



**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

«31» марта 2023 г.

ПРОТОКОЛ № 2

совместного заседания Секций «Активные системы распределения
электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» и «Возобновляемая
энергетика и гибридные энергетические комплексы» НП «НТС ЕЭС»,
Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным
исследованиям в энергетике

28 февраля 2023 года

г. Москва

Присутствовали: члены секций «Активные системы распределения
электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», «Возобновляемая
энергетика и гибридные энергетические комплексы» НП «НТС ЕЭС», ФГБОУ
ВО «НИУ МЭИ», ООО «РТСофт-СГ», сотрудники НП «НТС ЕЭС», ПАО
«Россети», АО «НТЦ ФСК ЕЭС», НИК С6 РНК СИГРЭ, ФГБУН «ИНЭИ РАН»,
ФГБУН «ИСЭМ СО РАН», ГБОУ ВО «Нижегородский государственный
инженерно-экономический университет», ФГАОУ ВО «Национальный
исследовательский Томский политехнический университет», ФГБОУ ВО
«Новосибирский государственный технический университет (НЭТИ)», ФГБОУ
ВО «Нижегородский ГТУ им. Р.Е. Алексеева», ФГБОУ ВО «Сибирский
федеральный университет», Комитет ВИЭ РосСНИО, ООО «РЭНЕРА»,
ООО НПП «ЭКРА», ООО «Системы Постоянного Тока», всего **88** 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 в последнее десятилетие наблюдается снижение удельной стоимости систем накопления электроэнергии (СНЭЭ), в связи с чем задача выбора оптимальной конфигурации СНЭЭ для микрогрид и гибридных энергетических комплексов становится все более актуальной. Особый интерес вызывают вопросы внедрения распределенных СНЭЭ в изолированных энергосистемах (энергорайонах) с целью увеличения срока службы углеводородной генерации, включая пиковую, ее замещения, а также оказания системных услуг. В связи с этим необходимо оценить технико-экономическую эффективность внедрения СНЭЭ и сформировать рекомендации по применению распределенных СНЭЭ в электроэнергетике России.

С докладом **«Опыт и перспективы использования технологий накопления электрической энергии в целях оптимизации режимов работы энергетического оборудования ТЭС»** выступили Непша Федор Сергеевич, к.т.н., ведущий специалист ООО «РТСофт-Смарт Грид», Шубин Николай Генрихович, к.т.н., директор по науке и инновациям ООО «РТСофт-Смарт Грид».

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

1. Представлена информация о серии программных продуктов, направленных на развитие распределенной энергетики при использовании систем накопления электроэнергии.

2. Разработанные продукты решают различные задачи на всех стадиях жизненного цикла объектов распределенной энергетики: подбор оптимальных параметров СНЭЭ при проектировании, выбор алгоритмов управления СНЭЭ и другим активным оборудованием в гибридных энергетических комплексах и микрогридах, автоматизация процесса управления электропотреблением при наступлении событий управления спросом на энергообъектах потребителя.

3. Представлена информация о механизмах окупаемости СНЭЭ, которые действуют в условиях России, которые учтены в разрабатываемом программном обеспечении. Отмечено, что наиболее эффективными механизмами окупаемости для систем электроснабжения, работающими параллельно с сетью, является снижение платы за генераторную и сетевую мощность. Механизм управления спросом не является достаточно эффективным для обеспечения окупаемости СНЭЭ. Тем не менее, представляется перспективным сочетание вышеуказанных механизмов при реализации потенциала энергетической гибкости потребителя.

4. Представлено программное обеспечение для проведения автоматизированной технико-экономической оценки (А-ТЭО) проектов строительства объектов распределенной энергетики.

5. Представленное ПО позволяет подобрать оптимальную конфигурацию СНЭЭ для микрогридов и гибридных систем электроснабжения путем имитационного моделирования всего жизненного цикла оборудования. При этом учитывается оптимальный набор входных данных, позволяющий приблизить получаемые результаты моделирования к реальной работе системы управления.

5.1. Отмечено, что наиболее эффективными зарубежными решениями по автоматизации процесса разработки технико-экономического обоснования является серия зарубежных программных продуктов HOMER и программные комплексы RETScreen и iHOGA.

5.2. В отличие от зарубежных программных продуктов, А-ТЭО является отечественной разработкой и имеет возможность гибкой доработки под потребности энергетического рынка России. При этом А-ТЭО является частью экосистемы программных продуктов и использует такие же алгоритмы, как и ПТК для управления распределенными энергоресурсами.

5.3. Рассмотрена структурная схема имитационной модели А-ТЭО, в которой отображаются параметры, учитываемые в процессе оптимизации и целевая функция оптимизация для микрогрид.

5.4. Рассмотрены примеры работы А-ТЭО с иллюстрацией режимов работы СНЭЭ, с учетом прогнозируемой вероятности наступления часа пиковой нагрузки и событий по управлению спросом. В качестве примера рассмотрены экономические эффекты от внедрения СНЭЭ для гибридной системы электроснабжения с фотоэлектрической станцией (ФЭС).

5.5. Отмечено, что представленное ПО позволяет подбирать оптимальный состав генерации на основе ВИЭ (ВЭС, ФЭС) при использовании программных скриптов. В дальнейшем планируется реализовать эту функцию в пользовательском интерфейсе ПО.

6. Представлен программно-технический комплекс (ПТК), предназначенный для реализации локальных алгоритмов управления распределенными энергоресурсами, взаимодействия с облачными сервисами и SCADA-системами.

7. Рассмотрена архитектура системы управления объектами распределенной энергетики, включающая два уровня:

7.1. Облачный уровень (Cloud), реализующий следующие функции:

- агрегация данных с метеорологических информационных систем и других источников;
- решение задач прогнозирования и формирования стратегии оптимального управления;
- предоставление прогноза часа пиковой нагрузки, электрической

нагрузки и генерации на основе ВИЭ;

- облачный сервис Агрегатора управления спросом, обеспечивающий трансляцию рекомендуемых значений потребления для успешного прохождения события управления спросом;
- мониторинг программного и аппаратного обеспечения.

7.2. Объектовый уровень (Edge), реализующий следующие функции:

- оптимальную стратегию управления, получаемую от облачного уровня;
- локальные алгоритмы управления для обеспечения надежного функционирования микроэнергосистемы в случае потери связи с облаком;
- ввод необходимых данных при наличии ограничений информационной безопасности;
- взаимодействие с АСУ ТП объекта управления.

Представлен опыт внедрения систем управления СНЭЭ при реализации коммерческих проектов:

- на собственной экспериментальной площадке с целью отработки и апробации алгоритмов оптимизации и прогнозирования, а также новых бизнес-решений;
- на промышленном предприятии с целью повышения энергоэффективности за счет снижения затрат на электроэнергию;
- в гибридных системах электроснабжения с целью снижения затрат на электроснабжение и повышения коэффициента использования установленной мощности генерацией на основе ВИЭ.

8. Отмечено, что новизной представленных решений является стремление к унификации используемых алгоритмов оптимизации при управлении распределенными энергоресурсами, а также прогнозированию нагрузки, генерации и часа пиковой нагрузки для приближения результатов, получаемых на этапе технико-экономического обоснования, к результатам, получаемым в процессе эксплуатации.

9. Рассмотрены перспективы применения распределенных СНЭЭ в автономных (изолированных) энергосистемах:

9.1. Показано, что наряду с известными вариантами эффективного использования СНЭЭ, такими как участие в предоставлении услуг энергетической гибкости (предоставление различного рода резервов мощности; регулирование частоты и напряжения), срез/смещение пиков нагрузок и спотовых цен на электроэнергию, применение СНЭЭ в изолированных энергосистемах позволяет значительно (на 50% и более) продлевать межремонтный период традиционных углеводородных пиковых газотурбинных генерирующих установок. Это обстоятельство может стать ключевым в плане успешного обоснования экономической окупаемости проектов внедрения СНЭЭ в изолированных энергосистемах.

9.2. В отличие от зарубежных вариантов применения больших СНЭЭ (Южная Австралия, проект компании Tesla 100 МВт/129 МВт·ч; Сингапур, проект компании Sembcorp 200 МВт/285 МВт·ч; Великобритания, проект Sembcorp Industries Ltd. 360 МВт), предусматривающих их концентрированное размещение на одной площадке и присоединение к энергосистеме в одной точке, предложен вариант применения распределенных СНЭЭ. Отличие этого варианта заключается в том, что необходимая мощность и энергоемкость СНЭЭ формируется путем информационного объединения множества относительно небольших секций (например, 5 МВт/5 МВт·ч), физически присоединяемых к удаленным друг от друга узлам энергосистемы, что имеет ряд преимуществ.

Во-первых, с точки зрения повышения системной надежности:

- отключение одной или двух секций распределенной СНЭЭ не сопровождается сильным возмущением в энергосистеме, а ее работоспособность и функциональность в целом сохраняются;
- появляется возможность использования отдельных секций распределенной СНЭЭ для разгрузки электросетевого оборудования (линий электропередачи, силовых трансформаторов);
- обеспечивается возможность использования отдельных секций СНЭЭ в качестве независимых локальных источников электроэнергии в различных узлах энергосистемы.

Во-вторых, с точки зрения организации локального регулирования напряжения в энергорайонах, прилегающих к месту установки отдельных секций распределенной СНЭЭ.

Во-третьих, открывается возможность неограниченного (по мере необходимости) наращивания мощности и энергоемкости распределенной СНЭЭ в перспективе за счет присоединения к ней СНЭЭ различных собственников; локального доступа к секциям распределенной СНЭЭ со стороны владельцев генерации на основе ВИЭ и электрочargedных станций электромобилей.

9.3. На начальной стадии применения распределенных СНЭЭ в изолированных энергосистемах, когда реальные ресурсные показатели аккумуляторных батарей еще не проверены опытом эксплуатации (заявляемое и фактическое количество циклов заряд/разряд аккумуляторных батарей могут существенно различаться), предложен малоразрядный режим использования распределенной СНЭЭ. В малоразрядном режиме (не более 1 цикла в сутки при глубине разряда до 80%) СНЭЭ является носителем быстрого синхронного резерва активной мощности и может эффективно участвовать в процессе регулирования частоты.

В обсуждении доклада и прениях выступили:

Сулов К.В., Шведов Г.В. (ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ»), Грибков С.В., Безруких П.П. (Комитет ВИЭ РосСНИО), Николаев В.Г. (АНО «НИЦ-АТМОГРАФ»), Нургатин Р.Ф., Давыдов А.В. (ООО «Интер РАО-Инжиниринг»), Нешта А.С., Фролов Р.А. (ООО «РЭНЕРА»), Нигматуллин Б.И. (ООО «Институт проблем энергетики»), Бык Ф.Л. (ФГБОУ ВО «НГТУ (НЭТИ)»), Ачитаев А.А. (СШФ ФГБОУ ВО «СФУ»), Ярославцев А.Б. (ФГБУН «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН»), Илюшин П.В. (НП «НТС ЕЭС», ФГБУН «ИНЭИ РАН»).

Сулов К.В. – профессор кафедры Гидроэнергетики и возобновляемых источников энергии ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», д.т.н., доцент.

Обратил внимание на необходимость учета возможности перехода микрогрид из островного режима в режим параллельной работы с энергосистемой при выполнении технико-экономического расчета.

Отметил целесообразность управления технологическим процессом у потребителей при реализации событий управления спросом с целью снижения затрат на электроснабжение.

Грибков С.В. – ученый секретарь Комитет ВИЭ РосСНИО, к.т.н.

Отметил целесообразность учета схмотехнических решений в системах накопления электроэнергии, особенно это относится к применению балансиров для выравнивания заряда элементов аккумуляторных батарей СНЭЭ.

Безруких П.П. – руководитель Комитета ВИЭ РосСНИО, д.т.н., профессор.

Обратил внимание на необходимость использования корректных терминов для обозначенных в докладе процессов. Должно быть «имитационное моделирование» вместо «симуляция», «планирование заряда/разряда накопителя» вместо «стратегия заряда и разряда накопителя».

Отметил, что генерация ВИЭ в балансе электроэнергии многих зарубежных государств превысила значение 10%. Это требует внедрения эффективных технических решений, позволяющих увеличивать долю генерации на основе ВИЭ в структуре генерирующих мощностей.

Николаев В.Г. – директор АНО «НИЦ-АТМОГРАФ», д.т.н.

Отметил, что целесообразно учитывать другие виды накопителей энергии в разрабатываемом программном обеспечении.

Нургатин Р.Ф. – главный эксперт Управления ввода объектов группы в эксплуатацию ООО «Интер РАО-Инжиниринг».

Отметил необходимость исследования совпадений результатов имитационного моделирования с фактическими результатами работы системы управления на объектах внедрения.

Нешта А.С. – руководитель направления Энергетика ООО «РЭНЕРА».

Отметил невозможность достижения китайского уровня цен на СНЭЭ без увеличения объемов производства и усиления государственной поддержки производства СНЭЭ на территории России. Снижение стоимости СНЭЭ возможно в дальнейшем при увеличении объемов заказа.

Отметил, что текущие тарифы на электроэнергию и цены на СНЭЭ не позволяют окупаться проектам достаточно быстро.

Подчеркнул, что ресурс СНЭЭ сильно зависит от качества цикла заряда/разряда. В рассмотренном варианте внедрения СНЭЭ в Калининградской области ресурс СНЭЭ будет больше заявленного в паспортных характеристиках из-за щадящего режима заряда/разряда.

Нигматуллин Б.И. – директор ООО «Институт проблем энергетики», д.т.н., профессор.

Отметил необходимость долгосрочного прогнозирования цен на СНЭЭ для оценки целесообразности их применения в новых проектах, планируемых к реализации в электроэнергетике России.

Фролов Р.А. – руководитель направления развития продаж ООО «РЭНЕРА»

Отметил, что ООО «РЭНЕРА» развивает мощности по утилизации аккумуляторных батарей СНЭЭ и предлагаю контракты полного цикла, включающие поставку, технического обслуживания и утилизацию.

Подчеркнул необходимость поддержки отечественных производителей для реализации масштабных инфраструктурных проектов.

Бык Ф.Л. – доцент кафедры «Автоматизированные электроэнергетические системы», в.н.с. научно-образовательного центра «Интеллектуальная энергия» ФГБОУ ВО «НГТУ (НЭТИ)», к.т.н., доцент.

Отметил необходимость учета не только локальных, но и общесистемных эффектов от внедрения объектов распределенной энергетики, включающими в свой состав СНЭЭ.

Необходимость учета распределенной генерации, установленной на промышленных предприятиях, при решении задачи оптимального управления с внедрением генерации на основе ВИЭ и СНЭЭ.

Ярославцев А.Б. – Заведующий кафедрой Неорганической химии и материаловедения ФГБУН «Институт общей и неорганической химии им. Н.С. Курнакова РАН», д.х.н., профессор, академик РАН.

Обратил внимание, что в современных условиях санкционных ограничений неэффективно ориентироваться на зарубежных производителей СНЭЭ. Необходимо работать в тесной кооперации для развития отечественных технологий СНЭЭ, что позволит реализовать технически и экономически эффективные проекты в области электроэнергетики.

Шведов Г.В. – доцент кафедры Электроэнергетических систем ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», к.т.н., доцент.

Отметил целесообразность первоочередной реализации мероприятий по организации оптимального управления технологическими процессами на промышленных предприятиях с целью снижения затрат на электроснабжение, перед принятием решения о внедрении СНЭЭ, которые являются достаточно дорогими на текущий момент времени.

Илюшин П.В. – Председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС», д.т.н.

Отметил отсутствие стандартизации терминов «минирид» и «микрогрид» в России. При этом обратил внимание, что термин «микрогрид» применяется к сетям 0,4 кВ, а «минирид» к сетям среднего напряжения 6-20 кВ.

Обратил внимание на необходимость усиления взаимодействия производителей СНЭЭ с субъектами электроэнергетики для оптимизации процесса внедрения СНЭЭ в электрические сети, при умеренном применении административного ресурса в качестве стимула к применению инноваций.

Подчеркнул целесообразность распространения результатов выполненного авторами исследования на другие энергосистемы, например, Оренбургэнерго. В указанной энергосистеме имеется значительная доля фотоэлектрической генерации, при этом на традиционных тепловых электростанциях с паротурбинными генерирующими установками наблюдается их повышенный износ в маневренных режимах.

Заслушав выступления экспертов по результатам дискуссии совместное заседание Секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», «Возобновляемая энергетика и гибридные энергетические комплексы» 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 принятия

оптимальных проектных решений при внедрении систем накопления электрической энергии, а также необходимость решения технических и организационных вопросов для безопасного и эффективного внедрения СНЭЭ.

2. Целесообразность и перспективность применения представленных программных продуктов на стадиях проектирования и эксплуатации, что содействует развитию распределенной энергетики в России.

3. Целесообразность и перспективность применения распределенных СНЭЭ в изолированных энергосистемах, не располагающих маневренными гидроэлектростанциями, в целях обеспечения высокого уровня системной надежности, качества электроэнергии, а также для продления эксплуатационной стадии жизненного цикла углеводородной пиковой генерации, в частности газотурбинных установок.

4. Целесообразность безотлагательного изучения вопроса о применении распределенных СНЭЭ в электрических сетях напряжением до 220 кВ, к которым присоединяются электростанции на основе ВИЭ с целью снижения интенсивности использования регулировочных ресурсов действующих паротурбинных мощностей, в особенности, находящихся в эксплуатации 20 и более лет, для снижения эксплуатационных и ремонтных затрат, а также продления эксплуатационной стадии их жизненного цикла.

5. Необходимость учета не только локальных, но и общесистемных эффектов от внедрения объектов распределенной энергетики.

Совместное заседание Секций «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», «Возобновляемая энергетика и гибридные энергетические комплексы» НИ «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам НТП в энергетике Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике **решило:**

1. Рекомендовать компании ООО «РТСофт-СГ» продолжить исследование и разработку представленных продуктов с целью стимулирования развития распределенной энергетики в России.

2. Рекомендовать компании ООО «РТСофт-СГ» рассмотреть вопрос применения распределенных СНЭЭ в Оренбургской энергосистеме для снижения интенсивности эксплуатации регулировочных ресурсов паротурбинных установок на тепловых электростанциях.

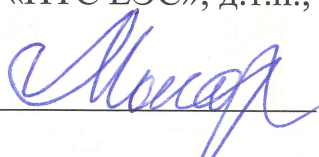
3. Рекомендовать ПАО «Россети» организовать деятельность по решению организационных и технических вопросов внедрения СНЭЭ в магистральных и распределительных электрических сетях.

4. Рекомендовать ВУЗам, НИИ, производителям СНЭЭ, разработчикам систем автоматизации в энергетике и электросетевым компаниям организовать рабочую группу по вопросам эффективного использования СНЭЭ в магистральных и распределительных сетях.

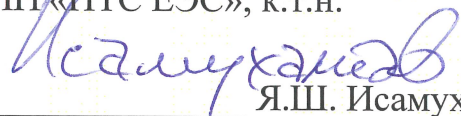
5. Рекомендовать производителям СНЭЭ и собственникам объектов распределенной генерации рассмотреть возможность применения программных продуктов, упоминаемых в докладе, для оптимизации процесса выбора конфигурации оборудования микрогрид и гибридных систем электроснабжения.

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 при внедрении СНЭЭ, а также объектов распределенной энергетики необходимо учитывать не только локальные, но и общесистемные эффекты для всех участников. При этом важно использовать оптимальные способы интеграции разнородных распределенных ресурсов, а также решать организационные и технические вопросы посредством конструктивного взаимодействия представителей субъектов электроэнергетики, производителей оборудования, проектных организаций и инжиниринговых компаний.

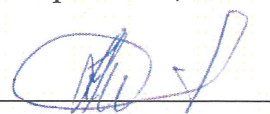
Первый заместитель Председателя
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», д.т.н., профессор

 В.В. Молодюк

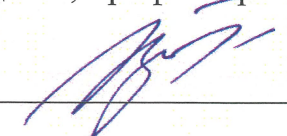
Ученый секретарь
Научно-технической коллегии
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.

 Я.Ш. Исамухамедов

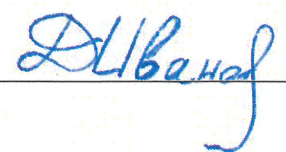
Председатель секции «АСРЭ и РЭР»
НП «НТС ЕЭС», ученый секретарь Секции
по проблемам НТП в энергетике Научного
совета РАН по системным исследованиям
в энергетике, д.т.н.

 П.В. Илюшин

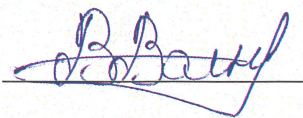
Председатель секции
«Возобновляемая энергетика и
гибридные энергетические
комплексы» НП «НТС ЕЭС»,
д.т.н., профессор

 М.Г. Тягунов

Ученый секретарь секции
«Активные системы распределения
электроэнергии и распределенные
энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС»

 Д.А. Ивановский

Ученый секретарь секции
«Возобновляемая энергетика и
гибридные энергетические
комплексы» НП «НТС ЕЭС»

 В.С. Вольный