

Smart Grid – концепция, заинтересованные стороны и отраслевые решения

Smart Grid - concept, stakeholders, and industry solutions

УДК 338

Борреманс А.Д.

ассистент Высшей школы управления и бизнеса Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого
e-mail: alissa.dugorn@gmail.com

Borremans A.D.

Assistant of Graduate School of Business and Management Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

Лепехин А.А.

ассистент Высшей школы управления и бизнеса Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого
e-mail: lepekhinaalexander@gmail.com

Lepekhin A.A.

Assistant of Graduate School of Business and Management Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University
e-mail: lepekhinaalexander@gmail.com

Ильин И.В.

профессор Высшей школы управления и бизнеса Санкт-Петербургского политехнического университета Петра Великого
e-mail: lepekhinaalexander@gmail.com

Ilin I.V.

Professor of Graduate School of Business and Management Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда
(проект № 19-18-00452)*

The reported study was funded by RSCF according to the research project № 19-18-00452

Аннотация

В течение прошлого столетия мировой спрос на электроэнергию увеличивался, что привело к увеличению числа электростанций и связанной с ними инфраструктуры. Наряду с этим возрос спрос на модернизацию и автоматизацию электрических сетей. В различных отраслях, в том числе в сфере производства энергии, появились различные промышленные тенденции, связанные с цифровизацией и интеграцией, что привело к созданию концепции Smart Grid. Smart Grid – это интеллектуальная сеть, которая расширяет систему распределения и транспортировки электроэнергии для оптимизации

текущих операций и открывает новые рынки для альтернативной энергетики. Smart Grid обладает различными свойствами, такими как использование цифровых технологий и технологий мониторинга, управление спросом, интеграция интеллектуальных приборов учета и потребительских устройств, предоставление потребителям информации и возможностей управления в реальном времени. Smart Grid – это комплексная концепция, которая была проанализирована с точки зрения сложности реализации. Ключевыми компонентами этой концепции являются технологические и организационные аспекты. Технологическая сложность включает производство компонентов, техническую реализацию сетей, надежность и безопасность, а также конфиденциальность информации. В то же время организационная сложность связана с интересами большого числа различных заинтересованных сторон и их целями. Все эти моменты усложняют внедрение технологии и создание единой потенциальной структуры реализации. В этом исследовании рассматривается технология Smart Grid и её применение в различных отраслях для последующей разработки фреймворка её реализации и внедрения на основе всемирного стандарта архитектуры предприятия.

Ключевые слова: Smart Grid, умная сеть электроснабжения, электричество, архитектура предприятия, ADM, фреймворк реализации и внедрения.

Abstract

Throughout the last century, global demand for electricity increased, resulting in a growing number of power plants and related infrastructure. Along with this, the demand for modernization and automation of electric networks has risen. Different industrial trends, such as digitalization and integration emerged in various industries, including energy production, result in the creation of the Smart Grid concept. Smart Grid is a term for an intelligent network that extends the distribution and transport system of electricity to optimize ongoing operations and opening new markets for alternative energy. The Smart Grid has different properties, such as increased use of digital and monitoring technologies, demand management, integration of smart metering devices and consumer devices, providing consumers with real time information and management capabilities. Smart Grid is a complex concept, which has to be analyzed for the point of implementation complexity. The key components of this implementation complexity have the technology and the organizational cores. Technological complexity includes component production, technical implementation of networks, reliability and security, and privacy. At the same time, organizational complexity is associated with the interests of a huge number of different stakeholders and their goals. All these points complicate the implementation of technology and the creation of a unified potential implementation framework. This research paper addresses the Smart Grid technology and its application in order to create comprehensive understanding and develop this implementation framework based on world-wide standard of Enterprise Architecture.

Keywords: Smart Grid, electricity, Enterprise Architecture, ADM, implementation framework.

Введение

Во многих странах компании, связанные с энергетической отраслью, находятся в процессе реформации. Продолжающиеся процессы слияний, поглощений и изменений в структуре управления, границах сферы деятельности и территориальном присутствии вынуждают многие бывшие монополии искать новые бизнес-модели [1–12]. Задачи компаний и их бизнес-процессы неизбежно меняются. Происходят технологические изменения, необходимые для удовлетворения текущих потребностей развития отрасли. Более того, все эти изменения варьируются в зависимости от местоположения и вида деятельности энергетических компаний, но инновации неизбежно приведут к трансформации всей сферы коммунальных услуг [13].

Одной из основных тенденций, влияющих на развитие информационных систем в энергетике, является концепция Smart Grid [14].

Энергетические компании сталкиваются с необходимостью введения новых стандартов эксплуатации и технического обслуживания для постоянного улучшения баланса между надежностью производства энергии и затратами. Другая ключевая задача в энергетическом секторе – это техническое обслуживание и ремонт. Это связано с большим количеством частей оборудования, распределенных на больших площадях и требующих постоянного мониторинга и ремонта [15]. Консолидация информации о состоянии оборудования в единой системе управления с возможностью его оперативного предоставления различным потребителям на местах позволяет сократить время простоя при ремонте, снизить затраты на запасные части и материалы, оптимизировать логистику и загруженность персонала. Потребители также являются не менее важной движущей силой этих изменений [3-16]. Существует тенденция перехода от процессно-ориентированного подхода к подходу, ориентированному на клиента. Повышение требований потребителей к уровню обслуживания неизбежно приводит к расширению спектра услуг, предоставляемых энергокомпаниями [17].

Цель исследования

Цель данной работы заключается в анализе основных тенденций развития и исследования концепции Smart Grid, а также потенциал для реализации этой концепции в рамках Industry 4.0 на основе целей и потребностей ключевых заинтересованных сторон в различных отраслях.

Методологическая база исследований

Информационно-технологическое обеспечение бизнес-процессов организации является одним из ключевых компонентов цифровизации организаций практически в любой отрасли.

С точки зрения Министерства энергетики США, в Smart Grid заложены следующие атрибуты:

- 1) способность к самовосстановлению после перебоев в подаче электроэнергии;
- 2) возможность активного участия в работе сети потребителей;
- 3) устойчивость сети к физическому и кибер-вторжению злоумышленников;
- 4) обеспечение требуемого качества передаваемой электроэнергии;
- 5) обеспечение синхронной работы источников генерации и узлов накопления энергии;
- 6) появление новых высокотехнологичных продуктов и рынков;
- 7) повышение эффективности энергосистемы в целом [18].

Кроме того, по данным Европейской комиссии, занимающейся разработкой технологической платформы в области энергетики, Smart Grid можно охарактеризовать следующими аспектами функционирования:

1. Гибкость. Сеть должна адаптироваться к потребностям потребителей электроэнергии.
2. Доступность. Сеть должна быть доступна для новых пользователей.
3. Надежность. Сеть должна гарантировать безопасность и качество электроснабжения в соответствии с требованиями цифрового века.
4. Рентабельность. Наиболее ценными должны быть инновационные технологии в построении Smart Grid вместе с эффективным управлением и регулированием сети [19].

В дополнение к решению проблем снижения негативного влияния на окружающую среду, сокращения нехватки энергии за счет использования возобновляемых источников энергии, повышения качества и надежности энергосистемы, концепция Smart Grid имеет еще один очень важный аспект: Smart Grid является катализатором экономического восстановления. Реализация этой концепции будет включать развитие инновационных технологий, расширение производства высокоинтеллектуальных продуктов, более

интенсивное использование электрической энергии в транспортной инфраструктуре, развитие новых рыночных отношений с вовлечением потребителей в энергетический сектор в качестве активных игроков рынка [20].

В соответствии с концепцией Smart Grid, среди приоритетных направлений развития ИТ в энергетике на ближайшие годы можно выделить:

1. Широкое внедрение интеллектуальных измерительных инструментов – интеллектуальных счетчиков с функцией дистанционного управления нагрузкой измерительных преобразователей со стандартными интерфейсами связи и протоколами (включая беспроводные), которые соответствуют стандартам информационной безопасности.
2. Установка на каждом крупном объекте, подключенном к электросети (жилой район, офисный центр, завод и т.д.), современных автоматизированных информационно-измерительных систем, работающих в режиме реального времени.
3. Создание широкой сети интегрированных коммуникаций на основе разнообразных линий связи.
4. Внедрение автоматизированных систем (АС) управления производственной деятельностью в энергетических компаниях.
5. Создание интегрированных интерфейсов управления производством для автоматического обмена данными с АС других участников рынка. При этом должны быть определены биржевые протоколы и стандарты информационной безопасности для всех категорий участников рынка [21].

Облачные платформы, используемые для сбора данных от подключенных элементов Smart Grid и сквозной оптимизации управления сеткой, можно разделить на два типа: интеграционные, используемые в основном для сбора данных и реализации наиболее востребованных задач мониторинга, в частности, автоматического обнаружения отключений потребителей и случаев кражи электроэнергии. И аналитические, используемые для оптимизации прогнозного управления энергосистемой в режиме реального времени, в том числе для управления программами типа «запрос-ответ» и средствами распределенной генерации [22].

Одним из ключевых направлений повышения энергоэффективности является оснащение потребителей современными системами учета электроэнергии. Основными категориями потребителей приборов учета электроэнергии являются:

- 1) индивидуальные дома и квартиры;
- 2) многоквартирные жилые дома;
- 3) объекты электроэнергетической инфраструктуры;
- 4) коммерческая недвижимость;
- 5) промышленные объекты;
- 6) объекты государственного сектора [23].

Оснащение потребителей приборами учета природного газа так же является важной областью повышения энергоэффективности в сфере жилищно-коммунального хозяйства, промышленности и коммерческого сектора. Перспективы развития рынка решений для интеллектуального учета электроэнергии определяются довольно широким спектром факторов, среди которых:

- 1) уровень внедрения приборов учета современных типов, позволяющих использовать их в многоуровневых диспетчерских системах;
- 2) динамика объемов нового жилищного и коммерческого строительства;
- 3) динамика объема капитального ремонта многоквартирного жилого фонда;
- 4) стоимость технологических решений в области интеллектуального учета;
- 5) уровень тарифов на энергоресурсы.

Упрощенная модель Smart Grid, учитывающая использование информационных и коммуникационных технологий (ИКТ), состоит из пяти поддоменов, которые

рассматриваются на трех разных уровнях: услуги / приложения, связь, оборудование. Каждый из этих трех уровней охватывает один или несколько поддоменов:

- 1) электроснабжение (генерация, передача, распределение);
- 2) измерительные приборы;
- 3) клиентский поддомен (интеллектуальные устройства, электрооборудование, локальные сети и т.д.);
- 4) сеть связи;
- 5) поддомен поставщика услуг (операторы, поставщики услуг, рынок услуг и т.д.).

Далее система имеет пять интерфейсов, которые будут описаны:

- 1) интерфейс 1 – между поддоменом электропитания и сетями связи; обеспечивает обмен информацией и служебными сигналами между устройствами в поддоменах;
- 2) интерфейс 2 – между субдоменом измерительного прибора и сетью связи (оператор связи); позволяет обмениваться измерительной информацией с пользователями (субдомен пользователя) через оператора связи и с поставщиками услуг;
- 3) интерфейс 3 – между пользовательским поддоменом и сетью связи; обеспечивает взаимодействие между операторами связи и поставщиками услуг в поддомене поставщика услуг и устройствами в пользовательском поддомене;
- 4) интерфейс 4 – между поддоменом поставщиков услуг и сетью связи; позволяет обмениваться данными со службами / приложениями в поддомене поставщиков услуг для управления другими доменами;
- 5) интерфейс 5 – между поддоменом измерительного прибора и поддоменом пользователя через интерфейс ESI, в частности, взаимодействие измерительных приборов и пользовательского оборудования [24].

Smart Grid является одним из компонентов глобальной концепции Industry 4.0. В парадигме «Индустрия 4.0» видение будущего развития производства охватывает следующие области: новые продукты и услуги с новой добавленной стоимостью, новые модели предприятий, современный промышленный дизайн, новые технологии производства, инфраструктура и образование, система исследований и разработок. Данная концепция объединяет цифровые технологии и физические объекты, создавая принципиально новую область научной и практической деятельности, которая оказывает существенное влияние на экономику различных рынков, меняет основные процессы предприятий и жизненные циклы продуктов, а также является триггером для создания новых бизнес-моделей и систем требований к компетенциям специалистов. Изначально термин «Индустрия 4.0» появился как часть процесса развития производства и создания концепции «Умный завод». Сфера применения этого термина со временем изменилась, и появились такие понятия, как «Умный город», «Умная логистика», «Умный дом», «Умный транспорт» и др. [25, 26]. Все эти термины возникли в результате разработки и внедрения системы датчиков, которые сделали физические объекты частью информационного пространства предприятий. Это также означает создание интегрированной экосистемы компаний, способных взаимодействовать в одном пространстве и обмениваться необходимыми данными в режиме реального времени, создавая максимальную ценность для конечного пользователя, а также делая процесс доставки этой стоимости более управляемым и прозрачным. Новые концепции в большей мере основаны на постулатах передовой промышленной инженерии, где основным принципом является концепция цифровой фабрики и цифровизации в целом. Такие технологии, как виртуальный дизайн, цифровая фабрика, аддитивное производство или быстрое создание прототипов, соответствуют современным концепциям. Применяются новые материалы, акцент делается на интеллектуальные системы. В то же время цифровая фабрика всё чаще начинает использовать возобновляемые источники энергии как часть автономного источника питания в дополнение к источнику, предоставляемому внешней интеллектуальной сетью [14 27]. Таким образом, Smart Grid является неотъемлемой частью мировых тенденций в области цифровизации. Практическая реализация этой

технологии должна быть связана с определенной группой заинтересованных сторон, которая должна быть изучена.

Основные результаты исследований

В основе постановки целей для создания и развития корпоративной архитектуры практически в любой отрасли лежат определенные движущие силы (драйверы), вытекающие из требований заинтересованных сторон к системе управления, которые появляются на основе требований всех вовлеченных сторон. Вся система мотивации, требований и ограничений при создании и развитии архитектуры предприятия отражается в модели мотивационного расширения. Мотивационное расширение предназначено для дополнительного структурированного моделирования факторов, целей и задач, влияющих на организацию в контексте ее развития. Используя методологию, предложенную Ланкхорстом для построения мотивационной концепции, необходимо, прежде всего, выявить ключевые заинтересованные стороны в реализации технологий Smart Grid [28]. Это позволит нам определить и более точно сформулировать цели реализации этой концепции, а также сформулировать цели в анализе каждой группы заинтересованных сторон.

Для реализации концепции Smart Grid были определены следующие группы заинтересованных сторон:

- 1) энергетические компании;
- 2) потребители энергии;
- 3) правительства и регуляторы энергетической отрасли [29].

Каждая из описанных групп заинтересованных сторон может иметь свой собственный набор целей, которые впоследствии определяют внедрение технологий Smart Grid.

Для энергетических компаний основными целями развития технологий Smart Grid являются:

- 1) снижение потерь энергии;
- 2) повышение своевременности и полноты оплаты потребляемых энергоресурсов;
- 3) управление нарушением графика электрической нагрузки;
- 4) повышение эффективности управления активами энергетических компаний;
- 5) повышение качества интеграции объектов возобновляемой генерации и распределенной генерации в энергосистеме;
- 6) повышение надежности энергосистемы в случае аварийных ситуаций;
- 7) повышение визуализации работы объектов энергетической инфраструктуры.

Основные задачи, которые должны быть решены потребителями энергии при внедрении технологий Smart Grid:

- 1) улучшение доступа потребителей к энергетической инфраструктуре;
- 2) повышение надежности энергоснабжения всех категорий потребителей;
- 3) улучшение качества энергоресурсов;
- 4) создание современного интерфейса для взаимодействия потребителей энергии с ее поставщиками;
- 5) возможность для потребителя действовать в качестве полноправного участника энергетического рынка;
- 6) расширение возможностей для потребителей управлять потреблением энергии и снизить уровень платежей за потребление энергии.

Правительства и регулирующие органы в энергетическом секторе посредством разработки технологий Smart Grid стремятся достичь следующих целей:

- 1) повышение уровня удовлетворенности потребителей энергии качеством и стоимостью энергоснабжения;
- 2) обеспечение устойчивой экономической ситуации для предприятий энергетического сектора;

3) обеспечение модернизации основных фондов энергетической отрасли без значительного повышения тарифов.

Описанные цели могут быть проанализированы далее, чтобы стать основой для архитектурного развития организаций в рамках концепции Smart Grid. Для разработки корпоративной архитектуры любой организации может быть использован стандарт TOGAF. Платформа TOGAF различает четыре области архитектуры предприятия: бизнес-архитектура, архитектура данных, архитектура приложений и технологическая архитектура. Для дальнейшего развития описанных целей и областей предлагается использовать метод архитектурного развития (ADM). ADM считается ядром стандарта TOGAF и состоит из поэтапного циклического подхода к разработке общей корпоративной архитектуры. На рис. ниже показана структура ADM [30].

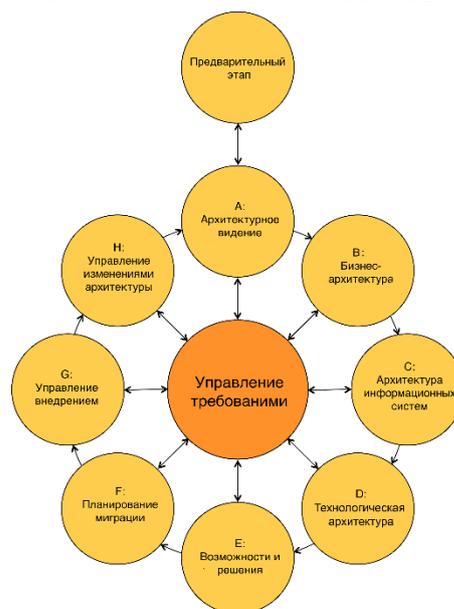


Рис. 1. Метод ADM [18].

Данное исследование сосредоточено на начальном этапе ADM – предварительный этап и этап А. Согласно TOGAF, предварительный этап ADM предназначен для определения того, «как мы делаем архитектуру» на соответствующем предприятии. Есть два основных аспекта: определение структуры, которая будет использоваться; и определение принципов архитектуры, которые будут использоваться. На этом этапе определяются люди, ответственные за выполнение работ по созданию архитектуры, и их обязанности. Так же необходимо настроить и контролировать процесс проектирования и разработки архитектуры и другие организационные аспекты. Фаза А называется «Архитектурное видение». Она начинается с получения запроса на проведение архитектурных работ от организации-спонсора к организации, для которой архитектура создаётся. На этом этапе, в основном, необходимо проверить принципы бизнеса, бизнес-цели и стратегические бизнес-факторы. Здесь описанные бизнес-цели могут быть адаптированы для дальнейшего продвижения на этапах С-Н.

Обсуждение и выводы

Описанный подход к внедрению Smart Grid, основанный на анализе заинтересованных сторон и их ключевых целях, позволяет развивать процесс внедрения с точки зрения понимания требований. Существуют разные проекты разработки и внедрения Smart Grid. Один из этих проектов, реализованный компанией New York Consolidated Edison (Con Edison) за федеральные деньги, подразумевал разработку совместимости «протоколов и программного обеспечения для подключения различных категорий пользователей, владеющих средствами распределенной генерации, наряду с оценкой потребности в

интеграции коммерческих зданий». Кон Эдисон планировал «продемонстрировать методологию взаимодействия с пользовательской энергией, включая комбинированную выработку тепла и энергии (ТЭЦ), для создания виртуальной электростанции (ВЭС)». Это был важный проект для жителей Нью-Йорка и всей отрасли ТЭЦ, потому что планировалось решить две из наиболее важных проблем, которые препятствуют развитию когенерации в зоне обслуживания Con Edison. Первая проблема заключалась в том, что подключение объектов СНР к распределительным сетям Con Edison было дорогим, долгим и технически небезопасным. Во-вторых, системы ТЭЦ редко предоставляют такой же набор возможностей для доступа к энергетическим рынкам и подключения к пользовательским программам, как и другие типы генерации. Другая цель программы разработки Con Edison Smart Grid заключалась в разработке схемы взаимодействия с энергообъектом, которая позволяет одновременно управлять пользователями генерирующими системами и сетями и направлять энергию в распределительную сеть.

Один из первых массовых проектов по оснащению домов интеллектуальными счетчиками под названием «Проект Telegestore» запустили итальянские власти. В период с 2001 по 2006 г. количество установленных интеллектуальных счетчиков в стране увеличилось с 150 000 до 29 800 000.

В Остине, штат Техас, США, в 2003 г. была построена интеллектуальная сеть. Затем треть простых счетчиков была заменена интеллектуальными, которые могут обмениваться информацией с помощью ячеистой сети. Сегодня около 500 000 устройств (интеллектуальные термостаты, интеллектуальные счетчики, датчики и т.д.) управляются в режиме реального времени в интеллектуальной сети Остина, и обслуживается около миллиона обычных пользователей и 5000 предприятий. Общая площадь, обслуживаемая интеллектуальными сеточными системами и технологиями, составляет более тысячи квадратных километров [31].

Одним из успешных примеров является пилотный проект в Нидерландах под названием PowerMatching City. Он был создан правительством Нидерландов и внедрен норвежской энергетической компанией DNL GV в 2011–2013 гг. Проект включал только 42 дома. Участники PowerMatching смогли на практике продемонстрировать возможности Smart Grid, аналогичные тем, которые Кон Эдисон собирался реализовать в Нью-Йорке, включая возможность использования многопользовательского программного обеспечения для управления балансом спроса и предложения на электроэнергию в режиме реального времени [32].

Описанные проекты демонстрируют, что концепция Smart Grid имеет потенциал для реализации на рынке. Хотя важно сосредоточиться на разных аспектах, описанных в существующей литературе. Прежде всего, важно отметить аспект безопасности. Интеллектуальная сеть включает в себя множество ресурсов, приложений и технологий. Ресурсы – это устройства, которые влияют на условия поставки, нагрузки или энергосистемы, включая инфраструктуру доставки, информационные сети, системы конечного использования и соответствующие распределенные энергоресурсы. Важно также принимать во внимание аспекты доверия, безопасность связи и конфиденциальности устройств [33].

Далее стоит отметить экологические проблемы, связанные с применением беспроводных технологий. Внедрение беспроводной технологии предлагает много преимуществ по сравнению с проводной, например, низкая стоимость установки, мобильность, покрытие удаленного местоположения, быстрая установка и т.д. Однако каждая технология имеет определенные проблемы, которые рассматриваются в существующей литературе.

Еще одной важной задачей внедрения Smart Grid является технологическая архитектура этого комплексного решения. В текущих решениях предлагается использовать гетерогенную коммуникационную парадигму, основанную на требованиях сети Smart Grid для поддержки её приложений [34].

В целом, интеграция систем в Smart Grid может быть отнесена к проектам, которые имеют среднесрочную и долгосрочную рентабельность инвестиций. Чтобы сделать сеть рентабельной и разумной, необходим комплекс мер. Есть относительно современные сети, есть промышленные сети, есть сети объектов инфраструктуры, и все они управляются по-разному. Поэтому, несмотря на то, что различные проблемы уже решены, и методы реализации могут быть потенциально разработаны, трудно сразу оценить экономический эффект. Это может быть фактором, который может приостановить быстрое внедрение данной технологии.

Но тем не менее технология Smart Grid является развивающейся тенденцией промышленной цифровизации. Это позволяет различным заинтересованным сторонам сотрудничать в рамках совершенно новой экосистемы, основанной на интеграции и создании сетей. Сегодня проекты интеллектуальных сетей реализуются в таких странах, как Нидерланды, Германия, Австралия, Португалия и Канада, а также в различных отраслях, таких как логистика и транспорт, ЖКХ, производство и др. Внедрение такой сложной технологии требует всестороннего анализа заинтересованных сторон и их целей в единой структуре реализации. В данном исследовании ADM был предложен в качестве потенциального инструмента для планирования и последующей разработки архитектуры предприятия. Для первых этапов ADM был предложен перечень ключевых заинтересованных сторон и описание их потенциальных целей.

Литература

1. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Гапов М.Р., Родионова Е.С., Сауренко Т.Н., Силкина Г.Ю., Тебекин А.В.* Стратегическое управление инновационной деятельностью: анализ, планирование, моделирование, принятия решений, организация, оценка. – Санкт-Петербург, 2017. – 312 с.
2. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Блау С.Л., Мантусов В.Б., Новиков В.Е., Петров В.С., Тебекин А.В., Тебекин П.А.* Управление инновациями.- Москва: Российская таможенная академия, 2017. – 452 с.
3. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Петров В.С., Родионова Е.С., Сауренко Т.Н., Тебекин А.В., Тебекин П.А.* Теоретические основы управления инновациями. – Санкт-Петербург, 2016. – 472 с.
4. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Черныш А.Я., Чечеватов А.В.* Оптимизационные модели и методы в управлении инновационными процессами. – М., 2006.– 96 с.
5. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Новиков В.Е., Останин В.А.* Моделирование оптимизационных задач поддержки принятия решений в инновационном менеджменте // Вестник Российской таможенной академии. – 2016. – № 1. – С. 90–98.
6. *Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Гапов М.Р., Сауренко Т.Н.* Модель поддержки принятия решений при формировании товарной стратегии производственной программы предприятия // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Экономика. – 2016. – № 2. – С. 62–73.
7. *Ильин И.В., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Ботвин Г.А., Гапов М.Р., Гасюк Д.П., Ильяшенко О.Ю., Лёвина А.И., Родионова Е.С., Сауренко Т.Н.* Математические методы и инструментальные средства оценивания эффективности инвестиций в инновационные проекты.- Санкт-Петербург, 2018. – 289 с.
8. *Анисимов Е.Г., Анисимов В.Г., Сауренко Т.Н., Чварков С.В.* Экономическая политика в системе национальной безопасности российской федерации // Вестник академии военных наук. – 2017. – № 1 (58). – С. 137–144.
9. *Анисимов Е.Г., Анисимов В.Г., Блау С.Л., Новиков В.Е., Тебекин А.В.* Модель поддержки принятия решений при формировании инновационной стратегии предприятия // Экономика сельского хозяйства России. – 2016. – № 3. – С. 53–59.
10. *Тебекин А.В., Сауренко Т.Н., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г.* Методический подход к моделированию процессов формирования планов инновационного развития предприятий // Журнал исследований по управлению. – 2019. – Т. 5. – № 1. – С. 65–72.

11. Тебекин А.В., Сауренко Т.Н., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г. Модель прогноза стоимости и сроков модернизации промышленных предприятий // Журнал исследований по управлению. – 2019. – Т. 5. – № 3. – С. 31–37.
12. Сауренко Т.Н., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Горбатов М.Ю. Концептуальные положения оценки эффективности инновационного развития компании // В сборнике: Экономические стратегии ЕАЭС : проблемы и инновации. Сборник материалов II Всероссийской научно-практической конференции. Российский университет дружбы народов. Москва, 2019. С. 217–234.
13. Wüstenhagen R., Wolsink M., Bürer M.J. Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept // Energy Policy. 2007. Vol. 35, № 5. P. 2683–2691.
14. Farhangi H. The path of the smart grid // IEEE Power Energy Mag. 2010. Vol. 8, № 1. P. 18–28.
15. Сауренко Т.Н., Анисимов В.Г., Анисимов Е.Г., Горбатов М.Ю., Сонькин М.А., Грачев В.Л. Математические модели прогнозирования экологической угрозы техногенных аварий и катастроф в составе интегрированных систем безопасности региона // Технологии гражданской безопасности. – 2019. – Т. 16. – № 3 (61). – С. 62–67.
16. Su W. et al. A survey on the electrification of transportation in a smart grid environment // IEEE Trans. Ind. Inform. 2011. Vol. 8, № 1. P. 1–10.
17. Macedo M.N.Q. et al. Demand side management using artificial neural networks in a smart grid environment // Renew. Sustain. Energy Rev. 2015. Vol. 41. P. 128–133.
18. Amin S.M., Wollenberg B.F. Toward a smart grid: power delivery for the 21st century // IEEE Power Energy Mag. 2005. Vol. 3, № 5. P. 34–41.
19. Roncero J.R. Integration is key to smart grid management // CIRED Seminar 2008: SmartGrids for Distribution. IET, 2008. P. 1–4.
20. Ilin I.V. et al. Big data processing in Russian transport industry // Proceedings of the 31st International Business Information Management Association Conference, IBIMA 2018: Innovation Management and Education Excellence through Vision 2020. 2018. P. 1967–1971.
21. Cecati C. et al. An overview on the smart grid concept // IECON 2010-36th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society. IEEE, 2010. P. 3322–3327.
22. Rahimi F., Ipakchi A. Demand response as a market resource under the smart grid paradigm // IEEE Trans. Smart Grid. 2010. Vol. 1, № 1. P. 82–88.
21. Gharavi H., Ghafurian R. Smart Grid: The Electric Energy System of the Future [Scanning the Issue]. 2011.
23. Media G.B. “Умные сети электроснабжения” (smart grid) и проблемы с кибербезопасностью | ITSec.Ru [Электронный ресурс]. URL: <http://lib.itsec.ru/articles2/inch-sec/umnye-seti-elektrosnabzheniya-smart-grid-i-problemy-s-kiberbezopasnostyu> (дата обращения: 04.09.2019).
24. Prinz C. et al. Learning factory modules for smart factories in industrie 4.0 // Procedia CiRp. 2016. Vol. 54. P. 113–118.
25. Levina A.I., Dubgorn A.S., Iliashenko O.Y. Internet of Things within the Service Architecture of Intelligent Transport Systems // 2017 European Conference on Electrical Engineering and Computer Science (EECS). IEEE, 2017. P. 351–355.
26. Hermann M., Pentek T., Otto B. Design principles for industrie 4.0 scenarios // 2016 49th Hawaii international conference on system sciences (HICSS). IEEE, 2016. P. 3928–3937.
27. Lankhorst M. Enterprise architecture at work. Springer, 2009. Vol. 352.
28. Hashmi M., Hänninen S., Mäki K. Survey of smart grid concepts, architectures, and technological demonstrations worldwide // 2011 IEEE PES conference on innovative smart grid technologies latin america (ISGT LA). IEEE, 2011. P. 1–7.
29. Haren V. TOGAF Version 9.1 A Pocket Guide. 2011.
31. Smart grid - от аналога к цифре, или как работают умные сети. Все о проекте умные сети. | iot.ru Новости Интернета вещей [Электронный ресурс]. URL: <https://iot.ru/wiki/umnye-elektroseti> (дата обращения: 04.09.2019).

32. История двух пилотных проектов в области Smart Grid [Электронный ресурс] // Портал об энергетике в России и в мире. 2016. URL: <http://peretok.ru/articles/freezone/12960/> (дата обращения: 04.09.2019).
33. Khurana H. et al. Smart-grid security issues // IEEE Secur. Priv. 2010. Vol. 8, № 1. P. 81–85.
34. Zaballos A., Vallejo A., Selga J.M. Heterogeneous communication architecture for the smart grid // IEEE Netw. 2011. Vol. 25, № 5. P. 30–37.