

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ТЭЭ-1 АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ФОРМИРОВАНИЯ ТАРИФОВ В РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ: СТРУКТУРНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ

THE PROGRAM ТЭЭ-1 COMPLEX OF AUTOMATED FORMATION OF RATES IN THE REGIONAL SYSTEM OF ELECTRICAL POWER SUPPLY: STRUCTURAL FEATURES AND PRINCIPLES OF CREATION

**G. Arunyants
S. Ayrapetov**

Summary. results of the analysis of a condition of problems of regulation of activity of subjects of the regional electrosupplying complex and the main ways of increase in efficiency of activity of his subjects and also the main decisions on creation of the program ТЭЭ-1 complex of the automated calculation of tariffs for electric energy focused on use within regional ACS by activity of the electrosupplying organizations are given. Results of a research and the choice of the platform for program realization of a complex taking into account requirements simplicity of his installation and use are given in workplaces of users. Features of the structural organization and development of separate functional subsystems and a complex in general from a condition of ensuring his flexibility and stability are given.

Keywords: electrical power supply, electrical networks, rate, calculation technique, tariff regulation, automated information system, program complex, algorithm, information support, software, software module, user interface.

Арунянц Геннадий Георгиевич

*Д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Калининградский
государственный технический университет»
suro99@mail.ru*

Айрапетов Сергей Альбертович

*Аспирант, ФГБОУ ВПО «Калининградский
государственный технический университет»
sergey@kit39.com*

Аннотация. приводятся результаты анализа состояния проблем регулирования деятельности субъектов регионального электроснабжающего комплекса и основных путей повышения эффективности деятельности его субъектов, а также основные решения по созданию программного комплекса ТЭЭ-1 автоматизированного расчета тарифов на электрическую энергию, ориентированного на использование в рамках региональной АСУ деятельностью электроснабжающих организаций. Приведены результаты исследования и выбора платформы для программной реализации комплекса с учетом требований простота его установки и использования на рабочих местах пользователей. Приведены особенности структурной организации и разработки отдельных функциональных подсистем и комплекса в целом из условия обеспечения его гибкости и устойчивости.

Ключевые слова: электроснабжение, электрические сети, тариф, методика расчета, тарифное регулирование, автоматизированная информационная система, программный комплекс, алгоритм, информационное обеспечение, программное обеспечение, программный модуль, пользовательский интерфейс.

В условиях развивающейся экономики бесперебойное производство и распределение электроэнергии в системах регионального электроснабжения становится важнейшим условием энергетической безопасности региона и страны в целом. Именно поэтому системный анализ уже накопленного опыта управления деятельностью объектов региональных систем электроснабжения и поиска новых инновационных подходов к тарифному регулированию их деятельности сегодня приобретает особую важность. А к самой системе электроснабжения региона, объединяющей множество организаций, занимающихся вопросами производства, передачи и распределением электроэнергии, и являющейся важной составляющей экономики региона, сегодня предъявляются повышенные требования по управляемости, доступности и надежности

Электроэнергия и услуги по ее транспортировке и распределению по региональным электросетям естественно рассматриваются как особый вид товара, потребителями которого являются различные организации, предприятия и население региона. Основной задачей эффективной координации деятельности субъектов региональной электроэнергетики становится поддержание баланса интересов производителей, потребителей и государства. В соответствии с действующим законодательством ответственность за установление регулируемых цен и тарифов возлагается на региональную «Службу по государственному регулированию цен и тарифов» (далее **СГРЦТ**).

Проблема формирования эффективной методологии тарифного регулирования деятельности субъектов реги-

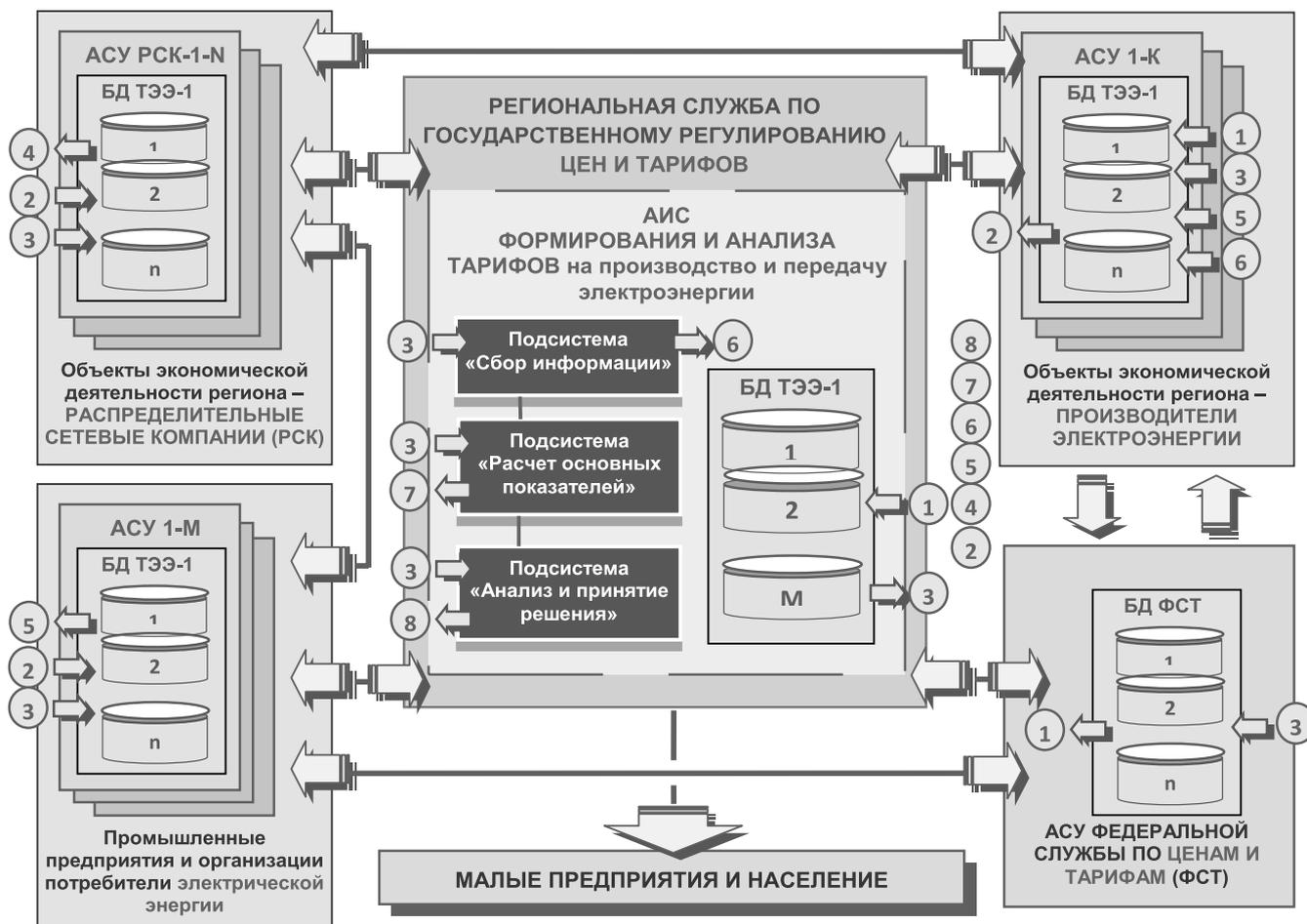


Рис. 1. Схема информационного взаимодействия субъектов региональной системы электроснабжения

онально системы энергоснабжения остается актуальной и требует проведения дополнительных исследований. Успешное решение вопросов автоматизация процесса формирования и анализа тарифов на электроэнергию позволяет повысить эффективность их расчета для организаций, вовлеченных в процесс генерации, передачи и потребления электроэнергии. Это достигается благодаря частому перерасчету тарифов на основе поступающих оперативных данных о состоянии субъектов системы электроснабжения региона [1]. Установлено, что для эффективного тарифного регулирования деятельности субъектов региональной системы энергоснабжения необходим пересмотр тарифов не менее 4 раз в год [2]. Это связывается с необходимостью систематической оценки состояния электроэнергетических объектов, включая электросети, и многократного проведения соответствующих расчетов, требующих реализации достаточно сложных вычислительных операций на базе специально разрабатываемых машинных алгоритмов. Становится ясным, что эффективное тарифное регулирование в сфере электроэнергетики региона невозможно без создания

специализированных региональных автоматизированных информационных систем (РАИС), обеспечивающих своевременный сбор, хранение, обработку и анализ осведомляющей информации о деятельности субъектов рынка электроэнергии, а также обмен данными в рамках общего информационного поля «СГРЦТ — субъекты регулирования» (рис. 1).

Предполагалось, что использование разрабатываемого универсального программного комплекса ТЭЭ-1 автоматизированного формирования тарифов на электроэнергию в электроснабжающих предприятиях и региональных СГРЦТ позволит повысить эффективность анализа состояния теплоснабжения региона для разработки стратегии развития энергетического комплекса региона в целом.

За методологическую основу при разработке машинно-ориентированных алгоритмов комплекса ТЭЭ-1, были приняты действующие в РФ указания для использования субъектами регулирования при расчете мето-

дом экономически обоснованных расходов уровней тарифов и цен на розничном (потребительском) рынке электрической энергии (мощности) [3].

Результаты системных исследований основных аспектов и особенностей принятой методики анализа и расчета тарифов на электрическую энергию для региональных электроснабжающих систем, а также особенностей тарифного регулирования были учтены и при разработке программного комплекса **ТЭЭ-1**, по структуре и способам организации значительно отличающийся от действующих аналогов, что и сказалось на функционале и принципах его работы.

По результатам проведенного анализа проблем создания современных сложно структурированных программных систем был выбран подход к реализации специального программного обеспечения (ПО) комплекса **ТЭЭ-1**, реализующего разработанные машинные алгоритмы. Принимался во внимание тот факт, что современные энергоснабжающие организации используют большое количество различных программных продуктов для автоматизации своей деятельности, число которых постоянно растет. Растут и издержки на обеспечение их работоспособности, а именно: установка, настройка, администрирование и обновление [4]. Многие программные продукты для своего использования требуют содержание инфраструктуры (серверов, СУБД, ЛВС). Чем больше средств автоматизации, тем выше требования к инфраструктуре, а значит и к ее стоимости. Поэтому важным требованием, предъявляемым к комплексу **ТЭЭ-1** становится простота его установки и использования на рабочих местах пользователей.

Последние 3–5 лет активно развивается применение технологии разработки программного обеспечения **SaaS** (Software as a Service) [5], предполагающей размещение программного обеспечения (ПО) на сервере, подключенном к сети, или в «облаке». Все вычисления производятся на сервере, а пользователи взаимодействуют с ПО через обычный интернет-браузер. При этом установки специализированного ПО (программ клиентов, виртуальных машин) на компьютеры пользователей не требуется. При внедрении новых программных продуктов, ключевым показателем становится простота доступа к ним и цена использования. Для разработчика **SaaS**-приложений отпадает необходимость в обеспечении совместимости ПО с различными операционными системами.

Еще одним аргументом за применение **SaaS**-технологии при реализации программного комплекса **ТЭЭ-1** является возможность при ее использовании хранения баз данных (БД) на серверах или в облаке, вместе с са-

мым ПО. Решается задача централизованного сбора и хранения информации от пользователей, работающих в различных частях области и в различных сетях. Для передачи данных от пользователя к серверу достаточно интернет-соединения практически любой скорости. БД заполняются на сервере в режиме реального времени. Проектируемые интерфейсы, при этом, могут функционировать в браузере. Снимаются любые ограничения на сложность математического аппарата или объем обрабатываемых данных. А некоторые отмечаемые опасения, связанные, прежде всего, с безопасностью передачи данных и ненадежностью доступа из-за перебоев с Интернетом, постепенно рассеиваются за счет развития технологий шифрования и широкополосного доступа в Интернет [5].

Проведенный анализ преимуществ и недостатков распространенных в **SaaS** языков программирования (*php, ASP, Python, Perl* и других), так или иначе представляющие собой набор скриптов, который может быть создан в любом текстовом редакторе. Проанализирован ряд специализированных редакторов, упрощающих написание кода и поиск ошибок в нем и позволяющих создавать скрипты под разные интерпретаторы. Наиболее распространенными из них являются **DreamWeaver, Eclipse** и **NedBeans**, имеющие встроенные средства отладки скриптов. Отмечая некоторые отрицательные стороны использования **DreamWeaver**, авторы особое внимание уделили анализу других сред разработки, таких как **Eclipse** и **NedBeans**. Как и любая среда разработки, **Eclipse** имеет ряд особенностей, таких как: кроссплатформенность (работает под различными ОС); мультиязычность (используя **Eclipse** можно программировать на множестве различных языков). **Eclipse** является программной платформой для разработки различных инструментов и предлагает широкий выбор API для создания дополнительных модулей. Гибкость и расширяемость в **Eclipse** достигается за счет модульности платформы. Основным элементом при этом является исполняющая среда — Eclipse Runtime, обеспечивающая функциональность платформы, а именно управление расширениями и обновлениями, взаимодействие с ОС, обеспечение работы справки и помощи. Стандартная поставка **Eclipse SDK** (минимальная версия) — идеальна для ознакомления с платформой и обучения.

В сравнении с другими средами разработки **NetBeans** обеспечивает комплексную поддержку новейших технологий Java и самых последних усовершенствований ее стандартов. Редактор поддерживает множество языков, он также является расширяемым, поэтому существует возможность подключения поддержки для других языков. По аналогии со средой разработки **Eclipse** в среде **NetBeans** существует конструктор среды.

IDE NetBeans устанавливается на всех ОС с поддержкой Java — от Windows и Linux до Mac OS X. Сообщество **NetBeans** является большим и активным. Существует гораздо больше форумов и сообществ людей, использующих данную среду в разработки ПО. Этот факт позволяет разработчику работающему со средой **NetBeans** обмениваться опытом, устранять какие-либо ошибки в ходе разработки ПО, а также быть в курсе последних обновлений связанных со средой.

Исходя из всего сказанного, было принято обоснованное решение об использовании в качестве среды для разработки ПО комплекса **ТЭЭ-1 Eclipse и NedBeans**, в которой наряду с перечисленными преимуществами предусмотрены средства, упрощающие разработку для СУБД и пользовательского интерфейса. При этом учитывались и предпочтения разработчика, его навыки и квалификация. С этих позиций среда **NedBeans** представляется наиболее удобной. В качестве языка программирования используется **php**, база данных — MySQL. Сервер **ТЭЭ-1** при таком подходе может функционировать под управлением любой операционной системы, способной запускать Web- сервера Apache, IIS, Nginx и др.

ТЭЭ-1 является многопользовательской системой. Следует иметь в виду, что данные, хранимые в АСУ субъектов региональной сети электроснабжения, представляют определенную коммерческую тайну и требует защиты от несанкционированного доступа. В соответствии с принятой структурной организацией комплекс **ТЭЭ-1** включает в свой состав две ключевые подсистемы: 1 — **ТЭЭ-1** (Расчет тарифов на электрическую энергию (мощность)); 2 — **ПЭЭ-1** (Расчет потерь электрической энергии при передаче по электрическим сетям региональных энергосистем).

При этом, по результатам предварительного анализа особенностей предложенных в методике [3] математических выражений, правил и условий, проводилось их преобразование и структурирование в легко реализуемые в рамках разрабатываемого программного комплекса алгоритмические конструкции, учитывающие структуру используемых индексов. Исходные данные, необходимые для проведения расчетов, формируемые в АСУ субъектов региональной системы электроснабжения с использованием соответствующих средств контроля и учета поступают по каналам связи в **ТЭЭ-1**, где они структурируются и хранятся в базах данных (БД) соответствующих подсистем комплекса. Программная реализация приведенных модулей комплекса в соответствии с заданием обеспечивает ведение локальных баз данных (БД) функциональных подсистем и БД комплекса **ТЭЭ-1** в процессе его функционирования, формирование, просмотр и вывод на печать результирующих форм отчетов и таблиц установленного вида. Эффективный

контроль данных в процессе функционирования программного комплекса осуществляется автоматически с использованием разработанной системы диагностики и принятия решений.

С учетом принятых при создании комплекса **ТЭЭ-1** принципов его структурной реализации, а также особенностей разработанных машинных алгоритмов были сформированы основные режимы его работы, что напрямую связывалось с постановкой и реализацией задач создания его внутрисистемных и пользовательских интерфейсов.

Проведенный анализ основных особенностей и проблем применения различных методологий разработки **ТЭЭ-1**, позволил сделать вывод о приемлемости и целесообразности использования при создании указанного комплекса структурных методов [6], тем более, что они достаточно удобны при организации разработки специального программного обеспечения одним или малым числом разработчиков. При структурном синтезе комплекса **ТЭЭ-1** учитывался и накопленный опыт создания сложных программных комплексов и обязательное выполнение следующих требований: 1) каждый из инструментов **ТЭЭ-1** находит свое определенное место в его структуре; 2) неотъемлемыми признаками инструментов **ТЭЭ-1** являются адаптивность и интеллектуальность; 3) информационное обеспечение **ТЭЭ-1** обязательно включает в себя всю необходимую для выполнения расчетных процедур информацию; 4) **ТЭЭ-1** строится как продукт, предоставляющий его пользователям все необходимые для решения поставленных задач инструменты; 5) при построении **ТЭЭ-1** должны учитываться: изменение традиционных форм оперативных и выходных документов, многократность ввода исходных данных.

По характеру функционирования комплекс **ТЭЭ-1** относится к классу активных «человеко-машинных» систем. Это и определило состав требований, предъявляемых к комплексу с целью организации эффективных диалоговых процедур, обеспечивающих дружественную связь человека с ЭВМ в процессе решения поставленных задач.

На основе проведенного анализа общих требований, предложенных машинных алгоритмов автоматизированного решения поставленной задачи и требований к разработке программного комплекса **ТЭЭ-1** была предложена общая структура реализованной в нем программной системы (рисунок 2).

Низкая связанность его функциональных подсистем определила возможность и целесообразность их автономной разработки. При этом управление всеми функциональными программными подсистемами осу-



Рис. 2. Общая структура программного комплекса ТЭЭ-1



Рис. 3. Логика работы функциональной подсистемы ТЭЭ-1

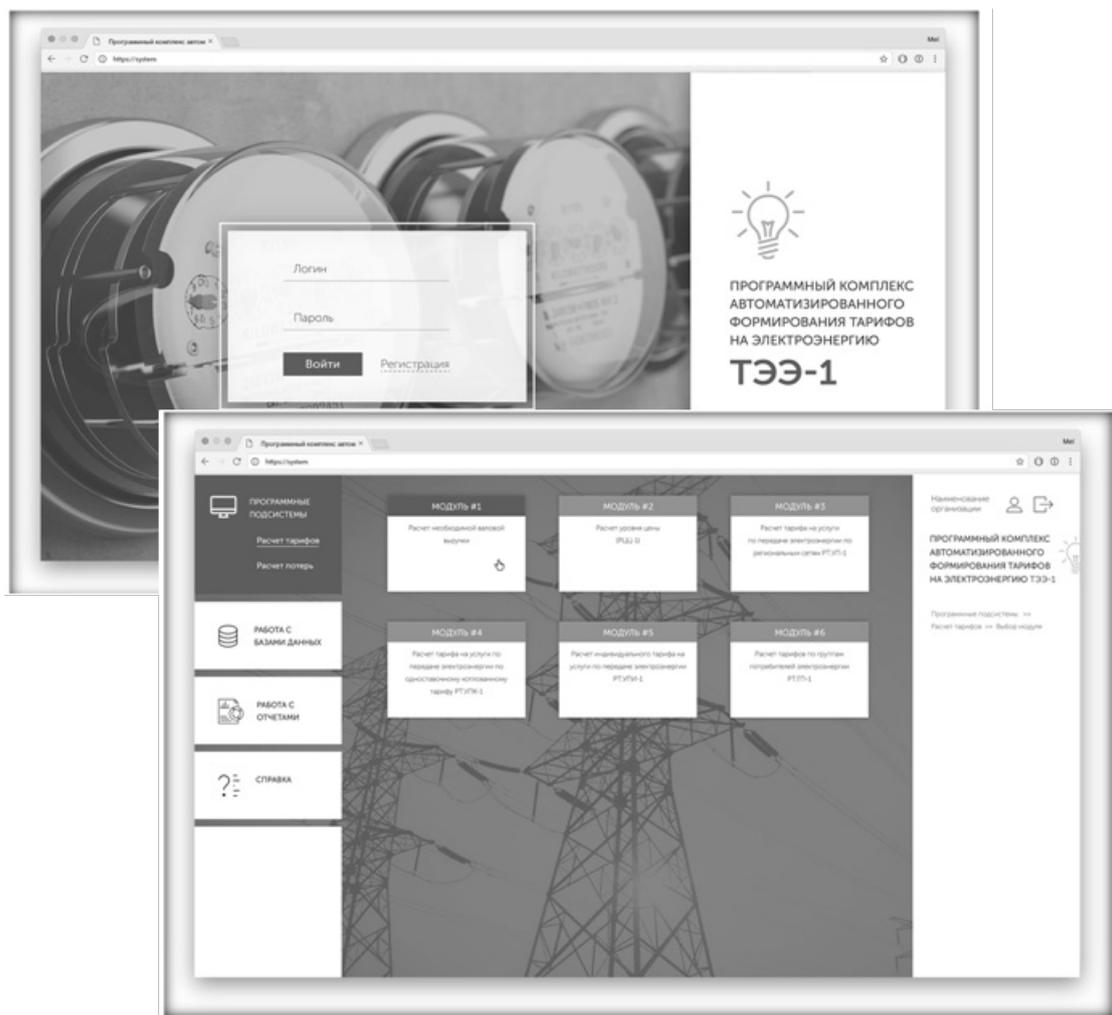


Рис. 4. Окна «Авторизация пользователей» и «Главное окно»

ществляется единой управляющей подсистемой, с общим для всех подсистем интерфейсом взаимодействия с пользователями и БД. При этом успешно реализуются условия абсолютной автономности входящих в состав **ТЭЭ-1** функциональных подсистем, каждая из которых реализуется с использованием уникального для нее функционального программного обеспечения и локальной базы данных (БД). Результаты работы локальной подсистемы вместе с данными, введенными пользователем реплицируются в банк данных комплекса для последующего использования управляющей подсистемой и другими функциональными подсистемами.

Взаимодействия локальных подсистем в процессе решения поставленной задачи осуществляется путем передачи части данных комплекса посредством репликации в локальную БД той подсистемы, где они требуются. Такая организация изменения в какой-либо подсистеме становится возможной благодаря организации и использования единого адресного пространства. Все

локальные подсистемы при такой организации должны иметь идентичную архитектуру (рисунок 3), а вся структура (архитектура) функционирует как единая система (комплекс).

В разработанном для программного комплекса **ТЭЭ-1** информационном обеспечении (ИО) принята реляционная модель БД, реализованная по архитектуре ANSI-SPARC для организации накопления информации, поддерживающей независимость данных (физическую и логическую). Таблицы и поля ИО являются статическими, что определялось четкостью структуры данных и определенностью решаемых задач. Для обеспечения безопасности данных, быстродействию, надежности и т.п. используется MS SQL, рекомендуемая для использования при реализации сложных программных комплексов.

Информационная база данных комплекса **ТЭЭ-1** характеризуется большой структурной и содержательной



Рис. 5. Интерфейсное окно работы со справочниками

сложностью, что потребовало выбора и использования единого подхода к формированию дружественного пользовательского интерфейса с целью обеспечения их внешнего представления в принятой форме.

Проведенный авторами анализ различных подходов к созданию пользовательских интерфейсов для сложно структурированных программных продуктов и возникающих при этом проблем подтвердил предварительно сформулированные предположения о необходимости при формировании пользовательских интерфейсов напрямую увязывать элементы управления с источниками информационных данных. А реализация такого подхода связана с необходимостью создания для каждого информационного элемента своего пользовательского интерфейса и выполнением всех необходимых при этом требований по использованию соответствующих средств ввода-вывода и организации дружественного диалога с пользователем. При разработке комплекса ТЭЭ-1 было принято другое решение этой проблемы, обеспечивающее приемлемый уровень адаптивности разрабатываемого интерфейса. Основная суть его заключается в динамическом формировании окон пользовательских интерфейсов функциональных подсистемы комплекса при решении стандартных задач взаимодействия с пользователем с использованием данных метаинформации о структуре и связях используемого элемента с другими элементами. Общее для всех функциональных подси-

стем программное обеспечение обеспечивает взаимодействие с пользователем и БД, а принятые и реализованные программные логики интерфейсов анализируют все происходящие в составе и структуре элементов локальных подсистем изменения и определяют правила работы пользователя с ними. Началом работы ТЭЭ-1 является запуск подсистемы «**Авторизация**» (окно интерфейса приведено на рисунке 4).

Подсистема «**Авторизация**» реализует процедуру считывания с реестра ОС настроек для установления связи с сервером БД. Занесение начальных записей может осуществляться либо при установке клиента ТЭЭ-1, либо с помощью сторонних средств системным администратором. Пользователь вводит имя пользователя и пароль только после успешного установления тестового соединения с БД, что повышает уровень безопасности и снижает вероятность несанкционированного доступа к ТЭЭ-1. Главное окно комплекса ТЭЭ-1 (рис. 5) открывается при успешном завершении процесса авторизации и отображает все необходимые для управления элементы, с использованием которых осуществляется выбор режима его работы и последующий вызов интерфейса соответствующей локальной подсистемы («**Работа с БД**», «**Расчет**», «**Отчеты**», «**Настройка**» и др.).

Режим «**Работа с БД**» обеспечивает реализацию и отображение процедур ввода и редактирования по-

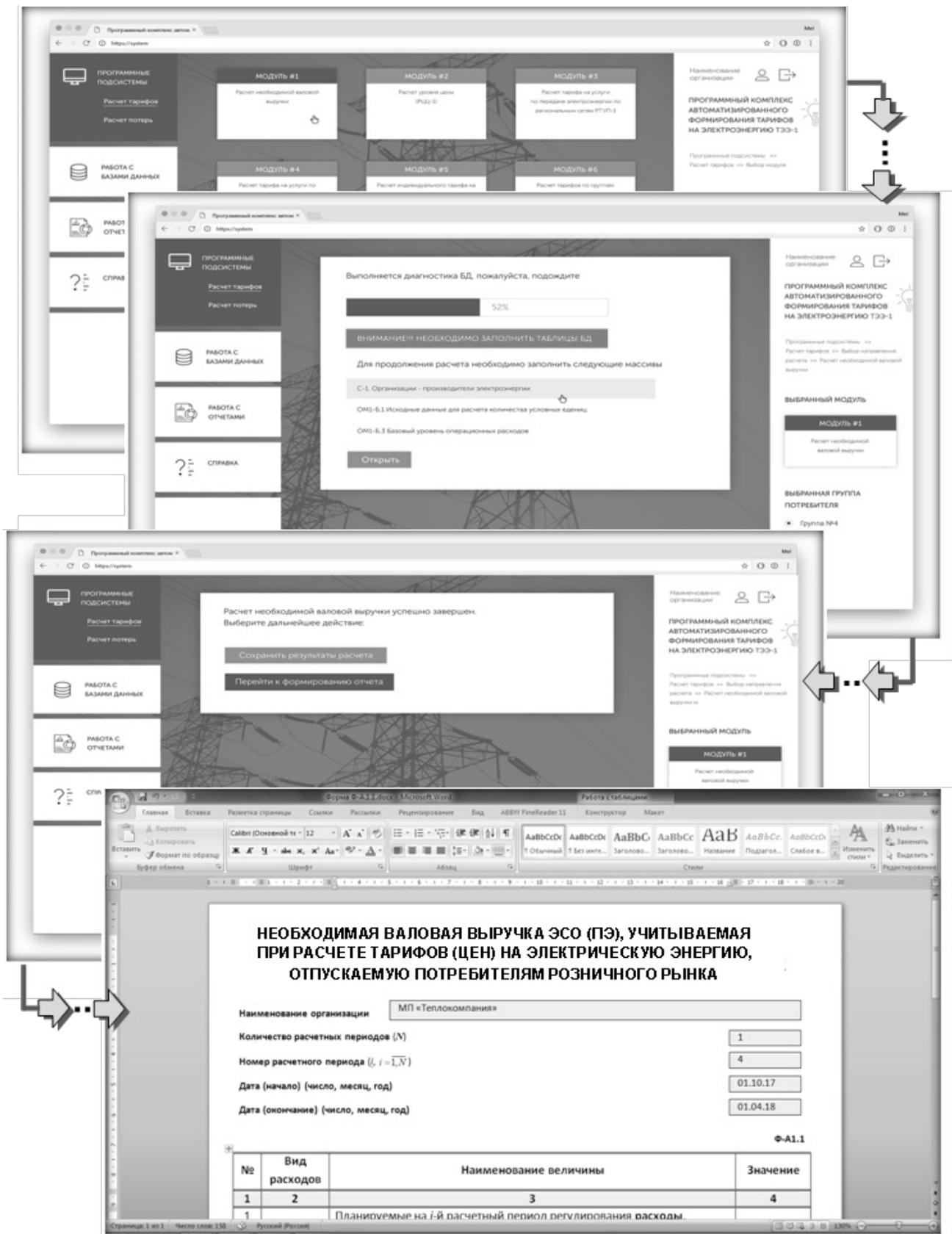


Рис. 6. Некоторые окна работы комплекса ТЭЭ-1 в режиме «Программные модули» («Расчет») и «Формирование отчета»

лей справочников и оперативных массивов, включая возможность использования ресурсов Интернет для обновления данных, при необходимости формирования и печати выходных форм установленной формы. Для выбора и заполнения полей таблиц БД применяется режим «скролинг». Пример окна работы со справочником приведен на рисунке 5.

Режим «**Расчет**» предусматривает предварительный выбор одной из реализованных программных подсистем; «**Расчет тарифов**» и «**Расчет потерь**».

Пример окон основных этапов подсистемы «**Расчет**» и «**Формирование отчета**» приведен на рисунке 6.

Поэтапная реализация задач в рамках выбранной подсистемы предусматривает на первом этапе проведения выбора направления расчета (соответствующего расчетного модуля). Далее автоматически осуществляется процедура диагностики соответствующих частей БД, обеспечивающая слежения за степенью корректности и готовности (достаточности) данных, используемых для реализации того или иного модуля расчета, формирование и выдачу сообщений о найденных несоответствиях

в части полноты заполнения полей таблиц БД и соответствия их установленным ограничениям.

По завершении расчетных процедур реализуется режим «**Работа с отчетами**» предусматривает возможности работы с ранее сформированными отчетами и по созданию новых отчетов. В качестве формата для файлов импорта / экспорта применен текстовый формат CSV.

С использованием данных архива **ТЭЭ-1** в режиме «**Работа с отчетами**» по заданным шаблонам формируются соответствующие отчеты, их вывод на экран и печать, а также сохранение их во внешних файлах.

Формируемые в результате работы программного комплекса **ТЭЭ-1** отчеты установленного вида используются на различных этапах формирования и анализа тарифов на производство и передачу электроэнергии. Кроме того в рамках комплекса реализованы процедуры, обеспечивающие возможность проведения экспериментальных исследования с целью решения задач поиска оптимальных решений и прогнозирования в рамках тарифного регулирования и энергосбережения при различных значениях исходных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арунянц Г.Г., Воронин Т. А., Айрапетов С. А. Тарифное регулирование деятельности субъектов электроснабжающего комплекса Калининградской области и пути его автоматизации / Г. Г. Арунянц, Т. А. Воронин, С. А. Айрапетов // Перспективы науки. Технические науки. Информатика, вычислительная техника и управление, 2016, № 6 (81). — С. 8–17
2. Арунянц, Г. Г. Концепция и особенности построения программного комплекса РТ-Q-1 автоматизированного формирования тарифов в сфере теплоснабжения / Г. Г. Арунянц, Т. А. Воронин, С. А. Айрапетов // Наука и бизнес: пути развития. — 2016. — № 3 (57). — С. 66–75
3. Методические указания по расчету регулируемых тарифов и цен на электрическую (тепловую) энергию на розничном (потребительском) рынке / Приложение к приказу Федеральной службы по тарифам от 6 августа 2004 года N20-э/2 (с изменениями на 14 апреля 2014 года).
4. Арунянц Г.Г., Воронин Т. А., Айрапетов С. А. Процесс регулирования деятельности субъектов теплоснабжающего комплекса Калининградской области и пути его автоматизации / Г. Г. Арунянц, Т. А. Воронин, С. А. Айрапетов // Научное обозрение, 2016, № 9. — С. 231–238
5. Лазева В. И. Преимущества и недостатки модели SaaS технологий / В. И. Лазева, Т. Г. Долгова. — Санкт-Петербург: Питер, 2014. — 143 с.
6. Якобсон, А. Унифицированный процесс разработки программного обеспечения / А. Якобсон, Г. Буч, Дж. Рамбо — СПб.: Питер, 2002. — 496 с.

© Арунянц Геннадий Георгиевич (suro99@mail.ru), Айрапетов Сергей Альбертович (sergey@kit39.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»