескольких возможных источников в одном хранилище;
- **A13** – преобразование данных. На данном этапе данные преобразуются к форме, подходящей для анализа. Часто применяется агрегация данных, дискретизация атрибутов, сжатие данных и сокращение размерности [3, с.6];
- **A14** – сохранение данных.

Результаты обработки данных поступают в подсистему интеллектуального анализа, позволяющую выявить закономерности и тренды в больших объемах разнородной информации. Детализация блока **A2** представлена диаграммой, изображенной на рис. 4. В составе исходного процесса интеллектуального анализа данных выделены следующие подпроцессы:

- **A21** – контроль текущих значений;
- **A22** – выявление отклонений;
- **A23** – регистрация отклонений;
- **A24** – выявление закономерностей;
- **A25** – анализ исключений;
- **A26** – выявление трендов и колебаний;
- **A27** – анализ видов последствий;
- **A28** – прогнозирование развития процессов.

Далее результаты проведенного интеллектуального анализа поступают в подсистему оценки состояния оборудования, которая представлена следующими функциональными блоками (рис. 5):

- **A31** – определение нагрузочной способности;
- **A32** – определение коэффициента значимости объекта;
- **A33** – расчет интегрированного показателя.

На основе полученных показателей состояния формируется управленческое решение исходя из приоритетов обновления и модернизации оборудования с учетом заданных или планируемых объемов инвестиций.

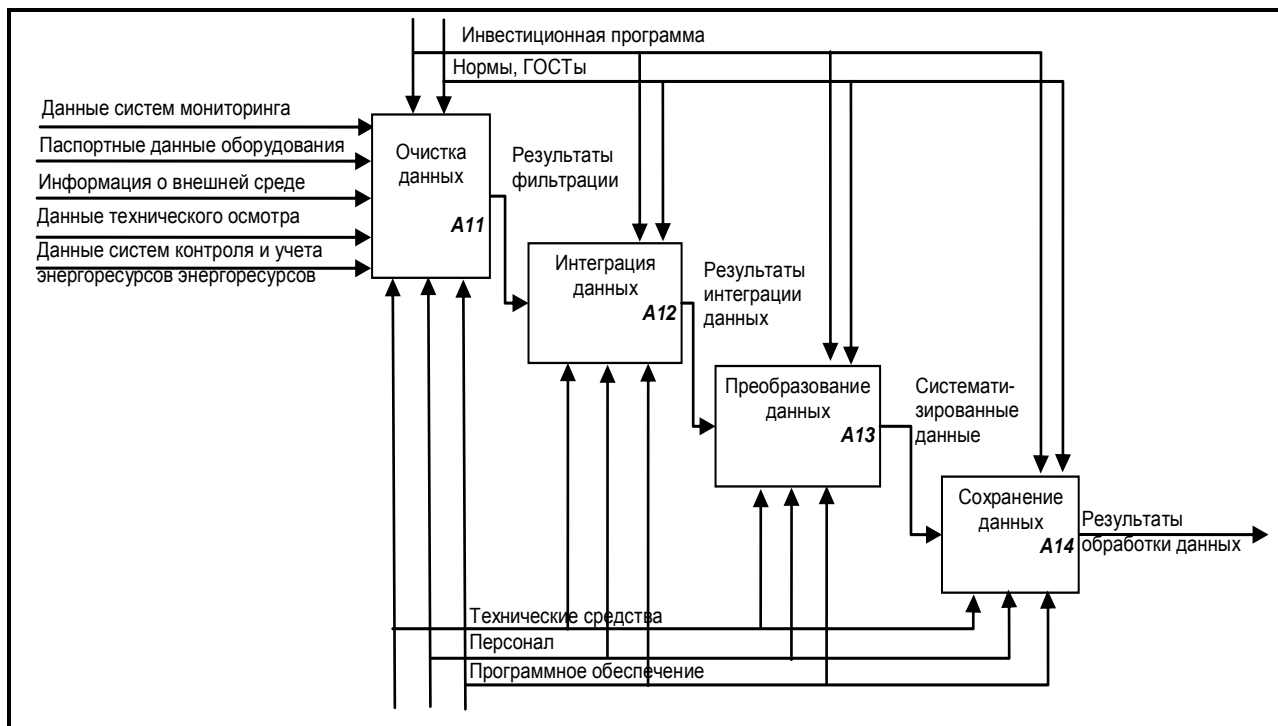


Рис. 3. Диаграмма декомпозиции процесса обработки данных

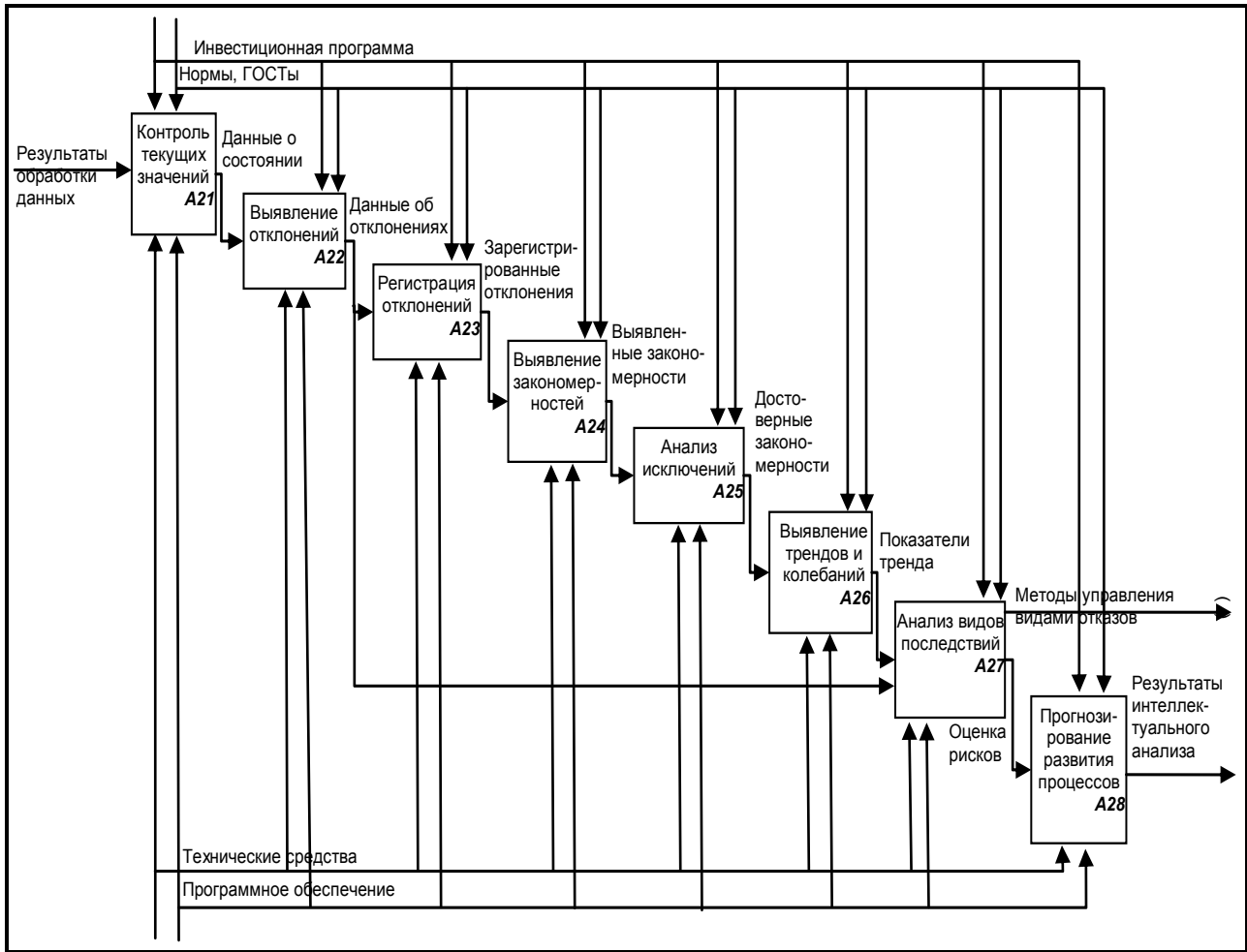


Рис. 4. Диаграмма декомпозиции процесса интеллектуального анализа данных

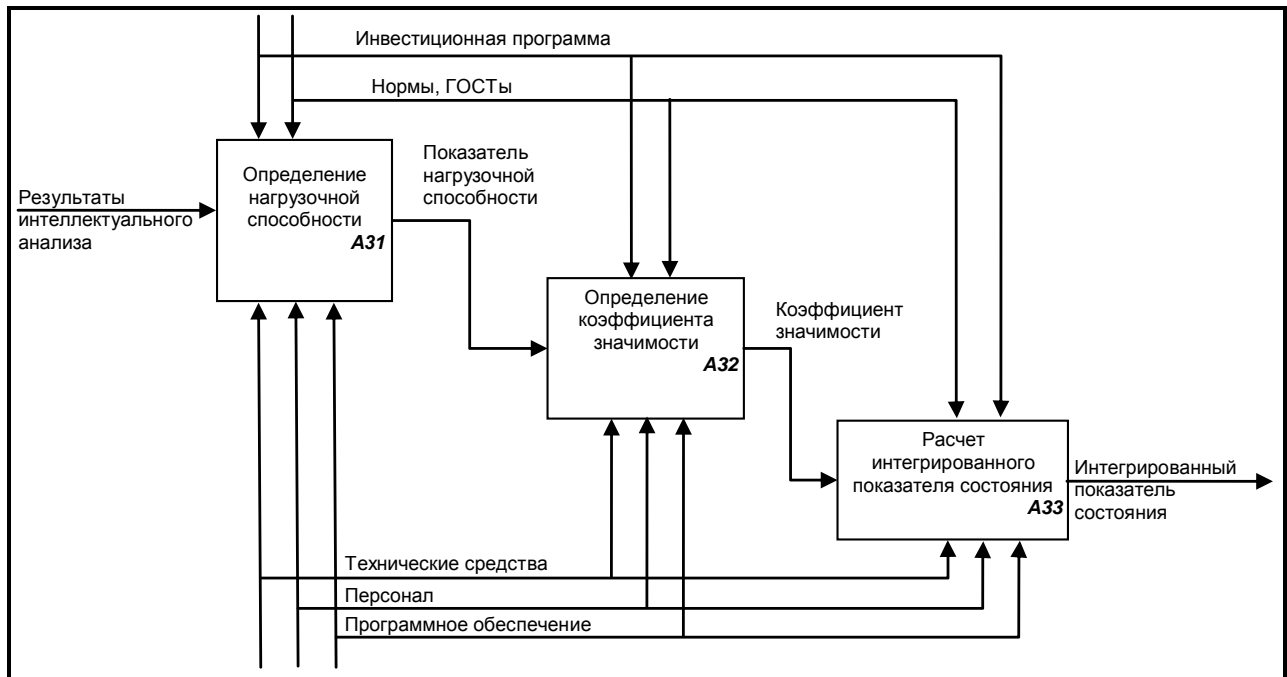


Рис. 5. Диаграмма декомпозиции процесса оценки состояния

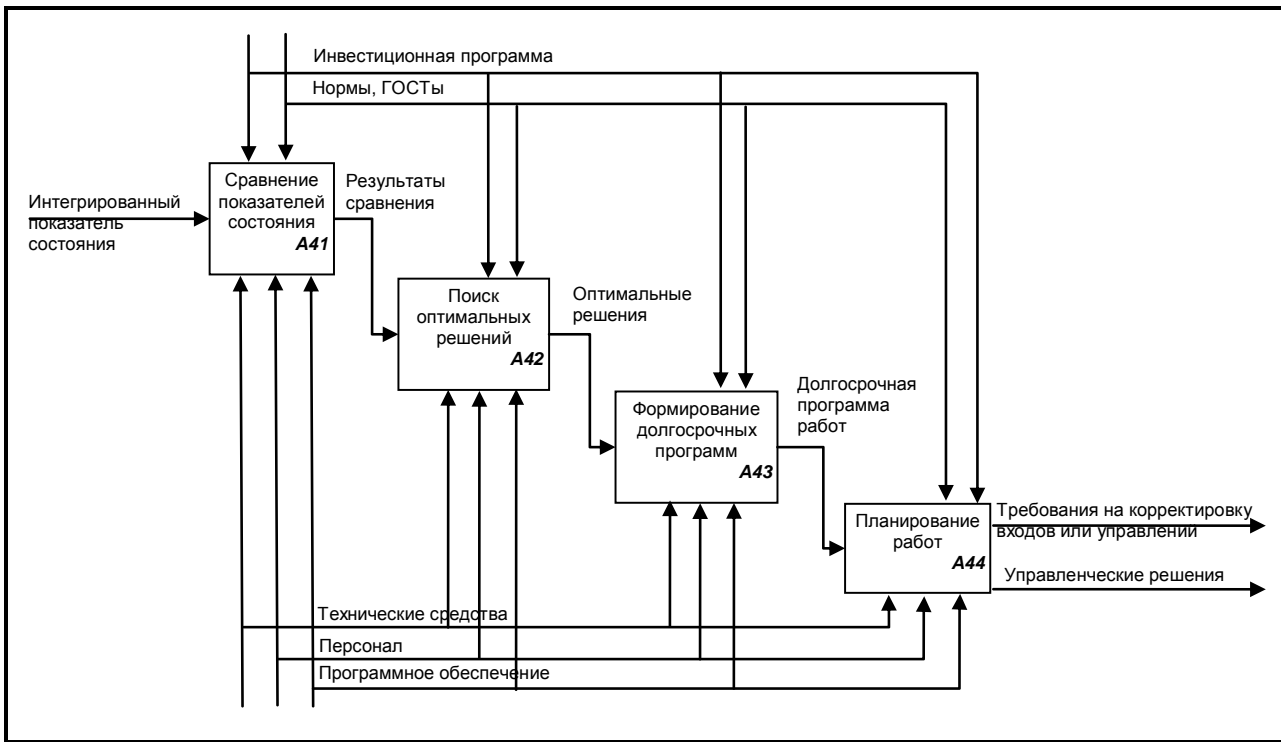


Рис. 6. Диаграмма декомпозиции процесса принятия решений

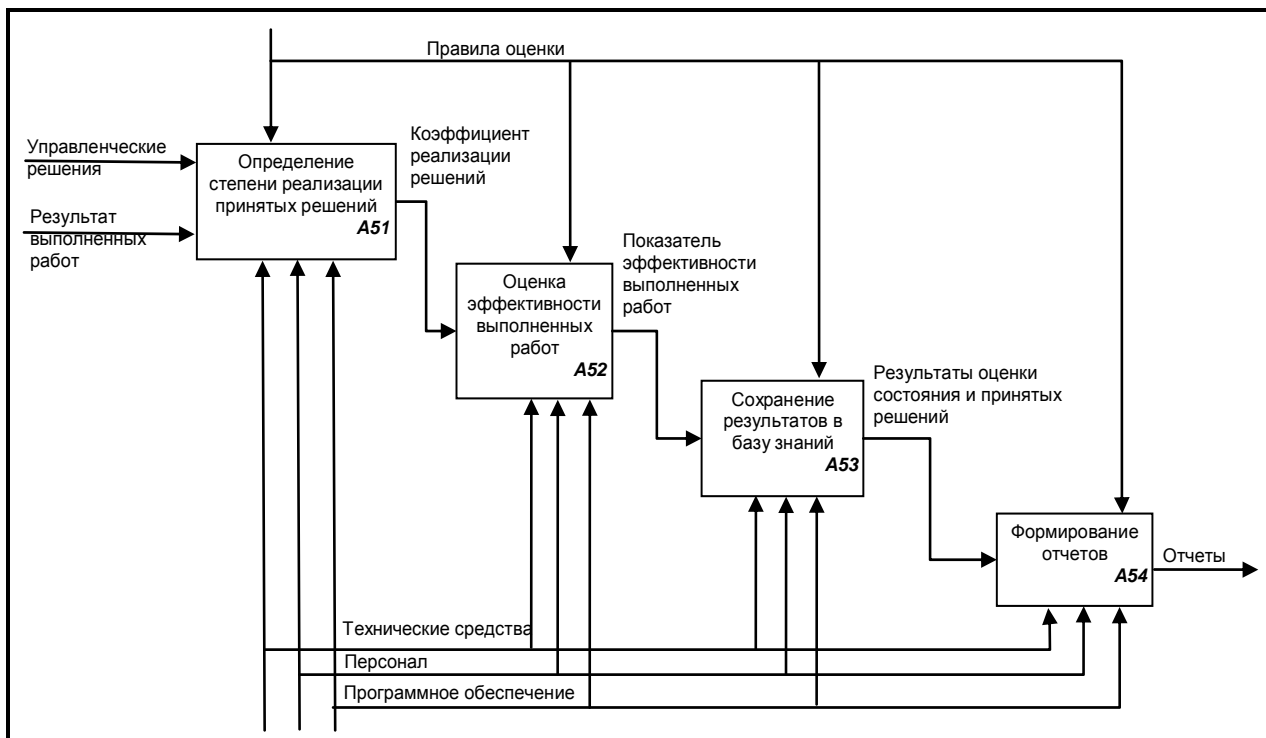


Рис. 7. Диаграмма декомпозиция функционального блока контроля реализации принятых решений

Декомпозиция функциональной модели принятия решений рассмотрена на рис. 6. Процесс принятия решений представлен взаимосвязью следующих функциональных блоков:

- **A41** – сравнение показателей состояния;
- **A42** – поиск оптимальных решений;
- **A43** – формирование долгосрочных программ;
- **A44** – формирование планов работ.

Для обеспечения контроля целевого расходования финансовых ресурсов, оценки выполняемых работ, а также эффективности выдаваемых системой рекомендаций для дальнейшего самообучения в проектируемой системе предусмотрен компонент контроля реализации принятых решений. Детализация данного блока приведена на рис. 7, этот процесс предполагает выполнение следующих функций:

- **A51** – определение степени реализации принятых решений;
- **A52** – оценка эффективности выполненных работ;
- **A53** – сохранение результатов в базу знаний;
- **A54** – формирование отчетов.

После произошедшей нештатной ситуации производится анализ принятых и непринятых решений, их последствий, выработка правил, и запись оптимальных решений в базу производственных правил [1, с. 9].

Контроль реализации принятых решений и выполненных мероприятий даст возможность понять правильность выбора:

- подсистем и критериев для оценки состояния оборудования;
- перечня контролируемых параметров;
- оповещений и рекомендаций.

Согласно предлагаемой методике модель оценки состояния оборудования электроэнергетических объектов постоянно совершенствуется, что позволяет рассчитывать показатель состояния основного средства с максимальной степенью достоверности и как следствие повысить эффективность распределения капитальных вложений при обновлении и модернизации инфраструктуры.

ВЫВОДЫ

Таким образом, была разработана функциональная модель процесса оценки состояния оборудования электроэнергетических объектов в рамках ИЭС ААС на основе технологии IDEF0, что позволило выделить основной спектр задач и сформулировать требования к их реализации в составе интеллектуальной системы поддержки принятия решений. Проектируемая система даст возможность предоставлять управленческому аппарату интеллектуальные средства оценки, анализа и прогнозирования состояния производственных фондов на основании комплексного учета различных факторов. На этой основе в подсистеме будет осуществляться выбор стратегий управления отказами, планирование и учет выполнения работ.

Литература

1. Энергетическая стратегия России на период до 2030 г. [Электронный ресурс] : утв. распоряжением Правительства РФ от 13 нояб. 2009 г. №1715-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Геловани В.Л. и др. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений в нештатных ситуациях с использованием информации о состоянии природной среды [Текст] / В.Л. Геловани, А.А. Башлыков, В.Б. Бритков, Е.Д. Вязилов. – М. : Эдиториал УРСС, 2001. – 304 с.
3. Советов Б.Я. Моделирование систем [Текст] : учеб. для вузов / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. шк., 2001. – 343 с.
4. Степанов Е.Т. Технология Data Mining : интеллектуальный анализ данных [Текст] : учеб. пособие / Р.Г. Степанов. – Казань : Из-во Казанского гос. ун-та, 2008. – 58 с.
5. Черемных С.В. и др. Моделирование и анализ систем. IDEF-технологии [Текст] : практикум / С.В. Черемных, И.О. Семенов, В.С. Ручкин. – М. : Финансы и статистика, 2006. – 192 с.

Кумаритов Алан Мелитонович

Гаглоева Индира Эдуардовна

Джиоева Инна Ахсаровна

Ключевые слова

Интеллектуальная сеть; система поддержки принятия решений; оценка состояния; системное моделирование; функциональная модель.

РЕЦЕНЗИЯ

В последнее время в Российской Федерации наблюдается растущий интерес к бурно развивающемуся в последнее десятилетие во всем мире направлению преобразования электроэнергетики на базе новой концепции, получившей название Smart Grid.

Новые условия функционирования электроэнергетики предопределили в большинстве развитых стран переход к модернизации электроэнергетики на базе инновационной организационно-технологической платформы Smart Grid. При этом модернизация подразумевает не просто восстановление основных производственных фондов, текущих и инвестиционных активов хозяйствующих субъектов всех звеньев электроэнергетики, но и обеспечение энергетической безопасности и эффективности.

Энергосистема и ее элементы должны постоянно поддерживать свое техническое состояние на уровне, обеспечивающем требуемые надежность и качество электроснабжения путем идентификации, анализа и перехода от управления по факту возникновения ситуации к превентивному ее появлению.

Самовосстанавливающаяся энергосистема должна максимально возможно минимизировать сбои с помощью систем сбора данных, реализующих специальные методы и алгоритмы поддержки и принятия решений. Поэтому представляется актуальной разработка функциональной модели процесса оценки состояния оборудования электроэнергетических объектов.

В статье сформулированы требования к системе принятия решений, выделены основные функции и задачи, определена взаимосвязь ее элементов.

Таким образом, очевидна актуальность и научно-практическая ценность представленной статьи. Считаю возможным рекомендовать ее к печати.

Хузмиев И.К., д.т.н., профессор, зав. кафедрой организации производства и экономики промышленности Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)»