

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/vol8-6.php>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/35TVN616.pdf>

DOI: 10.15862/35TVN616 (<http://dx.doi.org/10.15862/35TVN616>)

Статья опубликована 13.12.2016

Ссылка для цитирования этой статьи:

Массель А.Г., Рак В.А. Разработка методов интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике России и Беларуси при реализации угроз энергетической безопасности // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №6 (2016) <http://naukovedenie.ru/PDF/35TVN616.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ №15-07-01284, №15-07-04074 Бел_мол_a

УДК 519.711.2

Массель Алексей Геннадьевич

ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева», Россия, Иркутск¹
Старший научный сотрудник
Кандидат технических наук
E-mail: amassel@gmail.com

Рак Владимир Александрович

РНПУП «Институт энергетики НАНБ», Беларусь, Минск
Зав. сектором «Экономика энергетики»
E-mail: uladzimir.rak@gmail.com

Разработка методов интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике России и Беларуси при реализации угроз энергетической безопасности

Аннотация. В статье представлены результаты выполнения международного проекта, выполненного молодежными коллективами Института систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН (г. Иркутск) и Института энергетики Национальной академии наук Беларуси (г. Минск).

Рассматриваются предлагаемые методы и подходы, основными являются авторские оригинальных методов семантического моделирования, которые включают в себя методы когнитивного моделирования, методы оценки рисков чрезвычайных ситуаций в энергетике с использованием байесовских сетей доверия, методов событийного моделирования, а также методов ситуационной осведомленности и 3D-визуализации с использованием геосервисов.

Авторами определен состав методов и инструментальных средств поддержки принятия решений в условиях реализации угроз энергетической безопасности и разработаны методы построения и интеграции инструментальных средств семантического моделирования и ситуационной осведомленности, включающие:

¹ 664033, г. Иркутск, ул. Лермонтова 130

- 1) методы описания текущей и целевой ситуаций (состояния и взаимовлияния объектов энергетики, возможных угроз энергетической безопасности и превентивных мер для их предотвращения) с помощью онтологий;
- 2) методы моделирования вариантов развития экстремальных ситуаций в энергетике и возможных решений по их ликвидации с использованием когнитивных и событийных карт;
- 3) методы оценки последствий реализации угроз энергетической безопасности и целесообразности превентивных и ликвидационных мер и затрат на их осуществление, с использованием вероятностного моделирования на основе Байесовских сетей доверия.

Выполнена постановка содержательных энергетических задач, связанных с реализацией угроз энергетической безопасности России и ее регионов и задач, отражающих взаимовлияние энергетики России и Беларуси с учетом требований энергетической безопасности, одна из которых рассматривается в статье.

Предложен и применен алгоритм проведения исследований на основе двухуровневой информационной технологии с использованием авторской интеллектуальной ИТ-среды. Для апробации методики авторами моделировалось полное прекращение газоснабжения в Беларуси. Приведены расчёты, полученные в ходе вычислительного эксперимента.

Ключевые слова: поддержка принятия решений; энергетическая безопасность; двухуровневая информационная технология; интеллектуальная ИТ-среда

Введение

Проблема энергетической безопасности играет большую роль при определении стратегии развития энергетики России и Беларуси. Учитывая специфику энергетики России, определяемую во многом распределенностью и масштабами топливо-энергетического комплекса (ТЭК), подходы, используемые за рубежом, даже в наиболее близких по масштабам и природным условиям США и Канаде, не могут быть применены в России, в том числе по причинам различных организационно-экономических подходов [1]. В 2015-2016 гг. исследования в этой области выполняются в рамках совместного молодежного проекта при поддержке грантов РФФИ и НАН Беларуси. Фундаментальная научная проблема, на решение которой направлен проект, заключается в разработке методов интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике России и Беларуси при реализации угроз энергетической безопасности. Предлагаемые методы базируются на применении средств семантического моделирования. В статье рассматриваются современное состояние в данной области исследований, предлагаемый подход к решению поставленной проблемы и пример применения разработанных методов и инструментальных средств.

Продолжительное общее развитие в составе бывшего Советского Союза обусловило схожесть энергосистем России и Беларуси как с точки зрения элементов энергосистемы, так и с точки зрения взаимосвязей и принципов построения. Учитывая это обстоятельство, совместное выполнение данного проекта позволит избежать дублирования подобных исследований в двух странах, а также использовать результаты исследований и опыт, наработанный в России и Беларуси, для решения проблемы бесперебойного энергоснабжения потребителей. Более того, для реальной оценки рисков необходим анализ большого числа аварий или предаварийных ситуаций. При совместном выполнении проекта статистическая база различных угроз надежности энергоснабжения значительно возрастает. В коллективах, выполняющих проект, разработано и используется программное обеспечение разного уровня.

Многоагентный программный комплекс ИНТЭК-М (ИСЭМ СО РАН) [2] может использоваться для моделирования нештатных ситуаций в энергосистемах, которые несут угрозу надежности энергоснабжения, и анализа последствий принятия различных управляющих воздействий, направленных на возвращение энергосистемы в нормальный режим работы. Используемые в Институте энергетики НАН Беларуси программные продукты (MESSAGE, WASP и др.) [3] позволяют моделировать энергетику на уровне отдельных блоков электростанций. Возможности данных программных комплексов, объединенные единой методологией, могут органично дополнить друг друга при разработке предлагаемой двухуровневой технологии. Кроме того, авторы уже имеют опыт совместной работы в рамках интеграционного проекта СО РАН и НАН Беларуси, выполненный коллективами тех же организациями в 2012-2014 годах [4].

Предлагаемые методы и подходы

Предлагаемый проект основывается на применении методических основ построения информационных технологий в исследованиях энергетики, методов поддержки принятия решений, методов инженерии знаний, методов объектного подхода (анализ, проектирование, программирование), методов системного и прикладного программирования, методов проектирования баз данных и информационных систем, а также авторских методов семантического моделирования и ситуационного управления. В рамках проекта планируются разработка и развитие авторских оригинальных методов семантического моделирования, которые включают в себя методы когнитивного моделирования, методы оценки рисков чрезвычайных ситуаций в энергетике с использованием байесовских сетей доверия, методов событийного моделирования, а также методов ситуационной осведомленности и 3D-визуализации с использованием геосервисов.

Обоснование и принятие стратегических решений в настоящее время невозможно без средств поддержки принятия решений, все большее значение при этом имеет использование интеллектуальных методов поддержки. Отмечается актуальность нового направления, связанного с 3D-визуализацией, получившего название «ситуационная осведомленность». Понятие Situational Awareness сформировалось на рубеже 1990-х годов и связано в первую очередь с пионерными работами Mica R. Endsley (Мика Эндсли) [5]. Авторы рассматривают ситуационный анализ и ситуационное моделирование, как основные составляющие ситуационного управления в энергетике, базирующиеся на семантическом моделировании в энергетике, на примере исследований проблем энергетической безопасности.

Задачей ситуационного анализа является выявление параметров и существенных факторов, или «обстоятельств», определяющих ситуацию, взаимосвязей между факторами и степени их взаимовлияния. Под ситуацией понимается совокупность обстоятельств, определяющих внутреннее состояние объекта или системы, и обстоятельств, определяющих состояние окружающей среды по отношению к данному объекту или системе. Первые описываются параметрами, характеризующими состояние системы, вторые – условиями окружающей среды или существенными факторами, влияющими на развитие системы. Ситуационное моделирование заключается в моделировании ситуаций и перехода из одной ситуации в другую. Ситуационный анализ включает: анализ проблемных ситуаций (например, ЧС в энергетике); выявление путей разрешения проблемных ситуаций (альтернатив); определение критериев оценки альтернатив (например, экономических); анализ альтернатив; выбор и реализацию наилучшей альтернативы.

Учитывая, что наличие факторов неопределенности усложняет адекватную оценку состояния объекта и среды, предложено использовать семантические технологии

ситуационного анализа, к которым отнесены онтологическое, когнитивное и событийное моделирование, и моделирование с применением байесовских сетей доверия [6-8].

Методика ситуационного анализа (case-study) как исследовательский метод появилась более ста лет назад, исходя из потребностей практических социальных исследований, получила широкое распространение в 70-х – 80-х гг. прошлого века (Поспелов Д.А. (1971), Клыков Ю.И. (1974), С. О’Доннел, Г. Кунц (1981) и др.) и продолжала развиваться в 90-х гг. прошлого и начале этого столетия [9]. В настоящее время это направление активно развивается под эгидой Российской академии государственной службы при Президенте РФ (Данчул А.Н., Демидов Н.Н., Райков А.Н., Федулов Ю.Г. и др.). В проекте предполагается в качестве основных интеллектуальных методов ситуационного анализа использовать онтологическое, когнитивное и событийное моделирование.

Вопросы онтологического моделирования рассматривались в работах Т. Грубера (Gruber T), Н. Гуарино (Guarino N.) и др., в нашей стране - Гавриловой Т.А. [10], Калиниченко Л.А., Когаловского М.Р., Серебрякова В.А., Тузовского В.Ф., Ямпольского В.З. и др. В ИСЭМ СО РАН вопросы онтологического моделирования в энергетике развиваются в работах Массель Л.В., Ворожцовой Т.Н., Скрипкина С.К., Макагоновой Н.Н., Копайгородского А.Н.

Направление, связанное с событийным моделированием, основано и развивалось Л.Н. Столяровым [11] и его учениками (Новик К.В., Анисимов М.М. и др.). В качестве математического аппарата для описания событийных моделей используется одна из разновидностей алгебраических сетей – Joiner-сети. В ИСЭМ СО РАН вопросами событийного моделирования в энергетике занимался В.Л. Аршинский под руководством Л.В. Массель.

Основы когнитивного моделирования были разработаны в свое время Ван Хао (1956 г.), Р. Аксельродом (1976 г.) [12], Д.А. Поспеловым (1981 г.). Это направление получило свое развитие в работах Э.А. Трахтенгерца [13], и, в частности, активно развивается в Институте проблем управления РАН (Абрамова Н.А., Максимов В.И. и др.) для анализа влияний при управлении слабоструктурированными ситуациями.

Авторами проекта предлагается комплексное применение вышеперечисленных подходов в исследованиях проблем энергетической безопасности, в частности, для решения поставленных задач.

Проект выполняется молодежными коллективами Института систем энергетики СО РАН (ИСЭМ СО РАН) и Института энергетики НАН Беларуси.

Предпосылки выполнения проекта

В ИСЭМ СО РАН имеется существенный научный задел, полученный как в рамках базовых проектов СО РАН, так и проектов, поддержанных грантами РФФИ и Программы Президиума РАН. Имеется опыт создания информационных и интеллектуальных систем и программных комплексов, в том числе с архитектурой, управляемого онтологиями (ODA), мультиагентного программного комплекса ИНТЭК-М, Web-ориентированных программных комплексов. Разработан методический подход к созданию технологии интеллектуальной поддержки принятия решений в исследованиях и обеспечении энергетической безопасности. Реализован прототип интеллектуальной ИТ-среды, включающей инструментальные средства онтологического, когнитивного и событийного моделирования [14]. Предложена двухуровневая технология интеллектуальной поддержки исследований проблемы энергетической безопасности с использованием интеллектуальной ИТ-среды и ПК ИНТЭК-М, интегрирующая выполнение на первом уровне качественного анализа с использованием

интеллектуальной ИТ-среды, а на втором - количественного анализа, основанного на проведении многовариантных вычислительных экспериментов с использованием мультиагентного программного комплекса ИНТЭК-М (включая визуализацию результатов с использованием 3d-геомоделирования) [15].

Исполнители проекта из Института энергетики (ИЭ) НАН Беларуси участвовали в разработке Концепции энергетической безопасности Республики Беларусь и других документов, определяющих развитие топливно-энергетического комплекса Беларуси. В ИЭ НАН Беларуси имеется опыт моделирования развития энергетических систем с помощью программных комплексов MESSAGE, LEAP, ENPER и др. Авторы проекта являются сертифицированными пользователями данных программных продуктов. При выполнении работ в области энергетической безопасности и моделирования развития ТЭК за последние пять лет участниками проекта: создана электронная база данных по энергетической безопасности Беларуси; смоделировано развитие электроэнергетики Беларуси с учетом диверсификации поставок энергоносителей; выполнена работа по определению оптимальной структуры генерирующих мощностей белорусской энергосистемы с учетом экологических факторов; разработаны методологические основы и основные требования к созданию системы мониторинга энергетической безопасности Республики Беларусь. В ИЭ НАН Беларуси разрабатывается программный комплекс поддержки принятия решений в области энергетического планирования и мониторинга энергетической безопасности в рамках Государственной программы научных исследований «Энергобезопасность и надежность энергоснабжения» на 2011 – 2015 годы.

Конкретная фундаментальная задача в рамках проблемы, на решение которой направлен проект, заключается в разработке методов интеллектуальной поддержки принятия решений в условиях экстремальных ситуаций в энергетике, основанных на применении средств семантического моделирования. Для решения этой задачи предлагается концепция интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике России и Беларуси при реализации угроз энергетической безопасности, базирующаяся на понятиях семантического моделирования, ситуационной осведомленности и сетецентричности. Концепция включает: определение понятий семантического моделирования, ситуационной осведомленности и сетецентричности применительно к поставленной задаче; формирование требований к методам интеллектуальной поддержки принятия решений в условиях экстремальных ситуаций; определение состава методов и инструментальных средств поддержки принятия решений в условиях реализации угроз энергетической безопасности. Рассматривается возможность развития и применения ситуационного исчисления [16, 17].

Авторами определен состав методов и инструментальных средств поддержки принятия решений в условиях реализации угроз энергетической безопасности и разработаны методы построения и интеграции инструментальных средств семантического моделирования и ситуационной осведомленности, включающие: 1) методы описания текущей и целевой ситуаций (состояния и взаимовлияния объектов энергетики, возможных угроз энергетической безопасности и превентивных мер для их предотвращения) с помощью онтологий; 2) методы моделирования вариантов развития экстремальных ситуаций в энергетике и возможных решений по их ликвидации с использованием когнитивных и событийных карт; 3) методы оценки последствий реализации угроз энергетической безопасности и целесообразности превентивных и ликвидационных мер и затрат на их осуществление, с использованием вероятностного моделирования на основе Байесовских сетей доверия.

Выполнена постановка содержательных энергетических задач, связанных с реализацией угроз энергетической безопасности в России и Беларуси, а именно: постановка задач, связанных с реализацией угроз энергетической безопасности России и ее регионов и

задач, отражающих взаимовлияние энергетики России и Беларуси с учетом требований энергетической безопасности, одна из которых рассматривается ниже.

Разработанные методы и инструментальные средства

Целью совместной работы было исследование угрозы перебоев в газоснабжении, так как это наиболее вероятная угроза и последствия ее реализации наиболее сложно преодолеть. Для полномасштабного моделирования реального состояния энергетической безопасности список угроз должен быть значительно больше, и он будет касаться не только газоснабжения, но и других объектов энергетической системы Беларуси и России.

Был предложен следующий алгоритм проведения исследований на основе двухуровневой информационной технологии с использованием интеллектуальной ИТ-среды (рис. 1).

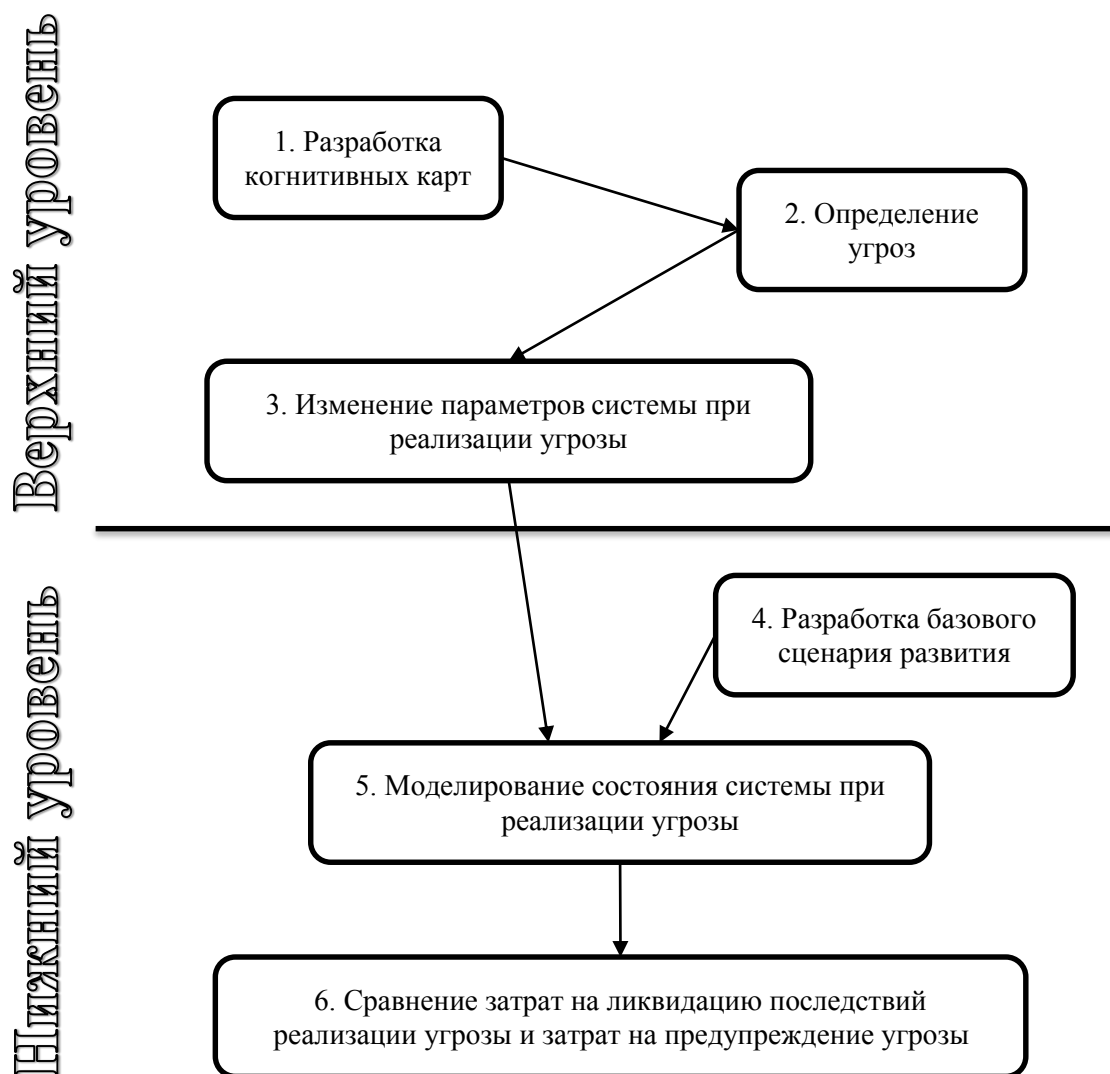


Рисунок 1. Алгоритм проведения исследований на основе двухуровневой информационной технологии с использованием интеллектуальной ИТ-среды (получено авторами)

На рисунке отражены основные этапы выполнения исследования при использовании двухуровневой технологии и интеллектуальной ИТ-среды.

1. Разработка одной или нескольких когнитивных карт, которые включают основные объекты энергосистемы и экономики страны. Для большей наглядности и понимания взаимосвязей между объектами энергетической системы, а также для более детальной проработки взаимосвязей между различными объектами возможно построение нескольких когнитивных карт. Энергосистему можно разделить на такие составляющие, как нефтеперерабатывающие заводы и электростанции, а экономику можно разделить на сектора. Разработка когнитивных карт выполнена с помощью программы CogMap, разработанной ИСЭМ СО РАН. Данная программа проста в использовании и, хотя не выполняет никаких расчетных функций, представляет взаимосвязи в энергосистеме.

2. Оценка энергетической безопасности на верхнем уровне – определение угроз, которые могут нарушить нормальное функционирование того или иного объекта, а также нарушить связи между объектами. В результате составляется список всех возможных угроз энергетической безопасности, из большого списка угроз определяются наиболее актуальные, учет которых наиболее важен при разработке мер по повышению энергетической безопасности региона.

3. Параллельно со вторым этапом могут проводиться работы на нижнем уровне. Для выбранных программных инструментов на этом этапе подготавливаются исходные данные, и разрабатывается прогноз на будущий период. Этот прогноз подразумевает нормальное развитие энергетики при условии, что ни одна из угроз не была реализована.

4. Определяется изменение параметров объектов энергетической системы, на которых предполагается реализация угрозы. На этом расчетные работы на верхнем уровне заканчиваются. Состояние системы, список угроз и параметры, изменяющиеся в результате реализации угроз, переносятся на нижний уровень.

5. На нижнем уровне предложенные экспертом негативные воздействия рассчитываются с помощью программных комплексов. В результате получается количественная оценка изменения параметров энергетической системы и значений индикаторов энергетической безопасности. Далее рассчитываются затраты, необходимые для компенсации негативных последствий от предполагаемых событий.

6. На последнем этапе выполняется сравнение ресурсов, которые необходимо затратить на ликвидацию последствий с ресурсами, которые необходимо затратить на предупреждение того же события. Далее следует принимать решение о целесообразности выполнения упреждающих мероприятий.

Используемые в настоящей работе технологии были применены для оценки энергетической безопасности Беларуси впервые.

На рис. 2 представлена когнитивная карта нормально работающей системы газо- и нефтеснабжения. Для апробации методики моделировалось полное прекращение газоснабжения. Данная угроза может реализоваться по различным причинам. Она может произойти либо на объекте «Добыча газа» (прекращение подачи газа поставляющей организацией) либо на объекте «Транспорт» (прекращение транспортировки).

Для моделирования работы энергосистемы при ограничениях на снабжение природным газом были просчитаны следующие сценарии:

Базовый сценарий – сохранение газоснабжения в полном объеме.

Отсутствие газоснабжения энергосистемы на протяжении года с первоочередным обеспечением технологических нужд промышленности – весь газ из газохранилищ используется на нетопливные нужды и обеспечение конечных потребителей. Энергосистема работает без использования газа.

Отсутствие газоснабжения энергосистемы на протяжении года с первоочередным обеспечением технологических нужд энергосистемы - весь газ из газохранилищ используется на энергетических установках.

Отсутствие газоснабжения энергосистемы на протяжении месяца и первоочередное обеспечение технологических нужд промышленности (обеспечение нетопливных потребностей экономики и конечного потребления, остальной газ из хранилищ используется на нужды энергосистемы).

Отсутствие газоснабжения энергосистемы на протяжении месяца с первоочередным обеспечением технологических нужд энергосистемы – весь газ из хранилищ используется на нужды энергосистемы.

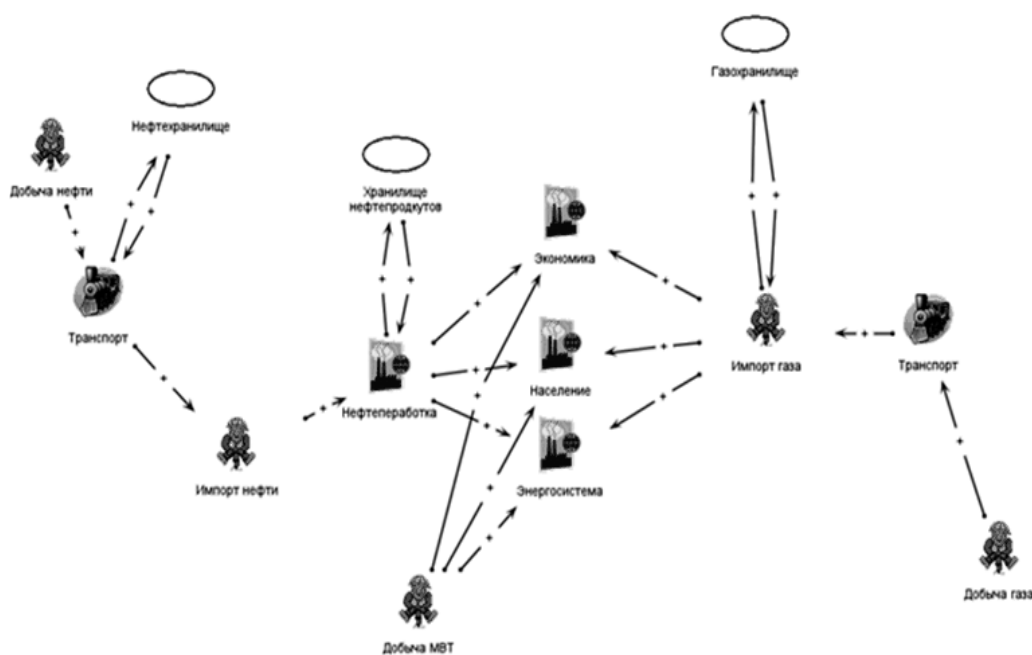


Рисунок 2. Пример когнитивной карты нормально работающей системы газо- и нефтеснабжения (получено авторами)

Моделирование энергосистемы на этапе количественного анализа выполнялось белорусскими коллегами с помощью имеющейся у них программы MESSAGE. Полученные результаты показали, что обеспечение нормального функционирования экономики в сценарии «Отсутствие газоснабжения энергосистемы на протяжении года с первоочередным обеспечением технологических нужд промышленности» невозможно. Это связано с тем, что определённая доля энергетических установок на предприятиях, обеспечивающих только потребности предприятий, не имеет резервного топлива. Поэтому прекращение выработки электрической и тепловой энергии на них не может компенсироваться выработкой на энергоблоках объединенной энергосистемы.

Аналогичный результат был получен и при моделировании сценария «Отсутствие газоснабжения энергосистемы на протяжении года с первоочередным обеспечением технологических нужд энергосистемы – весь газ из газохранилищ используется в энергосистеме». Даже при наличии возможности использования в энергетических целях всего газа из газохранилищ энергосистема не сможет работать на протяжении года. В данном расчете не учитывалось сокращение потребления электрической и тепловой энергии на предприятиях, которые используют газ в технологических нуждах. С другой стороны,

вырастет потребление электроэнергии со стороны населения, которое потеряет возможность использования природного газа в быту (для обогрева жилищ и приготовления пищи).

В случае реализации сценария «Отсутствие газоснабжения энергосистемы на протяжении месяца с первоочередным обеспечением технологических нужд энергосистемы» программа смогла смоделировать режим работы энергосистемы, что позволило определить действия для преодоления последствий данной угрозы. Объем газа для потребления был определен на уровне 970 млн. м³, а потребление мазута составит 443 тыс. т у.т. или 323 тыс. тонн.

При моделировании последнего предложенного сценария «Отсутствие газоснабжения энергосистемы на протяжении месяца с первоочередным обеспечением технологических нужд промышленности» объемы потребления газа в данном сценарии сократятся до 451 млн. м³, потребление мазута вырастет до 1044 тыс. т у.т. или 761 тыс. тонн.

Приведенные анализ и расчет параметров работы энергосистемы при отсутствии газоснабжения с различным распределением имеющихся запасов газа между отраслями экономики показали, что существующая система газоснабжения не позволяет Белорусской энергосистеме работать продолжительное время (порядка года) без газоснабжения. Временной период, на протяжении которого возможна работа энергосистемы без газоснабжения с обеспечением энергией конечных потребителей, может быть определен итерационным путем. Задача определения данного периода в выполняемом проекте не ставилась, однако при оценке энергетической безопасности такая работа, безусловно, должна быть проведена.

При прекращении или ограничении объемов поставок природного газа для нужд энергосистемы он будет заменен, по возможности, резервным топливом. Для Белорусской энергосистемы таким топливом является мазут, который производится на предприятиях нефтехимического комплекса Республики. Повышение спроса на мазут со стороны энергосистемы не может не сказаться на режимах работы предприятий данного комплекса.

Рассмотрим работу нефтехимического комплекса в условиях увеличения спроса на нефтепродукты, а именно на мазут. В 2010 г. в балансе производства-потребления мазута объем экспорта составил 4916 тыс. т у.т. в год или в среднем 409 тыс. т у.т. в месяц. Таким образом, прекращение экспорта позволит обеспечить 92% нужды энергосистемы в резервном топливе. Кроме того, в данном расчете не учитывался объем существующих резервов мазута на станциях энергосистемы и на нефтеперерабатывающих заводах. Для определения данного резерва требуются дополнительные исследования, хотя можно дать оценку, что только прекращение экспорта и небольшое наращивание импорта мазута смогут компенсировать последствия отсутствия поставок газа на протяжении месяца.

В случае реализации сценария «Отсутствие газоснабжения энергосистемы на протяжении месяца с первоочередным обеспечением технологических нужд промышленности» объем резервного топлива должен возрасти до 1044 тыс. т у.т. в месяц. Аналогично предыдущему сценарию 409 тыс. т у.т. возможно будет компенсировать с помощью прекращения экспорта. Дополнительно требуется произвести или импортировать в данном случае 635 тыс. т у.т. в месяц. При импорте всего данного объема и перевозке мазута восьмиосными цистернами (грузоподъемность 120 тонн) необходимо будет поставить 3871 цистерн в месяц или около 129 цистерн в день, что возможно сделать тремя составами. Пропускная способность белорусских железных дорог позволяет пропустить данный объем мазута из любой соседней страны. Основные параметры рассмотренных сценариев приведены в таблице 1 [18].

Полученные результаты исследования показывают, что предложенная методика может быть использована для учета разработки полного списка угроз энергетической безопасности и для оценки последствий реализации каждой из угроз. Расчет параметров состояния энергосистемы при реализации каждой угрозы позволит разработать план действий и предложить мероприятия, которые позволят сократить негативные последствия реализации угроз. Так как взаимосвязь энергетики и экономики очень тесная, то необходимо будет использовать данные о макроэкономической ситуации государства. Применение данного подхода позволит определять набор индикаторов и рассчитывать их пороговые уровни. Полученные результаты были переданы белорусскими коллегами в Правительство Беларуси.

Таблица 1

**Таблица сравнения параметров энергосистемы при реализации угрозы
«Прекращение газоснабжения» (получено авторами)**

| № | Название | Продолжительность отсутствия газоснабжения | Объем доступного газа для энергосистемы, м ³ | Потребление резервного топлива (мазута), т |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| 1 | Базовый сценарий | - | 15 857 | |
| 2 | Отсутствие газоснабжения энергосистемы на протяжении года с первоочередным обеспечением технологических нужд промышленности | Год | 0 | Работа энергосистемы невозможна |
| 3 | Отсутствие газоснабжения энергосистемы на протяжении года с первоочередным обеспечением технологических нужд энергосистемы. | Год | 0 | Работа энергосистемы невозможна |
| 4 | Отсутствие газоснабжения энергосистемы на протяжении месяца и первоочередное обеспечение технологических нужд промышленности | Месяц | 970 | 323 |
| 5 | Отсутствие газоснабжения энергосистемы на протяжении месяца с первоочередным обеспечением технологических нужд энергосистемы | Месяц | 451 | 761 |

Заключение

В статье рассмотрена разработка методов интеллектуальной поддержки принятия решений в энергетике России и Беларуси при реализации угроз энергетической безопасности, которая осуществляется в рамках международного проекта РФФИ и БРФИ. Данные методы базируются на семантическом моделировании в энергетике. Авторами определен состав методов и инструментальных средств поддержки принятия решений в условиях реализации угроз энергетической безопасности и разработаны методы построения и интеграции инструментальных средств семантического моделирования и ситуационной осведомленности. В ходе работы были рассмотрены основные задачи проекта. Описан алгоритм проведения исследований на основе двухуровневой информационной технологии с использованием интеллектуальной ИТ-среды. Для апробации методики авторами моделировалось полное прекращение газоснабжения в Беларуси. Приводятся расчёты, полученные в ходе вычислительного эксперимента.

ЛИТЕРАТУРА

1. Энергетическая безопасность России / В.В. Бушуев, Н.И. Воропай, А.М. Мастепанов, Ю.К. Шафраник и др. Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1998. 302 с.
2. Фартышев Д.А. Разработка многоагентного ПК ИНТЭК-М для исследований проблемы энергетической безопасности / Программные продукты и системы. № 3. 2010. С. 126-129.
3. Быкова Е.В., Михалевич А.А., Постолатий В.М., Фисенко С.П., Шнип А.И., Римко Д.В., Гродецкий М.В. Методические подходы к решению проблемы энергетической безопасности Молдовы и Беларуси. Серия «Энергетическая безопасность» (книга 5). Кишинев. 2010. 100 с.
4. Массель Л.В., Михалевич А.А., Массель А.Г., Римко Д.В., Рак В.А. Интеллектуальная поддержка принятия решений при определении стратегии развития энергетики России и Беларуси с позиций энергетической безопасности / Вестник ИргТУ. №1 (72). - 2013. С. 12-17.
5. Mica R. Endsley, Daniel J. Garland, Situationawareness: analysisandmeasurement, LawrenceErlbaumAssociates, 2000, ISBN 0805821341, 9780805821345.
6. Макагонова Н.Н., Массель А.Г. Возможности применения ситуационного анализа при исследовании проблемы энергетической безопасности // Информационные и математические технологии в науке и управлении / Труды XIII Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Том 2. Иркутск: ИСЭМ СО РАН. 2008. С. 236-240.
7. Массель Л.В., Массель А.Г. Семантические технологии на основе интеграции онтологического, когнитивного и событийного моделирования / Материалы III международной научно-технической конференции «OSTIS-2013». Беларусь, Минск: БГУИР. 2013. С. 247-250.
8. Massel L.V., Arshinsky V.L., Massel A.G. Intelligent computing on the basis of cognitive and event modeling and its application in energy security studies // International Journal of Energy Optimization and Engineering. Special issue on: Mathematical and heuristic modeling and optimization of energy systems. №3 (1). 2014. Pp. 83-91.
9. Поспелов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. М. Наука. 1986. 288 с.
10. Гаврилова Т.А., Кудрявцев Д.В., Муромцев Д.И. Инженерия знаний. Модели и методы. – СПб.: Издательство «Лань», 2016. – 324 с.
11. Столяров Л.Н. Философия событийного моделирования на примере сценария энергетической катастрофы // Международная конференция «Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе»: труды. Украина. Гурзуф. 2010. С. 197-200.
12. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites – Princeton: University Press, 1976.
13. Трахтенгерц Э.А. Компьютерная поддержка принятия решений. М.: СИНТЕГ. 1998. 376 с.

14. Массель А.Г. Методологический подход к организации интеллектуальной поддержки исследований проблемы энергетической безопасности / «Информационные технологии». №9. 2010. С. 32-36.
15. Аршинский В.Л., Массель А.Г., Сендеров С.М. Информационная технология интеллектуальной поддержки исследований проблем энергетической безопасности / Вестник ИрГТУ. №7 (47). 2010. С. 8-11.
16. Russel S., Norvig P. Artificial Intelligence. A Modern Approach. Second Edition. By Pearson Education, Inc., 2003. (Рассел С., Норvig П. Искусственный интеллект: современный подход. 2-е изд. Пер. с англ. М.: Изд. Дом «Вильямс». 2006. 1407 с.).
17. Pednault E.P.D. ADL: Exploring the middle ground between STRIPS and the situation calculus. В трудах 1-st Int. Conf. on Principles of Knowledge Representation and Reasoning. 1989. Pp. 324-332.
18. Рак В.А., Сосинович В.В., Малько М.В., Михалевич А.А. Применение двухуровневой интеллектуально-инструментальной среды для оценки энергетической безопасности. Информационные и математические технологии в науке и управлении / Труды XIX Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Часть III. Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2014. С. 81-87.

Massel Aleksei Gennadievich

Melentiev energy systems institute, Russia, Irkutsk
E-mail: amassel@gmail.com

Rak Vladimir Aleksandrovich

Energy institute of the national academy of sciences of Belarus, Belarus, Minsk
E-mail: uladimir.rak@gmail.com

Development of intelligent methods to support decision-making in the energy sector of Russia and Belarus in the implementation of energy security threats

Abstract. The article presents the results of the international project, performed by youth groups of Melentyev Energy Systems Institute SB RAS (Irkutsk) and Energy Institute of the National Academy of Sciences of Belarus (Minsk).

It's considered the proposed methods and approaches, the main are the author original methods of semantic modeling, which include methods of cognitive modeling, methods of assessing of emergency situations risks in the energy sector using the Bayesian belief networks, event simulation methods, as well as methods of situational awareness and 3D-vizualization using geoservices.

The authors determined the composition of methods and tools of decision support in conditions of realization of energy security threats and developed methods of construction and integration of the tools of the semantic modeling and situational awareness, including:

- 1) the methods for description of the current and target situations (status and interaction of energy facilities, possible threats to energy security and preventive measures to prevent them) by means of ontologies;
- 2) the techniques using cognitive and event cards for modeling of extreme situations in the energy sector and possible solutions to eliminate them;
- 3) methods for assessing of the implications of energy security threats and feasibility of prevention and liquidation measures and the cost of their implementation, with the use of probabilistic modeling based on Bayesian belief networks.

Substantial energy problems are formulated which connected with the implementation of threats to Russia's energy security and its regions and objectives, reflecting the interaction of Russia and Belarus taking into account the requirements of energy security, one of this tasks is considered in the article.

The algorithm of such research is proposed and applied. It based on a two-tier information technology using author intelligent IT environment. To test the methodology the authors modeled the complete cessation of gas supplies to Belarus. Results calculations obtained in the numerical experiment are shown.

Keywords: decision support; energy security is a two-tier information technology; intelligent IT environment

REFERENCES

1. Energy security of Russia / V.V. Bushuyev, N.I. Voropai, A.M. Mastepanov, J.K. Shafranik etc. - Novosibirsk. Science. RAS Siberian Publishing House, 1998. 302 p. (in Russian).
2. Fartyshev D.A. The development of multi-agent computer INTEK-M for studies energy security / Software products and systems. №3. 2010. Pp. 126-129. (in Russian).
3. Bykov E.V., Mikhalevich A.A., Postolati V.M., Fissenko S.P., Shnip A.I., Rimko D.V., Grodetsky M.V. Methodological approaches to solving the problems of energy security of Moldova and Belarus. A series of "Energy Security" (Book 5). Chisinau, 2010, 100 p. (in Russian).
4. Massel L.V., Mikhalevich A.A., Massel A.G., Rimko D.V., Rak V.A. Intelligent decision support when determining the development strategy of Russia and Belarus with the energy position of energy security / Bulletin IrGTU. - №1 (72). 2013. Pp. 12-17. (in Russian).
5. Mica R. Endsley, Daniel J. Garland, Situation awareness: analysis and measurement, Lawrence Erlbaum Associates, 2000, ISBN 0805821341, 9780805821345.
6. Makagonova N.N., Massel A.G. Possible applications of situational analysis in the study of energy security // Information and mathematical technologies in science and management / Proceedings of XIII Baikal Russian conference "Information and mathematical technologies in science and management." Vol. 2. Irkutsk: MESI SB RAS. 2008. Pp. 236-240. (in Russian).
7. Massel L.V., Massel A.G. Semantic technology based on the integration of ontological, cognitive, and event simulation / Proceedings of the III International Scientific and Technical Conference «OSTIS-2013". Belarus, Minsk BSUIR, 2013. Pp. 247-250. (in Russian).
8. Massel L.V., Arshinsky V.L., Massel A.G. Intelligent computing on the basis of cognitive and event modeling and its application in energy security studies // International Journal of Energy Optimization and Engineering. Special issue on: Mathematical and heuristic modeling and optimization of energy systems. №3 (1). 2014. Pp. 83-91.
9. Pospelov D.A. Situation management. Theory and practice. Moscow. Science. 1986. 284 p. (in Russian).
10. Gavrilova T.A., Kudrjavzev D.V., Muromzev D.I. Knowledge Engineering. Models and Methods. Sankt-Petersburg. By "Lan". 2016. 324 p.
11. Stoljarov L.N. The philosophy of event modeling by the example of the emergency scenario in energy sector. International Conference "Information Technologies in science, education, telecommunications and business": Proceedings. Ukraine. Gurzuf. 2010. Pp. 197-200 (in Russian).
12. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites – Princeton: University Press, 1976.
13. Trahtengerc E.A. Computer support of decision-making. Moscow: SINTEG. 1998. 376 p. (in Russian).

14. Massel A.G. The methodological approach to intellectual research support energy security / "Information Technology". №9. 2010. Pp. 32-36. (in Russian).
15. Arshinsky V.L., Massel A.G., Senderov S.M. Information technology intellectual support energy security research issues / Bulletin of Irkutsk State Technical University. №7 (47). 2010. Pp. 8-11. (in Russian).
16. Russel S., Norvig P. Artificial Intelligence. A Modern Approach. Second Edition. By Pearson Education, Inc., 2003. 1407 p.
17. Pednault E.P.D. ADL: Exploring the middle ground between STRIPS and the situation calculus. В трудах 1-st Int. Conf. on Principles of Knowledge Representation and Reasoning. 1989. Pp. 324-332.
18. Rak V.A., Sosinovich V.V., Malkov M.V., Mikhalevich A.A. The use of a two-level intellectual tool environment to assess energy security. Information and mathematical technologies in science and management / Proceedings of the XIX Baikal Russian conference "Information and mathematical technologies in science and management". Part III. Irkutsk: MESI SB RAS, 2014. Pp. 81-87 (in Russian).