

ЭНЕРГОТРЕЙДИНГ. СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

И. Н. Фомин

*Саратовский национальный исследовательский
государственный университет им. Н.Г. Чернышевского, Россия
E-mail: ignik16@yandex.ru*

В статье, на основе ранее выработанных подходов к автоматизации энергосбытовой и энерготрейдинговой деятельности визуализируются результаты системного анализа процесса планирования энергопотребления и энергосбытовой деятельности, а также представляются практические решения по реализации функций планирования энергосбытовой деятельности в специализированной информационной системе.

ENERGY TRADING. SYSTEM ANALYSIS OF INFORMATION EXCHANGE IN PLANNING ENERGY CONSUMPTION

I. N. Fomin

The article, based on previously developed approaches to automating energy sales and energy trading activities, visualizes the results of a system analysis of the process of planning energy consumption and energy sales activities, and also presents practical solutions for implementing the functions of planning energy sales activities in a specialized information system.

Введение

В России действует регламентированный оптовый рынок электроэнергии и мощности (ОРЭМ), в рамках которого функционирует рынок на сутки вперёд (РСВ). ОРЭМ является крупномасштабной технической системой. На этих рынках реализовывается особый вид товара - электроэнергия и мощность. Их генерация, передача по электросетям и конечное потребление – процессы, которые должны происходить параллельно, сбалансированно и по заранее спланированным объемам. Для обеспечения функционирования этих процессов энергогенерирующие и энергосбытовые предприятия на ОРЭМ осуществляют энерготрейдинговую деятельность.

Энерготрейдинг – это деятельность по закупке и реализации электроэнергии на оптовых рынках, осуществляемая посредством информационного обмена с субъектами этих рынков. Целью энерготрейдинговой деятельности является оптимизация объёмов генерации или потребления электроэнергии и мощности. Задачами энерготрейдинговой деятельности является сбор, хранение и передача информации о плановых и фактических объёмах генерации или потребления электроэнергии, согласно заданным моделям электроснабжения и регламентам обмена информации.

Генерация и потребление электроэнергии сверх запланированного значения, как и её недобор, разбалансируют единую энергетическую систему России (ЕЭС), снижают энергоэффективность всей экономики. Планирование объёмов

электроэнергии, необходимых для поставки, может определяться различными путями: одни потребители сами определяют, сколько электроэнергии им требуется в каждый час следующих операционных суток, другие делегируют функцию планирования энергосбытовым компаниям.

Энергосбытовые компании и другие субъекты энергетического рынка в своей деятельности используют специализированные системы автоматизации энерготрейдинговой деятельности, специфика которой основана на своевременном обмене информационными сообщениями, расчётами, согласно заданным математическим моделям, и строгом соблюдении регламентов информационного обмена, включая соблюдение временных рамок подачи информации коммерческому и системному оператору ЕЭС. Информационная система энерготрейдера должна обеспечивать получение информационных сообщений о заявленном объеме энергопотребления стандартизированным способом, а также поддерживать функцию планировщика, обеспечивающего наиболее точное совпадение прогнозируемого объема энергопотребления с фактическим. Автоматизация этих функций является залогом бесперебойной работы ЕЭС России и элементом исполнения требований Стратегии развития электросетевого комплекса Российской Федерации [1] и Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации [2].

Подходы к автоматизации энерготрейдинговой деятельности на ОРЭМ

Энерготрейдинговая деятельность энергосбытовых компаний включает в себя три основных этапа:

- 1) планирование энергосбытовой деятельности и прогнозирование энергопотребления;
- 2) обмен стандартизированными пакетами данных между субъектами энергорынка, их обработка и распределение данных об энергопотреблении;
- 3) биллинг электроэнергии и формирование регламентированной отчетности.

Методы и инструменты второго этапа этой деятельности были подробно рассмотрены в публикации [3]. Методы и инструменты третьего этапа были подробно рассмотрены в публикации [4]. В данной публикации впервые производится исследование и анализ процесса обработки информации на этапе планирования электропотребления, приёма заявок на РСВ и отправки заявок системному и коммерческому оператору.

Важной особенностью планирования энергопотребления на РСВ является распределение прогнозного энергопотребления между группами точек поставки так, чтобы можно было прогнозировать и учитывать переток между сегментами электросетей и производить автоматическое распределение потерь между потребителями.

Подходы к методологии распределения потерь на ОРЭМ подробно были рассмотрены в исследовании, описанном в [5]. Согласно этой методологии, зафиксированной в регламентах оптового рынка, данные для учёта потерь и данные о фактическом потреблении электроэнергии фиксируются измерительными

приборами АСКУЭ, в точках измерения, точках поставки, определяемых перечнем энергообъектов с применением особых методов планирования и прогнозирования, как для генераторов, так и для потребителей электроэнергии [6].

Подготовка данных для планирования энерготрейдинговой деятельности, сценарии обработки информацией, которой обмениваются участники ОРЭМ и методы расчёта стоимости потреблённой электроэнергии зависят от зоны рынка, от особенностей ГТП в структуре ОРЭМ. При этом структура энергетического рынка тем сложнее, чем ниже уровень декомпозиции и чем сложнее расчётная и организационная модель электроснабжения.

Подходы к созданию расчётных моделей на оптовом и розничном рынке электроэнергии были рассмотрены автором в публикациях [7, 8]. В представленной статье акцент переведён на создание организационных моделей электроснабжения при разработке специализированных информационных систем для задач энерготрейдинга.

Организационная модель рынка в регламентах ОРЭМ описывается в XML макетах 80000, и представляет собой множество субъектов оптового рынка, владеющих множеством ГТП, каждая из которых имеет одну систему коммерческого учёта электроэнергии (АСКУЭ). ГТП в информационных системах представляет собой массив данных, связанных как между собой, так и с массивами данных о ГТП смежных субъектов. Бинарные отношения связанных через энергообъекты ГТП образует сечение, а каждое сечение состоит из одной или двух AREA.

Эриа (или AREA, от англ. area – область) – это точки измерения в АСКУЭ, с общими свойствами, с данными об энергопотреблении, которые собираются в один файл формата 80020 или 80040. Эти данные в формате XML, согласно регламентам Системного оператора, используются для периодической передачи данных об объёме энергопотребления по точкам поставки и точкам измерений, для формирования и отправки коммерческому оператору информации о сальдо потоков в разрезе каждой ГТП.

Если переток энергии происходит только между энергообъектами двух связанных ГТП сечения, то существует только одна основная эриа, а если часть энергии уходит в энергообъекты, принадлежащие третьим субъектам ОРЭМ, то в организационной модели формируются дополнительные эриа малых присоединений.

Для реализации таких сложных моделей в информационных системах энерготрейдеров в настоящей работе был выполнен системный анализ процесса планирования энергопотребления и процесса обмена данными между субъектами ОРЭМ.

Системный анализ процесса планирования энергопотребления и энергосбытовой деятельности

Для осуществления функций энерготрейдинга требуется создавать вновь или актуализировать уже имеющуюся расчётную и организационную модель данных в сервисах энерготрейдинга и в их моделях измерений объёмов закуп-

ленной и реализованной мощности и электрической энергии. Функции энерготрейдинговой системы, при этом, должны обеспечивать формирование и модели измерений в форме объектно-ориентированной структуры базы данных и бизнес-процессы информационного обмена субъектов рынка.

Обеспечение этих технических условий позволяет организовать ввод различного рода трейдинговой информации, которая позволяет энерготрейдеру осуществлять агрегацию заявок о плановом энергопотреблении потребителей. Таким образом формируются данные о плановом энергопотреблении по ГТП для осуществления с ними различных операций, включая криптографию.

Процесс информационного обмена подразумевает контроллинг заявок на наличие всех необходимых данных и контроль отклонения объёмов от ожидаемого энергопотребления. Это позволяет произвести расчёт остатка не потреблённого планового объёма, осуществить сравнение с данными коммерческого оператора ЕЭС.

Таким образом, на этапе планирования функций формирования средневзвешенной цены на рынке на сутки вперёд между участниками оптового рынка производится активный информационный обмен, который хотя и прописан в юридических документах коммерческого и системного оператора оптового рынка, в научных публикациях не подвергался систематизации. Систематизация информационных потоков, в соответствии с требованиями регламентов оптового рынка позволила визуализировать процесс планирования энергосбытовой деятельности, (рис. 1).

Визуализация процесса планирования энерготрейдинговой деятельности показала, что прогнозирование электропотребления требуется производить в функциональном блоке a_4 . Это можно производить путём обработки информации из заявок конечных потребителей электроэнергии и ранее обработанных массивов данных, в которых уже произведено формирование временных рядов и получены результаты кластерного анализа объёмов энергопотребления в ретроспективе. Одним из перспективных инструментов такой обработки данных являются нейронные сети, как предложено в [9] или алгоритмы выделения среднеквадратичной функции [10, 11]. Главной задачей такого прогноза должен стать учёт определённых на этапе a_{13} ошибок, к которым относятся:

- ошибка, величина которой зависит от объёма энергопотребления:

$$\Delta_I = \frac{W_{oi} - W_i}{W_{oi}},$$

где W_{oi} - фактическое энергопотребление за интервал i ,

W_i - прогноз потребления за интервал i .

- ошибка, величина которой зависит от количества точек измерений с плановыми значениями энергопотребления:

$$\Delta_{II} = \frac{\sum_{i=1}^n -|\Delta_i|}{n},$$

- ошибка, величина которой имеет максимальное значение:

$$\Delta_{III} = \max (\Delta_i)$$

Существенная разница между заявленным и реальным энергопотреблением приводит к потребности покупать или продавать недобор или перебор электроэнергии на балансирующем рынке. Несмотря на то, что методы прогнозирования планового энергопотребления не входят в предмет данной публикации, требуется заметить, что они должны на соответствующем этапе информационного обмена обеспечивать их значение в определенном фиксированном допуске для корректировки заявок на РСВ [12]. Корректировка заявки с учётом ошибок прогнозирования даёт возможность отправки консолидированной заявки, в разных формах, формирующихся в функциональных блоках a_6 , a_7 и a_8 (рис. 1.).

Практическая реализация функций планирования энергосбытовой деятельности в специализированной информационной системе

Первые подходы к автоматизации энерготрейдинговой деятельности на ERP-системе были реализованы в 2013 году в программном продукте на платформе «1С: Предприятие» под названием «АС Энерго.Трейдинг» [13], которые за прошедшие годы были реализованы в новой версии программы «АС Энерго.Трейдинг 2.0». Благодаря научно-обоснованной постановке задачи и анализу практических задач энерготрейдеров в новой версии программы были реализованы вышеперечисленные функции планирования энергосбытовой деятельности; обработка стандартизированных макетов данных и распределение энергопотребления между субъектами энергорынка; подготовка данных для биллинга электроэнергии и формирование регламентированной отчётности.

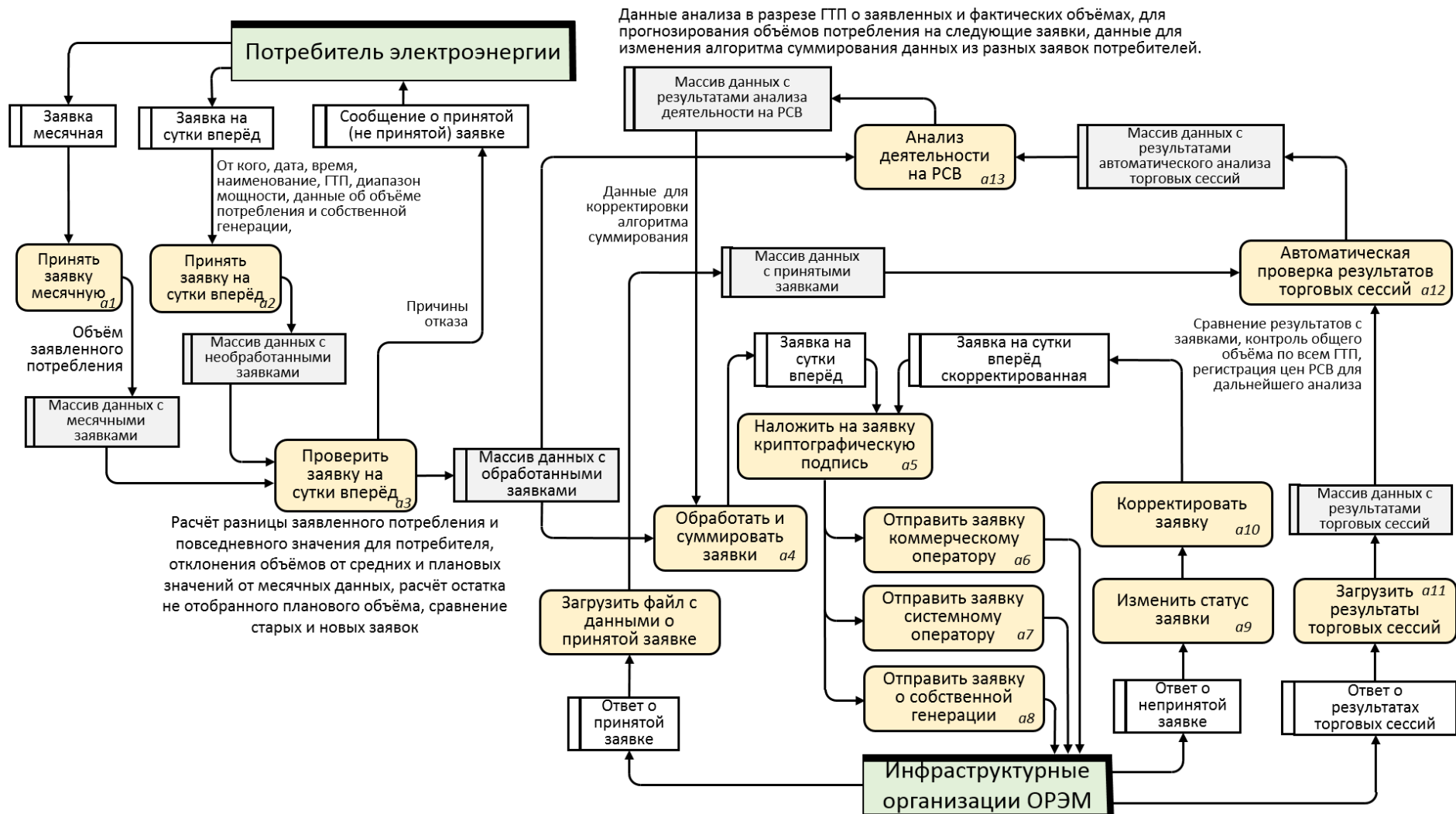


Рис. 1. Процесс планирования энергосбытовой деятельности, обработки и отправки заявок системному и коммерческому оператору единой энергетической системы.

При разработке новой версии АС Энерго.Трейдинг стояла задача реализации функций формирования файла XML, на основе данных макетов 80000 и 60002 по данным автоматизированной системы коммерческого учёта с целью актуализации модели измерений на ресурсах коммерческого оператора. Для этой цели в разработанной информационной системе была создана функция автоматического парсинга файлов XML, в которой встроена проверка соответствия фактических данных из макетов 80020 и 80040 ранее переданным данным о модели измерений в макетах 80000 и 60002. Если модель измерений окажется неактуальна, то разработанная информационная система формирует соответствующее сообщение энерготрейдеру. В случае если требуется изменить модель измерений, например, при изменении канала измерения по той же точке измерения, можно поменять её версию (в виде набора настроек структуры базы данных).

Особые функции платформы «1С» позволили реализовать некоторые методы планирования энергопотребления с использованием аналитических процедур, предлагаемых средой «1С: Предприятие». Используя такого рода встроенные обработки, было реализовано планирование энергопотребления по среднему (расчет среднего значения энергопотребления по часам нескольких прошедших операционных суток), а также была реализована такая структура хранения данных, которая при их накоплении позволит для целей прогнозирования электропотребления использовать такие встроенные методы анализа как поиск ассоциаций, поиск последовательностей, кластерный анализ и дерево решений [14, 15].

Важным результатом системного анализа энергосбытовой деятельности стала интеграция стандартов и регламентов ОРЭМ в поток данных, производимый информационной системой, и организация процесса отправки сообщений коммерческому и системному оператору ЕЭС России. Инструменты обмена данными реализованы с использованием методов криптографической защиты информации, что дало возможность впервые в этой отрасли использовать согласованные сертификаты шифрования и функции подписания соответствующих сообщений прямо из интерфейса «1С: Предприятие». Построенный таким образом функционал устраняет необходимость переключения между различными инструментами энерготрейдера, концентрирует множество функций, определённых на рис. 1, в одно программное решение с набором удобных интерфейсов (рис. 2). Предложенное решение снижает многочисленные риски в системе взаимодействия между различными информационными инструментами энерготрейдера.

Заключение

Системный анализ бизнес-процессов энерготрейдинга и процессов его информационного обмена позволил реализовать полезный и практичный программный инструмент в строгом соответствии с регламентами оптового рынка и обеспечить их исполнение в заданных временных рамках обмена данными для бесперебойной работы энергетического комплекса.

Выполненная работа позволила приступить к системному анализу процессов обработки информации на этапе управления макетами данных и на этапе закрытия месяца при подготовке данных для биллинга. А практической задачей

инженеров на основе разработанных методик обработки данных станет реализация инструментов обработки стандартизированных макетов данных для автоматического распределения энергопотребления и потерь между субъектами энергорынка, а также для биллинга электроэнергии и формирование регламентированной отчетности для инфраструктурных организаций ОРЭМ России.

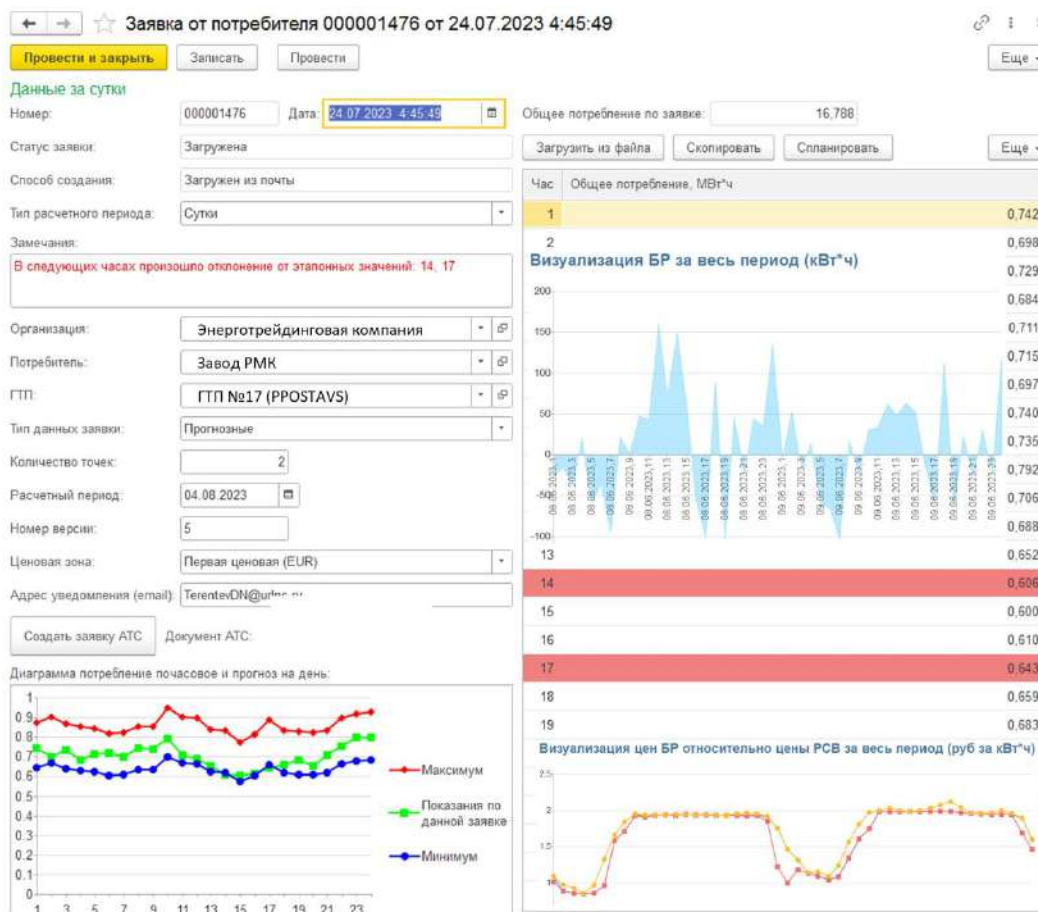


Рис. 2. Визуализация массивов данных ОРЭМ в интерфейсе специализированной информационной системы на платформе «1С: Предприятие».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правительство РФ, Стратегия развития электросетевого комплекса Российской Федерации. Распоряжение Правительства РФ № 511-р от 03.04.2013 г. (в ред. от 29.11.2017 г.). Справочно-правовая система «Консультант Плюс». [Электронный ресурс]. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_144676/3beb64181f85aa9cdd80e8e044c813b6acd44e6d/?ysclid=m3yn1zmswf678596675 (дата обращения: 18.09.2024).
2. Указ президента РФ № 203 от 09.05.2017 г., О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 - 2030 годы // Собрании законодательства Российской Федерации от 15.05.2017 г. № 20. 2901 с.
3. Фомин И. Н. Формализация регламента обмена информацией субъектов единой энергетической системы России // Математические методы в технологиях и технике. 2023. № 10. С. 53-61.
4. Фомин И. Н., Шульга Т. Э., Сердюкова Н. В. Теоретико-множественный анализ технико-экономических показателей для задач структурно-параметрического синтеза расчётных

моделей электроснабжения // Труды Академэнерго, Исследовательский центр проблем энергетики Казанского научного центра РАН. 2016. № 2. С. 82-94.

5. *Фомин И. Н.* Распределение потерь при расчёте стоимости потреблённой электроэнергии // Труды Академэнерго, Исследовательский центр проблем энергетики Казанского научного центра РАН (Казань). 2013. № 4. С. 111-121.

6. *Табуров Д. Ю., Николаев П. В.* Управление производством электроэнергии на тепловых электростанциях с помощью автоматизированных информационных систем / М. : МЭИ, Москва. 2016. 170 с.

7. *Фомин И. Н., Сердюкова Н. С.* Расчетная модель измерения электроэнергии в информационных биллинговых системах // Бизнес-Информатика, НИУ ВШЭ, Москва. 2014. № 4. С. 38-42.

8. *Фомин И. Н.* Фреймовый подход к систематизации расчетных моделей электроснабжения // Прикладная информатика. Синергия. 2016. Т. 11. № 2 (62). С. 99-106.

9. *Гужов С. В.* Прогнозирование спроса на электрическую энергию изолированной энергетической системой города // Энергетическая политика. 2020. № 6 (148). С. 50-57.

10. *Пальчиков А. С.* Существующие способы прогнозирования электропотребления объектов в металлургической отрасли // Современные научные исследования и инновации. 2012. № 9.

11. *Жичкин С. В., Мозгалин А. В.* Краткосрочное прогнозирование суточного электропотребления Нижнетагильского металлургического комбината / Электрификация металлургических предприятий Сибири. Вып. 12. Т. : Изд-во Томского университета, 2005.

12. *Билалова А. И., Доманов В. И.* Прогнозирование регионального энергопотребления с различными информационными базами // Автоматизация: проблемы, идеи, решения. материалы международной научно-технической конференции. 2015. С. 63-64.

13. *Кирюшин А. Е., Фомин И. Н.* АС Энерго.Трейдинг. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2013613267 от 28.03.2013 г.

14. *Глухова Е. В.* Анализ статистических данных с использованием платформы 1С // Тенденции развития науки и образования. 2018. № 36-1. С. 43-48.

15. *Бутусин Д. А., Степанцов В. А.* Анализ возможностей применения платформы «1С: Предприятие 8» для реализации технологии Data Mining // Сборник научных работ факультета компьютерных наук ВГУ. ФГБОУ Воронежский государственный университет. 2020. С. 42-50.