

Сопровождение и развитие Единой информационной модели ЕЭС России в иерархической структуре диспетчерского управления АО «СО ЕЭС»¹

Николай Беляев, начальник отдела сопровождения оперативного информационного комплекса нового поколения (ОИК НП) и информационной модели Службы внедрения и развития ОИК НП АО «СО ЕЭС»

¹ Статья подготовлена по материалам доклада, представленного автором в ходе организованной Системным оператором общетраслевой конференции «СІМ в России и мире», состоявшейся 10–12 февраля 2021 г.

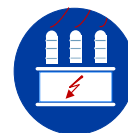


Эксплуатируемая Системным оператором Единая информационная модель (ЕИМ) Единой энергетической системы (ЕЭС) России представляет собой разработанную с использованием международных стандартов МЭК 61970 и МЭК 61968 (CIM) цифровую модель ЕЭС России, которая детально описывает основные элементы электроэнергетической системы, их свойства и связи между ними в виде стандартизованных определений и понятий. Разработка ЕИМ велась в Системном операторе в период с 2012 по 2016 г., после чего начался последовательный планомерный перевод на неё основных деловых процессов компании. Создание ЕИМ позволило объединить в одном месте данные множества разрозненных моделей, а использование стандартной структуры CIM позволило избежать дополнительных конвертаций при передаче данных ЕИМ в корпоративные информационные системы. В результате создания ЕИМ удалось оптимизировать обмен технологической информацией между 57 диспетчерскими центрами системного оператора, а также обеспечить эффективную интеграцию автоматизированных систем, эксплуатируемых в каждом из диспетчерских центров. Большой объём информации, используемой различными структурными подразделениями в каждом из диспетчерских центров, и устоявшаяся практика информационного взаимодействия в отрасли требовали организации стройной системы управления изменениями ЕИМ, которая учитывала бы уникальные особенности ЕЭС России и структуры оперативно-диспетчерского управления. Важ-

нейшую роль при выборе технологии сопровождения ЕИМ сыграла трёхуровневая структура оперативно-диспетчерского управления (ОДУ) ЕЭС России, исторически сформированная в Системном операторе и обусловленная его основными функциями. Системный оператор — инфраструктурная организация, единолично осуществляющая оперативно-диспетчерское управление ЕЭС России. ЕЭС России является одной из крупнейших энергосистем в мире и включает в себя 71 территориальную энергосистему. Все территориальные энергосистемы имеют различную конфигурацию, в каждой из них функционирует большое количество уникального оборудования, не имеющего аналогов в пределах ЕЭС. Например, в энергосистеме Иркутской области уже много десятков лет эксплуатируется реквизируемое и вывезенное из Германии после Второй мировой войны оборудование, изначально разработанное под иной класс напряжения. Другой пример: на Волжской ГЭС, крупнейшем генерирующем объекте энергосистемы Волгоградской области, эксплуатируется уникальный специально разработанный для этой станции фазоворотный трансформатор, не имеющий аналогов в ЕЭС России.

Кроме того, АО «СО ЕЭС» является координатором параллельной работы энергообъединения 13 стран — участниц синхронной зоны ЕЭС/ОЭС.

Уникальная особенность системы оперативно-диспетчерского управления ЕЭС России — её трёхуровневая структура: 49 региональных диспетчерских управлений (РДУ), обеспечивающих управление режимами territori-



880	> 10700	~ 480000 км	> 12000
Электростанции	Линии электропередачи		Подстанции
(> 5 МВт)	(110-1150 кВ)		(110-750 кВ)

Рисунок 1. Количественные характеристики объектов электроэнергетики ЕЭС России

АО «СО ЕЭС» является координатором параллельной работы энергообъединения 13 стран — участниц синхронной зоны ЕЭС/ОЭС.

альных энергосистем; 7 ОДУ, отвечающих за управление режимами объединённых энергосистем (ОЭС); один Главный диспетчерский центр (ГДЦ), обеспечивающий управление режимами ЕЭС и ответственный за поддержание частоты в рамках синхронной зоны ЕЭС/ОЭС.

Системный оператор не имеет собственных энергетических активов. Основная его деятельность — это оказание субъектам электроэнергетики, участникам рынков электрической энергии (мощности) услуг по оперативно-диспетчерскому управлению в электроэнергетике в соответствии с утверждёнными Правилами оперативно-диспетчерского управления в электроэнергетике, Правилами недискриминационного доступа к услугам по оперативно-диспетчерскому управлению

в электроэнергетике и оказанию этих услуг, иными нормативными правовыми актами Российской Федерации. Для выполнения этой деятельности Системный оператор в соответствии с приказом Минэнерго России от 13.02.2019 № 102 получает информацию о работе энергообъектов, входящих в состав ЕЭС России, их параметрах и характеристиках от сетевых и генерирующих компаний. Как правило, сначала информация поступает в региональные диспетчерские центры, а затем передается в ОДУ и ГДЦ. Таким образом, довольно разветвлённая сеть информационного обмена, действующая между филиалами сетевых и генерирующих компаний, дополняется передачей технологических сведений между различными уровнями диспетчерского управления. Действующая

практика информационного обмена и легла в основу построения и функционирования информационной системы цифровой модели ЕИМ.

При разработке системы управления изменениями ЕИМ необходимо было учитывать и другие факторы. В частности, с одной стороны, ЕИМ должна быть распределённой, чтобы удовлетворять требованиям к автономной работе диспетчерского центра в экстренных ситуациях. С другой — требуется обеспечить целостность и непротиворечивость данных во всех диспетчерских центрах одновременно. При этом различия в конфигурации территориальных энергосистем, а также в составе эксплуатируемого в пределах каждой из них оборудования приводят к тому, что уникальные компетенции по его моделированию распределены по всей стране. С учётом этих особенностей модель ЕЭС России была поделена между центрами уникальных компетенций — РДУ. Каждое РДУ ответственно за моделирование энергообъектов, оборудования и линий электропередачи, расположенных в его операционной зоне. За мо-

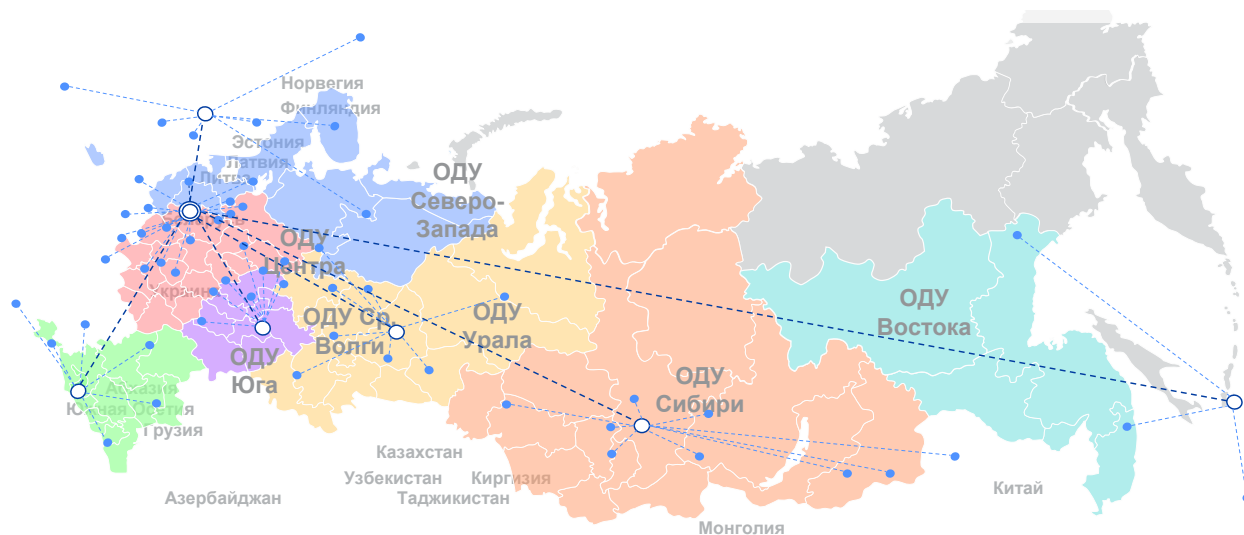


Рисунок 2. Масштаб деятельности АО «СО ЭЭС»

делирование энергосистем стран ближнего зарубежья, работающих в синхронной зоне, ответственны ближайšie к данным энергосистемам ОДУ.

В каждом диспетчерском центре «хранится» свой фрагмент ЕИМ. Этот фрагмент имеет объём, необходимый и достаточный для решения задач данного диспетчерского центра. Фрагмент включает в себя не только оборудование, расположенное в операционной зоне диспетчерского центра, но и оборудование ближайших к нему энергосистем, что необходимо для выполнения деловых процессов по планированию и управлению режимами. Все фрагменты модели взаимосвязаны, это означает, что одна

**УНИКАЛЬНАЯ
ОСОБЕННОСТЬ
СИСТЕМЫ
ОПЕРАТИВНО-
ДИСПЕТЧЕРСКОГО
УПРАВЛЕНИЯ ЕЭС
РОССИИ — ЕЁ
ТРЁХУРОВНЕВАЯ
СТРУКТУРА.**

и та же единица оборудования представлена везде в виде одного и того же объекта модели с идентичным идентификатором, а за моделирование каждой еди-

ницы оборудования несёт ответственность только один диспетчерский центр. Целиком ЕИМ ЕЭС России хранится в ГДЦ.

С учётом вышеописанной технологии выстроен процесс трёхэтапной актуализации ЕИМ. Первичная информация поступает в РДУ, где выполняются её анализ и внесение в ЕИМ. РДУ инициирует внесение изменений и направляет их в ОДУ. ОДУ консолидирует корректировки, предлагаемые на уровне входящих в состав его операционной зоны РДУ, проверяет их непротиворечивость и совместимость, выполняет верификацию данных, вносит «свои» изменения, а затем объединённые изменения направляет в ГДЦ. В ГДЦ выполняется комплексный

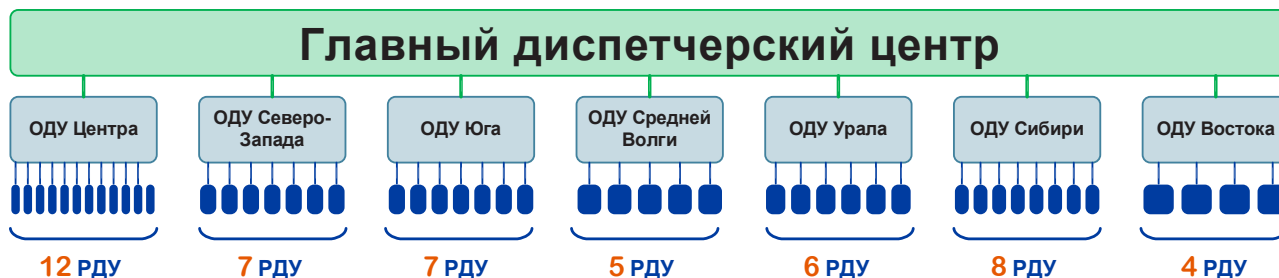


Рисунок 3. Иерархическая структура диспетчерского управления АО «СО ЭЭС»

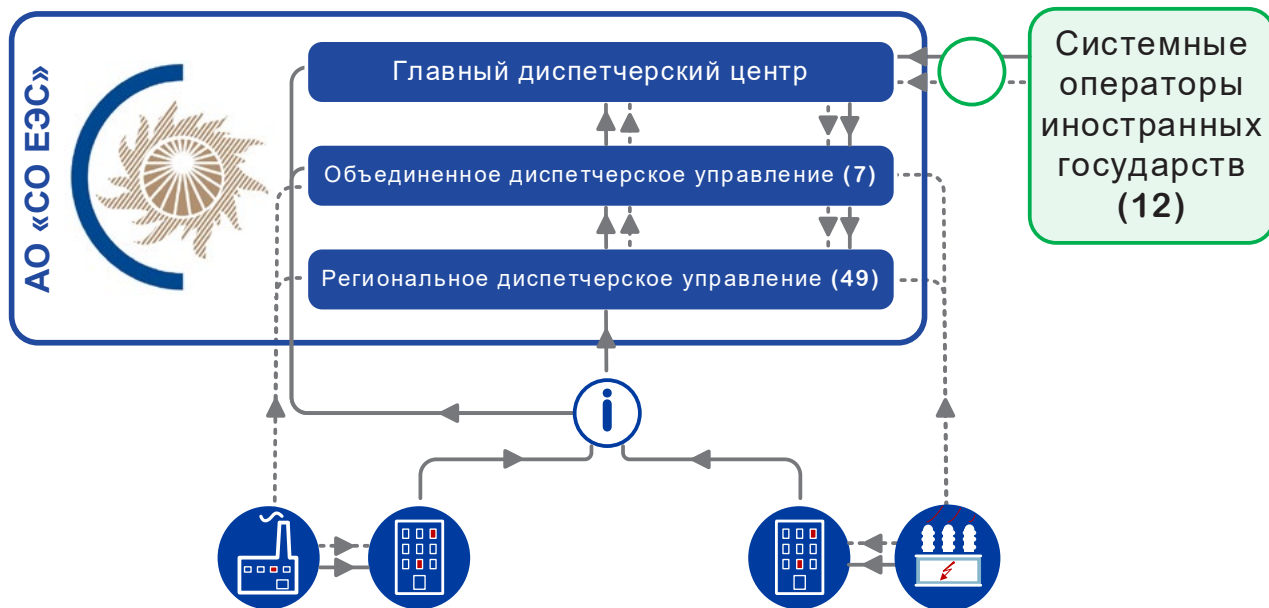


Рисунок 4. Информационные потоки в АО «СО ЕЭС»

анализ полученных наборов изменений, включая проверку целостности и непротиворечивости данных, и утверждается обновление информационной модели, которое распространяется затем во все диспетчерские центры.

Актуализация ЕИМ по регламенту выполняется один раз в календарный месяц. В рамках регламентной актуализации в ЕИМ учитываются изменения, которые должны произойти в энергосистеме в течение ближайших

РАСШИРЕНИЕ И ОБНОВЛЕНИЕ ЕИМ ПРИВЕЛИ К ТОМУ, ЧТО ОБЪЁМ ЕЁ ДАННЫХ С 2012 Г. УВЕЛИЧИЛСЯ БОЛЕЕ ЧЕМ В СЕМЬ РАЗ, И СЕГОДНЯ ОНА ВКЛЮЧАЕТ В СЕБЯ БОЛЕЕ 6,6 МЛН ИМЕНОВАННЫХ ОБЪЕКТОВ.

месяцев. Предусмотрена также процедура экстренного внесения изменений в ЕИМ вне регламента на случай, если изменения нельзя было предусмотреть заранее. При этом важно понимать, что добавление в ЕИМ, например, линии электропередачи означает внесение не одного, а целой совокупности взаимосвязанных объектов, предназначенных для описания самой ЛЭП, её телеметрии, характеристик и эксплуатационных ограничений, изменений в топологии сети, графических схемах, областях контроля и т.д. Строительство новых объектов электроэнергетики и ввод нового оборудования не единственные (и не основные) причины для добавления новых объектов в информационную модель. В настоящее время продолжается перевод деловых процессов Системного оператора на использование данных ЕИМ, в результате чего в неё добавляются новые данные и её размер постепенно увеличивается. Расширение и обновление



Рисунок 5. Управление изменениями информационной модели



Рисунок 6. ЕИМ ЕЭС России и синхронно работающего энергетического объединения, включающего в себя энергосистемы 13 государств



Рисунок 7. Верификация Единой информационной модели

ЕИМ привели к тому, что объём её данных с 2012 г. увеличился более чем в семь раз, и сегодня она включает в себя более 6,6 млн именованных объектов.

Данные ЕИМ используются в исполнительном аппарате и всех 56 филиалах Системного оператора при оперативном управлении режимом, расчётах электрических режимов, оценке состояния энергосистем, формировании перечней объектов диспетчеризации, согласовании плановых графиков ремонтов, управлении оперативными диспетчерскими заявками, а также при решении ряда других задач. Использование ЕИМ в большом количестве деловых процессов Системного оператора каждого из диспетчерских центров налагает беспрецедентно высокие требования к обеспечению качества данных. При этом если на уровне РДУ изменения могут быть проанализированы непосредственно сотрудниками, ко-

« Единая информационная модель — это не монолит, а совокупность взаимосвязанных информационных моделей.

торые их вносят, то на уровнях ОДУ и ГДЦ вручную проработать весь объём изменений, внесённых в каждом из 57 диспетчерских центров, в ограниченный промежуток времени становится невозможным. Всё это приводит к необходимости использования расширенных инструментов автоматизированной верификации данных с применением специального программного обеспечения (ПО). Такие инструменты в Системном операторе разработаны. Они подразделяются на две группы. Первая группа — формализованные проверки. Этот этап предполагает выполнение автоматической проверки данных с использованием заранее

разработанных правил проверки. Часть таких правил (системные правила) разрабатывалась производителем ПО. Другая их часть — корпоративные правила, учитывающие требования действующих стандартов и справочных данных, а также особенности построения информационной модели, разработаны непосредственно Системным оператором. В компании постоянно выявляются всё новые и новые формализуемые зависимости, которые позволяют убедиться в том, что используемые в ЕИМ данные действительно корректны. В случае выявления в ходе формализованной проверки некорректных данных, например отрицательного

значения длины линии электропередачи, это изменение ЕИМ блокируется, формируется ошибка, указывающая на необходимость устранения замечания. Вторая группа инструментов — технологические проверки. В рамках данной проверки ЕИМ, включающая в себя последние корректировки, передаётся в технологические службы, где выполняется анализ влияния внесённых изменений на выполнение таких технологических задач, как, например, расчёт установившихся режимов и оценка состояния энергосистем, анализ топологии или интеграция с внешними информационными системами. Эти расчёты позволяют оценить влияние изменений непосредственно на деловые процессы и подтвердить их корректность либо выявить допущенные ошибки. Для выполнения технологических проверок в Системном операторе также разработаны автоматизированные средства, позволяющие проанализировать, например, результаты расчёта установившегося режима всей ЕЭС России. Таким образом, изменения, вносимые разными пользователями в ЕИМ, проходят несколько этапов проверки, прежде чем направляются

ПОЛУЧЕННЫЙ В ХОДЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЕИМ ОПЫТ ДОКАЗАЛ ВОЗМОЖНОСТЬ И ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ УНИФИКАЦИИ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБМЕНА МЕЖДУ 57 ДИСПЕТЧЕРСКИМИ ЦЕНТРАМИ И ИНТЕГРАЦИИ ЭКСПЛУАТИРУЕМЫХ В НИХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ.

в вышестоящий диспетчерский центр. В вышестоящем диспетчерском центре они вновь проходят те же самые этапы проверки, что обеспечивает всестороннюю выверку информации. В результате изменения, вносимые в одном диспетчерском центре, проходят проверку на всех уровнях диспетчерского управления, что позволяет снизить риск возникновения ошибки и обеспечить

беспрецедентное качество данных ЕИМ.

Вышеописанная технология актуализации данных характерна для общих данных, например для данных расчётной модели энергосистемы. Как правило, такие данные нуждаются во всесторонней выверке, но оперативной актуализации не требуют. Однако ЕИМ не является монолитом, а включает в себя совокупность взаимосвязанных информационных моделей, интегрированных между собой с использованием СИМ. Отдельные части ЕИМ могут использовать иную, отличную от описанной выше, бизнес-логику актуализации данных и иные сроки внесения изменений.

При необходимости добавления новых данных в ЕИМ проводится анализ того, как следует сопровождать эти данные, в какие сроки они должны актуализироваться, в каких деловых процессах и автоматизированных системах эти данные используются. По результатам такого анализа принимается решение о технологии хранения и актуализации новых данных. В настоящее время ЕИМ активно развивается, технологии её сопровождения и инте-

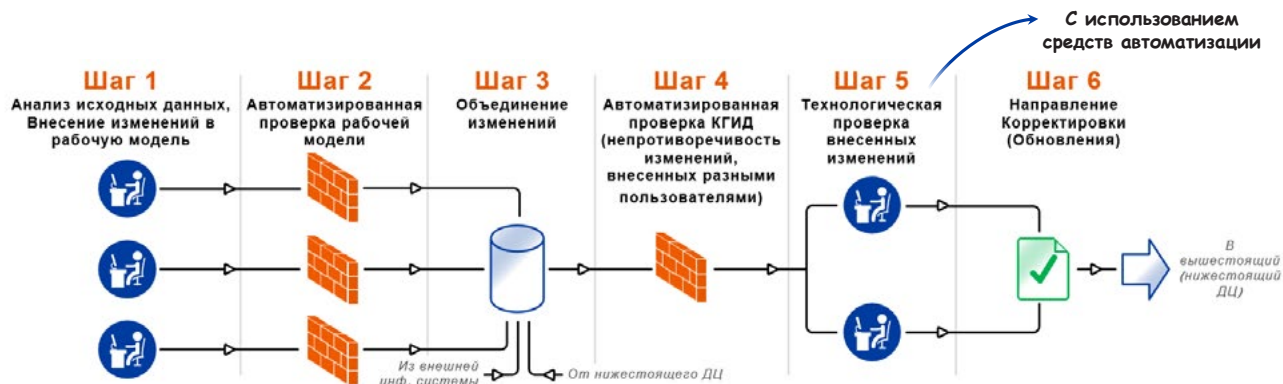


Рисунок 8. Процесс проверки внесённых в ЕИМ данных

грации с другими программными средствами совершенствуются и расширяется сфера применения. Очередным шагом к расширению сферы применения ЕИМ станет внесение в неё данных об устройствах релейной защиты и автоматики (РЗА). С этой целью Системным оператором совместно с ПАО «Россети» проводится разработка профиля информационной модели в части устройств и функций РЗА.

Полученный в ходе эксплуатации ЕИМ опыт доказал возможность и целесообразность применения СИМ для решения задачи унификации информационного обмена между 57 диспетчерскими центрами и интеграции эксплуатируемых в них автоматизированных систем. Положительные результаты промышленной эксплуатации ЕИМ позволили Системному оператору выступить с инициативой тиражирования технологии информационного обмена на базе СИМ в масштабах всей электроэнергетики. Инициатива Системного оператора была поддержана Минэнерго России и отраслевым сообществом, в результате чего были начаты работы по формированию соответствующего нормативно-правового фундамента. В 2019 г. были введены в действие разработанные Системным оператором в рамках деятельности ТК 016 «Электроэнергетика» основополагающие национальные стандарты серии ГОСТ Р 58651 «Единая энергетическая система и изолированно работающие энергосистемы. Информационная модель электроэнергетики», устанавливающие основные положения и базисный профиль информационной мо-

дели. С 1 января 2021 г. вступили в силу ГОСТы, расширившие базисный профиль и установившие профили информационных моделей генерирующего оборудования, а также линий электропередачи и электросетевого оборудования напряжением 110–750 кВ. Утверждение ГОСТов позволило начать пилотные проекты по организации автоматизированного обмена данными цифровых информационных моделей с субъектами отрасли — АО «Екатеринбургская электро-

сетевая компания» (АО «ЕЭСК»), АО «Концерн «Росэнергоатом», ОАО «Сетевая компания» (Татарстан), ПАО «Россети». В настоящее время пилотные проекты находятся в активной фазе, однако предварительные результаты «пилотов» подтвердили значительный положительный эффект внедрения технологии в части упорядочивания информационных потоков между предприятиями, повышения качества используемых данных, снижения числа ручных операций. ⚡

Автор



Николай Александрович Беляев — начальник отдела сопровождения оперативно-информационного комплекса нового поколения и информационной модели АО «СО ЕЭС». Окончил магистратуру Томского политехнического университета по программе «Электроэнергетические системы, сети, электропередачи, их режимы, устойчивость и надежность». Прошел обучение по программе Элитного технического образования Томского политехнического университета, включающей курсы проектного менеджмента и менеджмента инноваций с углубленной фундаментальной подготовкой. Кандидат технических наук. Эксперт WG 13 TC 5713 «Energy management system application program interface (EMS — API)» Международной электротехнической комиссии.

В процессе обучения приобрел опыт проектирования энергообъектов и работы в проектных институтах. Занимал должности диспетчера, старшего диспетчера центра управления сетями филиала ПАО «ФСК ЕЭС» — Кузбасское ПМЭС, где осуществлял оперативно-технологическое управление в магистральных электрических сетях Кузбасской энергосистемы. Затем перешел на работу в филиал АО «СО ЕЭС» — ОДУ Сибири, где занимался вопросами моделирования ОЭС Сибири в службе электрических режимов.

В настоящее время координирует процесс сопровождения и развития Единой информационной модели ЕЭС России, эксплуатируемой Системным оператором, а также отдельные вопросы внедрения и сопровождения ОИК нового поколения, используемого для оперативно-диспетчерского управления ЕЭС России. В последние два года сосредоточен на вопросах информационного обмена между субъектами электроэнергетики, разработке ГОСТ Р серии 58651 и методических материалов по их применению.