



**Некоммерческое партнерство
«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ
Единой энергетической системы»**

111 250, Москва, проезд Завода Серп и Молот,
дом 10, офис 608, Тел. (495) +7 495 012 60 07
E-mail: dtv@nts-ees.ru, <http://www.nts-ees.ru/>
ИНН 7717150757



Основана в 1724 году

**Российская Академия Наук
Секция по проблемам НТП в энергетике
Научного совета РАН по
системным исследованиям в энергетике**

УТВЕРЖДАЮ

Президент, Председатель
Научно-технической коллегии,
д.т.н., профессор

Н.Д. Рогалев

«11 » июля 2022 г.

ПРОТОКОЛ № 6

совместного заседания Секции «Активные системы распределения
электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС» и
Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по
системным исследованиям в энергетике на тему: **«Параметрический цифровой
двойник регионального электротехнического комплекса по
электропотреблению»**

16 июня 2022 года

г. Москва

Присутствовали: члены секции «Активные системы распределения
электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», сотрудники
НП «НТС ЕЭС», ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», АО «НТЦ ФСК ЕЭС», НИК С6 РНК
СИГРЭ, ПАО «Россети ФСК ЕЭС», ФГБУН «ИИЭИ РАН», ФББУН «ИСЭМ СО
РАН», ГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический
университет», Общевойскойской академии ВС РФ, ФГБОУ ВО «Нижегородский
ГТУ им. Р.Е. Алексеева», ФГБОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,
ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет имени В.Н.
Татищева», ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет», ООО
НПП «ЭКРА», ООО «РТСофт-СГ», ООО «Калининградский инновационный
центр «Техноценоз», всего **30** человек.

Со вступительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН», д.т.н. Илюшин П.В.

Во вступительном слове было отмечено, что вопросам создания цифровых двойников различных объектов, систем, процессов или людей в последние годы уделяется достаточно много внимания в различных отраслях экономики.

Это обусловлено тем, что цифровой двойник должен воспроизводить как форму, так и функционал оригинала в полном объеме, что дает возможность моделировать, что будет происходить с оригиналом в тех или иных условиях. Это дает возможность экономить время и средства, а также предотвращать возможность возникновения вреда для людей и окружающей среды.

В электроэнергетике вопросам создания цифровых двойников различных видов и типов оборудования также уделяется особое внимание, учитывая, что основное энергетическое и электротехническое оборудование является достаточно дорогостоящим и имеет длительные сроки службы. Как правило, созданием цифровых двойников указанного оборудования занимаются заводы-изготовители, что позволяет производить оценку изменений их технического состояния в различных режимах работы, а также своевременно планировать проведение работ по их техническому обслуживанию и ремонту.

Однако, опыта создания цифровых двойников комплексных объектов, состоящих из большого количества разнородного электротехнического оборудования, в России практически нет. В этой связи вопрос создания цифрового двойника регионального электротехнического комплекса по электропотреблению представляет интерес и является актуальным.

С докладом **«Параметрический цифровой двойник регионального электротехнического комплекса по электропотреблению»** выступил Гнатюк Виктор Иванович, доктор технических наук, профессор, академик РАЕН, профессор кафедры Энергетики ФГБОУ ВО «Калининградский государственный технический университет».

Основные положения доклада приведены ниже. Презентация доклада прикладывается (**Приложение 1**).

1. Представлена актуальность темы доклада, заключающаяся в том, что современное осмысление понятия цифрового двойника распространяется только на отдельные технические изделия или пространственно-технологические кластеры, при этом остается открытым вопрос разработки концепции цифрового двойника организационно-технической системы. Подобная задача может быть решена только в рамках третьей научной картины мира с использованием модели СЭТ-системы и универсальной методологии рангового анализа негауссовых систем. Предлагается ввести понятие СЭТ-системы – социально-

экономико-технической системы, включающей в себя социально-экономическую организационно-техническую и технико-экономическую системы. СЭТ-система – ограниченная в пространстве и времени взаимосвязанная совокупность технических изделий и пространственно-технологических кластеров, объединенных слабыми информационными и технологическими связями, оптимальное управление которой является особой процедурой и реализуется посредством рангового анализа. В качестве примера СЭТ-системы рассмотрен региональный электротехнический комплекс, а в качестве параметра последующей цифровизации принято электропотребление. Выделенная система использована в качестве объекта при разработке новой методологии управления электропотреблением, включающей статическую, динамическую и бифуркационную модели.

2. Исследования цифрового двойника по электропотреблению, а также цифровой платформы энергоэффективности, имеют отношение к бурно развивающейся в последние годы цифровой экономике. Известно, что цифровая экономика – это хозяйственная деятельность, в которой все данные содержатся в цифровой форме, что способствует созданию информационно-телекоммуникационных технологий и формированию технологической основы для социальной и экономической сферы. По устоявшемуся определению, цифровая энергетика – это элемент цифровой экономики в энергетической сфере. Известно мнение, что цифровая энергетика может рассматриваться как хозяйственная деятельность в энергетической сфере, в которой все данные содержатся в цифровой форме. Сутью основой цифровой энергетики является преобразование производственных, экономических и иных отношений в сфере производства, передачи, а также потребления энергии на основе новейших цифровых подходов и средств автоматизации.

3. Отмечен ряд тезисов, касающихся сути цифровой энергетики, изложенных в книге Д.В. Холкина «Люди цифры. Шесть взглядов на новую энергетику»: основное содержание цифровой энергетики, как части цифровой экономики, тяготеет к понятию «экономика»; важнейшая задача цифровой энергетики заключается в компенсации резко возрастающих издержек трансакций; проект в цифровой энергетике всегда связан с новой площадкой взаимодействия экономических субъектов; ключевую роль в цифровой энергетике играют модели процессов производства, передачи и потребления энергии; цифровизация не сводится лишь к применению современных цифровых информационно-коммуникационных средств; в основе цифровизации лежат методики, описывающие процессы функционирования потребителей энергии; цифровизация всегда связана с созданием цифровых платформ взаимодействия энергетики с потребителями; цифровизация ведет к освобождению человека от рутинны, сохраняя его достойную роль в технической реальности.

В этом контексте следует отметить, что концепция цифровой энергетики,

разрабатываемая в настоящее время электроэнергетическими компаниями и направленная на цифровую трансформацию отрасли, представляется несколько ограниченной. Дело в том, что в этой концепции ставятся задачи повышения надежности электроснабжения, наращивания уровня технического состояния производственных фондов электроэнергетики, а также снижения аварийности в энергосистемах. Как следствие, основной упор делается на техническое оснащение энергосистем цифровыми средствами измерения, телекоммуникации и автоматизации. При этом без внимания остаются вопросы создания принципиально новых цифровых платформ, обеспечивающих эффективное взаимодействие энергосистем с потребителями электроэнергии. Материал доклада в основном сосредоточен на интересах потребителей электроэнергии в рамках целевой установки по созданию теоретических предпосылок построения современной цифровой платформы энергоэффективности.

4. Отмечено, что концепция Интернета энергии, разработанная группой НТИ «Энерджинет» является одной из перспективных в рамках цифровой энергетики. Разработчики концепции полагают, что «электроэнергетические системы, построенные по традиционной централизованной архитектуре, к настоящему моменту практически полностью исчерпали свой ресурс эффективности. На них оказывают существенное давление новые вызовы времени: быстрое изменение характера спроса потребителей, рост издержек и снижение собственной экономической эффективности, энергетический переход, необходимость эффективной электрификации и освоения новых территорий. Эти вызовы в различных сочетаниях стоят перед электроэнергетиками разных стран по всему миру, а проблема исчерпания ресурса эффективности централизованной энергетики является всеобщей. Для ответа на эти вызовы требуется новая архитектура электроэнергетических систем – архитектура Интернета энергии». Пользователями Интернета энергии могут быть владельцы любого электроэнергетического оборудования, которое может производить (генерировать), накапливать (аккумулировать) и потреблять электроэнергию, а также субъекты, оказывающие владельцам электроэнергетического оборудования различные услуги. Неоспоримым достоинством новой концепции Интернета энергии является высокая технико-экономическая эффективность, а также устойчивость производства и передачи электроэнергии. Однако за кадром остается ключевая задача потребителей электроэнергии, заключающаяся в повышении энергоэффективности питаемых электроэнергией технологических процессов и гибкой управляемости процесса электропотребления.

5. В докладе сформулированы основные задачи цифровизации электропотребления: повышение энергоэффективности технологических процессов, гибкая управляемость потребления электроэнергии, устойчивость электроснабжения за счет режимного нормирования, а также снижение затрат на управление, экономические трансакции и всестороннее обеспечение.

Цифровизация электропотребления должна обеспечивать индивидуальный приборный учет, гибкую тарификацию, сменяемость провайдера, гарантированную генерацию и когенерацию, а также режимное нормирование.

6. Представлены ключевые требования, предъявляемые к цифровизации электропотребления:

– управляемость процесса потребления электроэнергии должна обеспечиваться с использованием процедур интервального оценивания, прогнозирования, нормирования и потенширования;

– оценка внутренних и внешних управляющих воздействия должна осуществляться в результате реализации тонких процедур рангового анализа: дифлекс-анализа, GZ-анализа, ASR-анализа и ZP-анализа, а также уточняющих процедур: МС-прогнозирования, DC-анализа и режимного нормирования;

– работа цифровой платформы должна сопровождаться постоянным мониторингом коэффициентов конверсии, а также дифлекс- и дамадж-параметров.

7. Отмечено, что к цифровым платформам, создаваемым в области электропотребления, должны предъявляться и общие требования, характерные для любого программного обеспечения. По Карлу Вигерсу их, весьма условно, можно разбить на четыре группы: бизнес-требования, пользовательские, системные и функциональные требования. Если выходить за рамки функционального подхода, то прежде всего целесообразно обращать внимание на следующее: кроссплатформенность, мобильность, защищенность, надежность, безопасность, возможность использования и дизайн.

8. Показан объект исследований – региональный электротехнический комплекс (СЭТ-система), который рассматривается как ограниченная в пространстве и времени обладающая техноценологическими свойствами взаимосвязанная совокупность потребителей электроэнергии, реализующая в единой системе управления и всестороннего обеспечения цель оптимального управления электропотреблением.

9. Представлена научная проблема, связанная с многолетним практическим воплощением закона оптимального построения техноценозов в области исследования региональных электротехнических комплексов, заключающаяся в разработке теории оптимального управления электропотреблением, в основе которой лежит методология рангового анализа техноценозов.

10. Отмечено, что в теории оптимального управления электропотреблением техноценозов, собственно понятие «электропотребление» занимает центральное место, однако, в его толковании имеется ряд проблем. Сразу отметим, что электропотребление, в зависимости от контекста, может рассматриваться как показатель, как параметр и/или процесс.

11. Представлен алгоритм параметрической виртуализации СЭТ-системы, позволяющий сформировать хранилище данных по электропотреблению, представляющее собой многомерный, долговременно хранимый OLAP-куб данных. Параметр электропотребления может быть одновременно описан четырьмя множествами, сформированными путем обработки следующих данных: 1) «сырых», загруженных непосредственно с приборов учета в базу; 2) верифицированных, полученных по результатам реализации применительно к «сырым» данным процедуры верификации; 3) отранжированных верифицированных данных; 4) аппроксимированных данных, полученных как ранговые проекции эмпирических верифицированных данных на аппроксимационном ранговом параметрическом распределении. Именно эти множества формируют четыре первичных слоя хранилища данных по электропотреблению техноценоза.

12. Введены понятия:

- цифровая платформа энергоэффективности – интегрированная информационно-аналитическая система, реализующая применение параметрического цифрового двойника в управлении, что позволяет повысить качество на всех этапах процесса электропотребления;
- однопараметрический цифровой двойник техноценоза – постоянно меняющийся цифровой профиль, содержащий наиболее актуальное хранилище данных по электропотреблению рангов (объектов) техноценоза;
- параметрическая виртуализация – способ создания цифрового двойника техноценоза, предполагающий формирование и обработку хранилища данных с использованием процедур рангового анализа по параметру электропотребления;
- цифровой слой данных – плоская структура данных (как правило, двумерный массив), хранящая идентифицируемый по индексу и/или рангу (первое измерение), а также номеру временного интервала (второе измерение), набор параметров (как правило, всех объектов техноценоза), являющихся результатом цикличной реализации программного функционала техноценоза на OLAP-кубе данных по электропотреблению;
- OLAP-куб – многомерный, долговременно хранимый массив данных техноценоза по электропотреблению, используемый в процессе интерактивного анализа энергоэффективности.

13. Отмечено, что темпорально согласованное гиперпараметрическое развертывание каждого из двумерных слоев исходного OLAP-куба в трехмерный куб формирует четырехмерный объект – тессеракт СЭТ-системы по электропотреблению.

14. Представлено обоснование цифрового двойника СЭТ-системы – постоянно меняющегося под воздействием программного функционала цифрового профиля, содержащего актуальное хранилище цифровых двойников

электропотребления, кубированных в кортеж цифровых векторов рангов (объектов).

15. Представлена концепция цифровой платформы энергоэффективности, под которой понимается интегрированная информационно-аналитическая система, реализующая применение цифрового двойника СЭТ-системы в управлении. Развитие теории цифровых двойников направлено на создание многопараметрического цифрового двойника СЭТ-системы, как распределенного процессора с массовым параллелизмом, построенного по принципу нейронной сети, узлы которой образуют однопараметрические тессеракты данных.

В обсуждении доклада и прениях выступили: Папков Б.В. (ГБОУ ВО «НГИЭУ»), Домышев А.В. (ФГБУН «ИСЭМ СО РАН»), Рабинович М.А. (НТЦ «ФСК ЕЭС»), Шихин В.А. (НИУ «МЭИ»), Сидоров С.М. (ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет»), Зайнутдинова Л.Х. (ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет»), Матисон В.А. (ООО НПП «ЭКРА»), Илюшин П.В. (председатель секции).

Папков Б.В. – Профессор кафедры «Электрификация и автоматизация» ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный инженерно-экономический университет», д.т.н., профессор.

Отметил, что следует более четко пояснить то утверждение, что при исследовании больших объёмов данных по электропотреблению не действует закон больших чисел и в этом случае необходимо переходить к распределению ципфа. Также при реализации процедуры прогнозирования следует уточнить конкретные параметры, которые получаются на выходе алгоритма.

Обратил внимание, что необходимо подробно пояснить характеристики процесса электропотребления, которые были бы понятны инженеру-электрику, а также представить обоснование ущерба от изменения электропотребления объекта СЭТ-системы.

Отметил, что в докладе не полностью показан практический аспект реализации параметрического цифрового двойника по электропотреблению для объектов СЭТ-системы: способы и воздействия при управлении электропотреблением.

Обратил внимание, что не совсем понятна необходимость использования всей базы данных при управлении электропотреблением одного объекта СЭТ-системы.

Следует пояснить, что при реализации режимного нормирования ограничение осуществляется в виде отключения электроприёмников на низкой стороне электроснабжения, а не потребителей в целом.

Отметил, что доклад профессора В.И. Гнатюка заслуживает особого внимания. Представленный аппарат прогнозирования электропотребления на основе больших данных имеет новый математический аппарат. Однако, подход к прогнозированию электропотребления также представлен в многочисленных работах д.т.н., профессора Б.И. Макоклюева, который следует учитывать.

Домышев А.В. – Старший научный сотрудник Отдела электроэнергетических систем ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук», к.т.н.

Обратил внимание, что в результате анализа предыдущих значений электропотребления объектов СЭТ-системы следует устанавливать оптимальный объём количества данных по электропотреблению.

Обратил внимание на то, что в результате рангового анализа не исследуются технологические свойства объектов СЭТ-системы, а анализируется только процесс их электропотребления. При этом основным показателем, определяющим качество электропотребления, является форма рангового параметрического распределения.

Отметил, что следует обратить внимание на целесообразность чёткого представления алгоритма воздействия на электропотребление объекта в условиях ресурсных ограничений на основе рангового анализа, а также показать место цифрового двойника в автоматизированных системах управления субъектов электроэнергетики и потребителей.

Обратил внимание на то, что отклонение значения электропотребления от нижней границы области допустимых значений позволяет определить его качественное состояние в данный момент времени, с целью определения необходимости проведения его энергетического обследования.

Отметил, что нейронная сеть цифровой платформы энергоэффективности содержит в ключевых узлах отдельные нейронные сети на основе однопараметрических цифровых двойников по заданному параметру, а линии связи представляют собой информационные связи, на которых строится программный функционал.

Рабинович М.А. – Главный научный сотрудник АО «Научно-технический центр Федеральной сетевой компании Единой энергетической системы», д.т.н.

Отметил, что понятие «цифровой двойник» является новым и заключается в приближении созданной модели процессов к реальным процессам, протекающим в энергосистеме. Однако в энергосистеме существует достаточно большое количество нестационарных процессов, которые нельзя учесть при прогнозировании электропотребления. Поэтому создание цифрового двойника сводится к максимальному учёту всех параметров и воздействий, которые объект имеет на текущий момент времени. На основе вышесказанного можно

утверждается, что модель, построенная на предыдущих данных, работает для целей прогнозирования. Но это не всегда так.

Обратил внимание, что бифуркции наблюдаются в детерминированных системах из-за их широкого разнообразия.

Отметил, что существует большой недостаток при прогнозировании электропотребления СЭТ-систем на краткосрочных интервалах, связанный с реализацией только классических методов прогнозирования.

Шихин В.А. – Заведующий научной лабораторией «Оптимизация и автоматизация энергетических и технологических систем» НИУ «МЭИ», к.т.н., доцент.

Обратил внимание на то, что модель однопараметрического цифрового двойника может использоваться не только в области электроэнергетики, но и в других областях. Практической ценностью исследования является новая модель представленного цифрового двойника.

Отметил, что целесообразно более нагляднее показать, когда исследуемые значения электропотребления одного объекта принадлежат гауссовому распределению, а также пояснить, что значит выборка обладает слабыми связями и какое различие между информационными и электрическими связями.

Отметил, что нижняя граница области допустимых значений выбрана в качестве критерия наилучшей оптимизации СЭТ-системы, правильно. Однако следует подробнее пояснить физический смысл дифлекс-угла и как на основе его значений определяется качество СЭТ-системы.

Сидоров С.М. – доцент кафедры «Интеллектуальные сети энергоснабжения» ФГБОУ ВО «Севастопольский государственный университет», к.т.н.

Обратил внимание на то, что целевая функция оптимизации электропотребления максимизируется по интегральному показателю энергоэффективности, который представляет собой отношение интегрального показателя качества электропотребления к интегральному показателю затрат. Суть интегрального показателя качества определяется величиной текущего потенциала энергосбережения по отношению к целевому потенциалу.

Отметил, что интегральный показатель энергоэффективности представляет собой численное значение и может быть получен в интервале от нуля до единицы.

Отметил, что целевая функция оптимизации процесса электропотребления СЭТ-системы является двухпараметрической: зависит от временной переменной и переменной, отражающей управляющее воздействие. Оптимизировать данную функцию можно с помощью аппарата динамического программирования с использованием принципа оптимальности Беллмана.

Обратил внимание на то, что в результате анализа данных по электропотреблению исключаются нулевые вероятностные значения ранговой топологической меры. Это возможно сделать в рамках процедуры верификации данных по электропотреблению.

Обратил внимание, что ранговые распределения по электропотреблению обладают фракталоподобными свойствами. Значения по электропотреблению импортируются в базу данных со счётчиков электроэнергии, которые устанавливаются на всех уровнях системы электроснабжения. Данную систему можно разделить на подсистемы, а подсистемы на агрегаты, узлы и т.д. Всё это порождает фракталоподобность ранговых распределений по электропотреблению. Возникает вопрос: «Может ли система после такого разделения воспроизвестись»? Да! Систему можно воспроизвести, учитывая необходимые требования. Важно заметить, что СЭТ-системы являются многонomenклатурными, но в данном исследовании анализируется один параметр – электропотребление и поэтому она воспроизводится. Кроме того, такие системы позволяют генерировать негауссовые выборки.

Зайнутдинова Л.Х. – Руководитель научно-образовательного центра «Альтернативная энергетика», профессор кафедры Электротехники, электроники и автоматики ФГБОУ ВО «Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева», д.п.н., к.т.н., профессор.

Обратила внимание, что создание однопараметрического цифрового двойника является новым подходом к управлению электропотреблением в больших технических системах. Кроме того, однопараметрический цифровой двойник можно создавать не только для электропотребления, но других параметров. Целесообразно в докладе привести количественный пример создания однопараметрического цифрового двойника и показать конкретную практическую выгоду от его применения.

Матисон В.А. – Заместитель Технического директора ООО НПП «ЭКРА» по цифровизации электроэнергетики, к.т.н.

Обратил внимание на то, что целесообразно продолжить исследования по созданию модели многопараметрического цифрового двойника не только для СЭТ-систем, но и для других.

Илюшин П.В. – Председатель секции «АСРЭ и РЭР», руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН», д.т.н.

Обратил внимание на необходимость исследования методов оптимизации по реактивной мощности на промышленных объектах СЭТ-систем с целью повышения качества управления процессом электропотребления, так как

основные потери фиксируются в оборудовании систем внутреннего электроснабжения: силовых трансформаторах, кабельных и воздушных линиях электропередачи и др.

Отметил, что своевременное обнаружение аномальных значений по потреблению реактивной мощности в системе внутреннего электроснабжения СЭТ-системы методом параметрической виртуализации данных позволит повысить её энергоэффективность за счёт своевременного внедрения средств компенсации реактивной мощности систем управления ими.

Обратил внимание, что по результатам анализа значений потребляемой реактивной мощности возникает возможность формировать не только управляющие воздействия на включение или отключение узла (агрегата), но и составлять планы развития системы, модернизации электроустановок, а также осуществлять изменение конфигурации системы внутреннего электроснабжения.

Отметил, что проблему оптимизации реактивной мощности на промышленных объектах СЭТ-систем с помощью метода параметрической виртуализации данных целесообразно сначала решить в рамках отдельного предприятия, потому что на данных предприятиях существует достаточное количество цифровых счётчиков и не такие большие объёмы данных. После реализации пилотного проекта можно будет эффективно использовать полученный опыт в больших энергосистемах.

Обратил внимание, что на данный момент в ПАО «Россети» реализуется программа цифровизации. В рамках данной программы на электросетевых объектах массово устанавливаются цифровые счётчики электроэнергии с высокой точностью. Вся информация с указанных счетчиков передается автоматически в базы данных по электропотреблению, что позволяет получить из этих баз наиболее достоверную информацию об электропотреблении за необходимый временной интервал и построить наилучший прогноз.

Отметил, что промышленные потребители электроэнергии с мощностью технологического присоединения выше 670 кВт имеют возможность работать в нескольких ценовых категориях, в которых существуют разные тарифы. Было бы целесообразно предложить метод параметрической виртуализации данных для главных энергетиков таких потребителей с целью отслеживания заявленного графика потребления мощности.

Заслушав выступления и мнения экспертов по результатам дискуссии, совместное заседание Секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НТК НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике **отмечает:**

1. Важность и актуальность поднятой в докладе проблемы цифровизации электропотребления, которая решается на основе цифровой профилизации, как

особой процедуры по созданию хранилища данных с использованием цифрового профиля, а также понятий цифрового двойника, цифрового вектора и программного функционала рангового анализа.

2. Целесообразность и перспективность применения однопараметрического цифрового двойника по электропотреблению для повышения энергоэффективности СЭТ-систем.

3. Новизну математического аппарата параметрической виртуализации данных по электропотреблению.

4. Обоснованность процедуры гиперпараметрического развёртывания данных по электропотреблению с целью установления зависимости между каждым значением параметра одного слоя OLAP-куба и соответствующими значениями параметров других слоев этого же OLAP-куба.

Совместное заседание Секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НТК НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике **решило:**

1. Рекомендовать автору продолжить исследования с целью создания модели многопараметрического цифрового двойника не только для СЭТ-систем, но и для других объектов промышленности.

2. Рекомендовать автору представить реальные примеры, позволяющие оценить в полной мере преимущества параметрической виртуализации данных по электропотреблению при его реализации в энергосистеме или в системе внутреннего электроснабжения промышленного предприятия.

3. Рекомендовать электросетевым компаниям, после исполнения п. 3, рассмотреть возможность использования:

– метода параметрической виртуализации данных, позволяющего создать однопараметрический цифровой двойник по электропотреблению на уровне распределительных сетей, с целью повышения качества планирования развития электросетевого комплекса, а также модернизации электросетевых объектов;

– цифровой платформы энергоэффективности для повышения энергоэффективности распределительных сетей в целом, состоящих из множества электросетевых объектов, потребляющих электроэнергию на собственные нужды.

4. Рекомендовать региональным диспетчерским управлениям Системного оператора, после исполнения п. 3, рассмотреть возможность использования метода параметрической виртуализации данных, с целью мониторинга электрической нагрузки центров питания по параметру электропотребления.

5. Рекомендовать энергосбытовым компаниям, после исполнения п. 3, рассмотреть целесообразность применения процедуры параметрической адаптации данных в рамках реализации метода параметрической виртуализации

данных, позволяющей осуществлять очистку, проверку и верификацию данных по электропотреблению объектов СЭТ-систем.

6. Рекомендовать главным энергетикам крупных/средних промышленных предприятий, после исполнения п. 3, рассмотреть возможность использования метода параметрической виртуализации данных для отслеживания заявленного графика мощности потребления электроэнергии, а также оптимизации по реактивной мощности в системе внутреннего электроснабжения.

7. Рекомендовать автору представить данный доклад на научных конференциях, семинарах и совещаниях, посвящённых обработке информации.

С заключительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований РАН», д.т.н. Илюшин П.В., в котором отметил, что метод параметрической виртуализации данных по электропотреблению играет важную роль в обеспечении устойчивого электропотребления объектов СЭТ-систем. Цифровая платформа энергоэффективности СЭТ-системы, облако электропотребления, а также многопараметрический цифровой двойник могут быть положены в основу систем искусственного интеллекта, создаваемых для реализации процессов управления на уровне третьей научной картины.

Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии,
д.т.н., профессор

B.V. Молодюк

Ученый секретарь Научно-
технической коллегии, к.т.н.

Я.Ш. Исамухамедов

Председатель секции «АСРЭ и РЭР»
НП «НТС ЕЭС», ученый секретарь
Секции по проблемам НТП в энергетике
Научного совета РАН по системным
исследованиям в энергетике, д.т.н.

П.В. Илюшин

Ученый секретарь секции «Активные
системы распределения ЭЭ и РЭР»
НП «НТС ЕЭС»

Д.А. Ивановский