



**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

УТВЕРЖДАЮ

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

Н.Д. Рогалев

«26 » марта 2020 г.

ПРОТОКОЛ № 2

заседания секции «Активные системы распределения электроэнергии и
распределенные энергетические ресурсы» НП «НТС ЕЭС» для рассмотрения
доклада по теме: **«Актуальные экономические и технические аспекты
применения систем накопления электрической энергии»**

13 февраля 2020 года

г. Москва

Присутствовали: члены секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», сотрудники НП «НТС ЕЭС», Минэнерго России, ФГБУ «РЭА», ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», АО «СО ЕЭС», ПАО «Россети», АО «НТЦ ФСК ЕЭС», ООО МНПП «АНТРАКС», НИК С6 РНК СИГРЭ, АО «НТЦ ЕЭС» (Московское отделение), ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», ФГБОУ ВО «НГТУ», ООО НПП «ЭКРА», АО «РТСофт», филиала «Русатом – Электротехника», всего **26** человек.

Со вступительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», проректор по научной работе ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», к.т.н. Илюшин П.В.

Во вступительном слове было отмечено, что в настоящее время в мировой электроэнергетике технологии накопления энергии и, в частности, электрической энергии находят все более широкое применение. Последние используются в бытовом секторе, на промышленных предприятиях, в электросетевых компаниях, а также на электростанциях, в том числе с ГУ на основе ВИЭ, для различных целей.

В связи с наличием длительного опыта эксплуатации систем накопления электрической энергии (далее – СНЭЭ) в зарубежных энергосистемах, в научно-исследовательской литературе подробно рассматриваются технические вопросы,

связанные с особенностями их интеграции и эксплуатации. Эти материалы являются актуальными и активно рассматриваются отечественным профессиональным сообществом электроэнергетиков.

В отечественной электроэнергетике опыт эксплуатации СНЭЭ в основном связан с применением источников бесперебойного электроснабжения (далее – ИБП) в системах электроснабжения особо ответственных потребителей (особой группы первой категории надежности электроснабжения). Однако в последнее время в связи с ростом требований к надежности и качеству электроснабжения, а также количества объектов на основе возобновляемых источников энергии интерес к использованию СНЭЭ в российской энергетике вырос, что подтверждается реализацией pilotных проектов СНЭЭ на солнечных электростанциях. При этом вопросы применения СНЭЭ отечественным профессиональным сообществом в достаточной степени не исследованы.

Для принятия обоснованных технических решений о целесообразности применения СНЭЭ в процессе проектирования необходимо иметь четкое представление об экономических и технических аспектах, связанных с интеграцией и эксплуатацией СНЭЭ.

С докладом «**Актуальные экономические и технические аспекты применения систем накопления электрической энергии**» выступил главный инженер по возобновляемой электроэнергетике и интеллектуальным сетям АО «Электронмаш» (г. Санкт-Петербург) С.В. Шавловский.

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

1. Представлен краткий обзор прогнозных данных различных профессиональных сообществ по росту объемов СНЭЭ в мире до 2040 г., а также обзор находящихся в эксплуатации СНЭЭ в России.

2. Представлена краткая информация о доступных способах применения СНЭЭ на электрических станциях, в магистральных и распределительных сетях, а также у конечных потребителей.

3. Отмечено, что из доступных к применению 13 механизмов, используются в России на сегодняшний день лишь два, а именно:

- для решения вопросов обеспечения надёжности электроснабжения конечных потребителей, функционирующих в составе энергосистем;
- в системах электроснабжения изолированных энергорайонов.

4. Отмечено, что применение СНЭЭ в России ограничено, при отсутствии законодательных запретов, по причинам отсутствия экономически эффективных моделей, высокой стоимости оборудования СНЭЭ, недостатка информации об особенностях эксплуатации СНЭЭ у потенциальных заказчиков, а также

отсутствия надёжных местных интеграторов, в том числе организующих сервисное сопровождение.

5. Отмечено, что в существующих экономических условиях СНЭЭ не могут конкурировать с традиционной генерацией в части оказания услуг по поддержанию системной надёжности.

6. Представлены способы эффективного применения СНЭЭ. Подробно рассмотрен вопрос использования СНЭЭ для снижения расходов на электроснабжения промышленных предприятий, находящихся в 1 и 2 ценовой зоне и тарифицируемых по 6 ценовой категории.

7. Представлен пример предприятия №1 – центр обработки данных, для которого рассмотрена возможность применения СНЭЭ в качестве ИБП. Выполнено сравнение функционала СНЭЭ и ИБП (двойного преобразования). Отмечено, что ИБП выполняет роль «электрической страховки», и если для потребителя отсутствие двойного преобразования и чистой синусоиды на выходе не является критичным, то СНЭЭ может заменить ИБП.

8. Показано, что у предприятия №1 (первая ценовая зона, 6 ценовая категория) имеются экономические эффекты от применения СНЭЭ на базе литиевых элементов, с мощностью инвертирования от 320 кВт до 1000 кВт, за счет снижения расходов на покупную мощность и оплату услуг по передаче электроэнергии на примере октября 2019 г. Для снижения расходов на приобретаемую мощность выбрано время разряда СНЭЭ 1 ч. 10 мин., ёмкость СНЭЭ выбрана из условия равенства КПД цикла 85% и глубины разряда SoC 20%, что позволяет «перекрыть» час прохождения максимума региона.

9. Представлены результаты анализа зависимости сроков окупаемости СНЭЭ от их технических параметров. Отмечено, что наибольший экономический эффект достигается за счёт снижения расходов на приобретаемую мощность. Заряд СНЭЭ в часы низкой стоимости электроэнергии (ночь) и разряд в часы высокой (энергетический арбитраж) не приводит к росту экономического эффекта и снижению сроков окупаемости.

10. Отмечено, что в условиях 1 ценовой зоны достижимым является 80% точность совпадения периодов разряда СНЭЭ со временем прохождения максимума региона. Такая точность может быть достигнута на основе анализа статических данных по часам максимума региона за предыдущие годы.

11. Отмечено, что применение СНЭЭ может быть актуально в 1 ценовой зоне для снижения расходов на мощность для тех предприятий и инвесторов, которые допускают для себя среднесрочные периоды окупаемости от 7 до 9 лет.

12. Рассмотрено влияние цены мощности на срок окупаемости СНЭЭ. Отмечено, что при низкой стоимости мощности (менее 665 тыс. руб./МВт* мес.), экономически обоснованные технические решения смещаются в область

мегаваттных мощностей СНЭЭ.

13. При рассмотрении снижения расходов на оплату услуг по передаче электроэнергии показано, что за счёт высокой длительности часов максимума Системного оператора (14 часов в сутки), суточное циклирование СНЭЭ может быть обеспечено только до мощностей разряда 250 кВт. Несмотря на то, что при таком сценарии автоматически обеспечивается попадание в часы максимума региона, сроки окупаемости становятся неприемлемыми (~20 лет) из-за кратного роста стоимости аккумуляторных батарей.

14. Показано, что у предприятия №2 – нефтеперегонный завод (вторая ценовая зона; 6 ценовая категория) экономический эффект от применения СНЭЭ на базе литиевых элементов, мощностью инвертирования от 1000 кВт до 8000 кВт с целью снижения расходов на покупную мощность и оплату услуг по передаче электроэнергии на примере октября 2019 г. Отмечено, что при условиях расчёта, аналогичных предприятию №1, инвестиции могут приближаться к 500 млн. руб., а срок окупаемости при использовании СНЭЭ лишь для снижения расходов на покупную мощность приближается к 8,5 годам.

15. Отмечено, что при большой мощности СНЭЭ есть вероятность сдвига часов максимума региона. Кроме того, крайне высокие первичные инвестиции делают необходимым для больших СНЭЭ, установленных «за счётчиком», разработку механизмов оплаты, когда СНЭЭ «за счётчиком» оказывает услуги по поддержанию системной надёжности.

16. При рассмотрении механизма по управлению спросом за счёт применения СНЭЭ, отмечено, что с точки зрения окупаемости СНЭЭ, управление спросом может рассматриваться только лишь как вспомогательный поток возврата инвестиций, так как конкурентная основа отбора заявок приводит к снижению стоимости оказываемых услуг. Для предприятия №1 показано, что при условии прохождения заявки со стоимостью 500 тыс. руб./МВт*мес., вероятно снижение срока окупаемости СНЭЭ на величину до 2 лет.

17. Представлен обзор прочих механизмов окупаемости СНЭЭ, таких как возможность отсрочки инвестиций в новое электросетевое строительство, высвобождение мощности ДЭС (ГТУ), обеспечение устойчивой работы изолированных энергорайонов с буровыми установками.

18. Отмечено, что в настоящее время конечным потребителям с прогнозируемым профилем нагрузки стоит рассматривать СНЭЭ как эффективный механизм по снижению расходов на мощность. При одновременном участии в программе по управлению спросом и реализации функционала ИБП это позволяет использовать уже сейчас три механизма окупаемости. При существующих ценах на СНЭЭ и тарифах на мощность в европейской части России срок окупаемости СНЭЭ может составить 6-7 лет.

19. Представлены способы применения систем гарантированного питания (далее – СГП), представляющих собой шкаф (группу шкафов) с двунаправленным инвертером, литий-железофосфатными аккумуляторными батареями и системой управления, обеспечивающей совместную работу фотоэлектрических модулей и внешнего генератора. Выполнено сравнение функционала СГП и ИБП. Сделан вывод о том, что СГП обеспечивает более широкий функционал (аналогично сравнению ИБП и СНЭЭ).

20. Рассмотрено применение СГП для обеспечения работы электроприёмников в условиях сети ограниченной мощности за счёт возможности восполнения недостатка мощности от аккумуляторной батареи.

21. Представлен пример обеспечения технологической надёжности при оперировании задвижками трубопроводов на дюкерном переходе (переход трубопровода под руслом реки) за счёт возможности эффективно комбинировать источники электроэнергии (сеть, ВИЭ, генератор), с точки зрения обеспечения надёжности электроснабжения, в случае расположения перехода вдалеке от инфраструктуры и расположении оборудования в теплоизолированном кессоне.

22. Представлен пример организации электроснабжения оборудования геологоразведочной установки от СГП. Сделаны выводы о возможности существенного снижения операционных расходов на работу генератора за счёт уменьшения количества часов его работы и повышения величины загрузки до экономически обоснованного предела.

23. Представлен пример организации электроснабжения АЗС от совокупности источников электроэнергии (ВИЭ, ДЭС и СГП). На основе расчётов балансов показана принципиальная возможность такого варианта электроснабжения АЗС в условиях Краснодарского края, а также возможные характеристики СГП.

24. Отмечено, что в настоящее время для СГП имеются ниши применения не только в частных домохозяйствах, но для электроснабжения особо ответственных электроприемников промышленных потребителей.

В обсуждении доклада и прениях выступили: Перевалов К.В. (АО «РТ Софт»), Матисон В.А. (ООО НПП «ЭКРА»), Гусев Ю.П., Шихин В.А. (ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ»), Горожанкин П.А. (ООО МНПП «АНТРАКС»), Гайснер А.Д. (АО «НТЦ ФСК ЕЭС»), Орлов С.Б. (Ассоциация «РУСБАТ»), Родионов В.А. (филиала «Русатом – Электротехника»), Илюшин П.В. (председатель секции АСРЭиРЭР).

С экспертными заключениями по тематике доклада выступили:

Перевалов К.В. – Руководитель продуктового направления Microgrid АО «РТСофт».

Обратил внимание, что СНЭЭ являются наиболее гибкими источниками электроэнергии, позволяющими эффективно управлять объектами распределенной генерации на стороне потребителей розничного рынка.

Отметил, что в распределительных сетях напряжением 0,4 кВ применение СНЭЭ позволяет решить проблему обеспечения качества электроэнергии за счет предотвращения снижения напряжения на шинах электроприемников в часы максимумов нагрузки. Кроме того, СНЭЭ целесообразно использовать для повышения категории надежности электроснабжения потребителей, так как СНЭЭ может рассматриваться в качестве второго независимого источника.

Обратил внимание, что прямое технико-экономическое сравнение СНЭЭ и ИБП некорректно, так как данные устройства имеют различные цели и задачи при их использовании.

Отметил, что эффективность использования СНЭЭ с целью снижения величины мощности в пиковые часы нагрузки напрямую зависит от точности прогнозирования часов максимума Системного оператора. При этом имеется большая дифференциация в точности прогноза по регионам. В связи с этим, при технико-экономическом обосновании использования СНЭЭ для данных целей, целесообразно организовать взаимодействие с региональными сбытовыми организациями с целью повышения точности прогноза.

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

Отметил, что в настоящее время существует тенденция снижения стоимости СНЭЭ. Однако, данная тенденция справедлива только для непосредственно стоимости самих батарей. Стоимостные показатели инверторного оборудования остаются достаточно высокими и снижаются с годами в существенно меньшей степени.

Обратил внимание, что в электротранспорте аккумуляторные батареи могут использоваться до снижения их энергоемкости, от паспортных технических характеристик не более чем на 20%.

Обратил внимание, что в ближайшее время на рынок энергетического оборудования в большом количестве будут поступать аккумуляторные батареи, отработавшие в электротранспорте, но пригодные для дальнейшего использования в СНЭЭ.

Гусев Ю.П. – Заведующий кафедрой «Электрические станции» ФГБОУ ВО «НИУ МЭИ», к.т.н., доцент.

Обратил внимание, что в настоящее время, для обеспечения устойчивой работы двигательной нагрузки (обеспечения прямых пусков) от объектов распределенной генерации, проектировщики вынуждены завышать установленную мощность данных объектов.

Отметил, что при совместной работе СНЭЭ и объектов распределенной генерации, имеется возможность обеспечить устойчивую работу двигательной нагрузки при правильной настройке систем регулирования и без увеличения установленной мощности данных объектов.

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

Обратил внимание, что одной из перспективных зон совместного применения СНЭЭ и объектов ВИЭ является районы Крайнего Севера и Дальнего Востока страны.

Отметил, что при проектировании интеграции СНЭЭ одним из важных показателей является степень деградации аккумуляторов. Однако, зачастую, данные показатели не предоставляются заводами-изготовителями аккумуляторных батарей, что не позволяет обеспечить достаточную точность результатов при разработке технико-экономического обоснования.

Горожанкин П.А. – Руководитель Департамента разработки и сопровождения НИОКР МНПП «АНТРАКС», к.т.н.

Обратил внимание, что установка СНЭЭ в электрическую сеть равносильна интеграции генерирующей установки, что влечет за собой реконструкцию релейной защиты и противоаварийной автоматики в прилегающей сети.

Отметил, что в СНЭЭ с инверторами ведомыми сетью, отключение внешнего электроснабжения будет приводить к отключению СНЭЭ, в связи с отсутствием опорного напряжения. Поэтому для организации резервного электроснабжения от СНЭЭ необходимо применение частотоведущих инверторов, которые несколько дороже по стоимости и это нужно учитывать при разработке технико-экономического обоснования.

Гайснер А.Д. – Сотрудник АО «НТЦ ФСК ЕЭС», к.т.н.

Обратил внимание, что по отечественным статистическим данным деградация аккумуляторных батарей, функционировавших в качестве резервных источников электроснабжения в системах собственных нужд подстанций, составила за 3 года порядка 50%.

Отметил, что одним из способов повышения экономической эффективности от применения СНЭЭ является комбинированное их использование для решения нескольких задач.

Орлов С.Б. – Директор Ассоциации производителей источников тока «РУСБАТ», Председатель технического комитета Росстандарта ТК044 «Аккумуляторы и батареи».

Обратил внимание, что в ближайшее время в мировой электроэнергетике ожидается переход на использование нового типа литий-ионных аккумуляторных батарей с твердым электролитом, которые имеют более высокий класс пожарной безопасности.

Отметил, что в Германии стоимость 1 кВт*ч электроэнергии от СНЭЭ уже снижена до 10 евроцентов, что является очень хорошим показателем.

Обратил внимание, что существенный рост в использования СНЭЭ в Европе связан, в первую очередь, с жесткими требованиями к экологичности первичных источников энергии. А в случае широкого использования источников энергии на основе ВИЭ применение СНЭЭ становится необходимым.

Родионов В.А. – Главный эксперт Филиала «Русатом – Электротехника».

Обратил внимание, что найти инвесторов для проектов интеграции СНЭЭ при сроках окупаемости более 10 лет достаточно сложно. Максимальный срок окупаемости проектов, который рассматривается в настоящее время инвесторами, составляет не более 5-7 лет, а в некоторых случаях и меньший.

Отметил, что в Южной Корее, в связи с большим количеством пожаров, связанных с использованием литий-ионных аккумуляторных батарей, рекомендуется использование ванадиевых проточных батарей для совместной работы с солнечными электростанциями.

Обратил внимание, что существует большое количество модификаций литий-ионных батарей, ряд из них при функционировании выделяют водород и являются опасными с точки зрения пожарной безопасности. При этом безопасными с данной точки зрения являются литий-железо-фосфатные аккумуляторы.

Илюшин П.В. – Председатель секции «АСРЭиРЭР», проректор по научной работе ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», к.т.н.

Обратил внимание на целесообразность применения СНЭЭ на закрытых центрах питания без замены силовых трансформаторов, что оправдано в условиях ограничения площадей, так как в ряде случаев габариты нового

силового трансформатора будут требовать проведения реконструкции фундамента, маслоприемного и маслосборного устройства.

Отметил, что при совместной работе СНЭЭ и объектов распределенной генерации важно обеспечить координацию быстродействия регуляторов скорости генерирующих установок и систем автоматического управления СНЭЭ. Это требуется для исключения возможности возникновения колебательной неустойчивости при изменении режимов работы.

Обратил внимание, что срок эксплуатации аккумуляторных батарей, установленных на городском электротранспорте, оказался значительно ниже расчетного, порядка 3,5 – 4 лет. При этом остро возникают вопросы, связанные как с разработкой методики проведения испытаний аккумуляторных батарей для электротранспорта, а также их утилизацией, после вывода из эксплуатации.

Заслушав выступления и мнения экспертов по результатам дискуссии заседание секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» отмечает:

1. Установка и использование технологий накопления электроэнергии является перспективным направлением в повышении экономической эффективности промышленных предприятий, за счет снижения затрат на приобретение электроэнергии в часы максимумов нагрузки в энергосистеме.

2. Установка СНЭЭ «за счётчиком», то есть у конечного потребителя при условии электроснабжения по 4-6 ценовой категориям, с набором дополнительных функций (резервное электроснабжение, повышение коэффициента мощности, симметрирование нагрузки по фазам питающей сети), является перспективном механизмом снижения сроков окупаемости СНЭЭ.

3. Эффективность применения СНЭЭ в часы максимума региона с точностью прогноза максимума потребления около 80% является достижимой для московского региона и может быть использована в расчётах окупаемости. Для других регионов необходима индивидуальная оценка точности попадания периода разряда в часы прохождения максимума региона.

4. Сроки окупаемости СНЭЭ, которые целесообразно рассматривать при оценке проектов с государственным участием составляют около 7 лет, с привлечением частных инвестиций до 5 лет.

5. Целесообразность применения СНЭЭ в качестве альтернативы строительству дополнительных кабельных линий напряжением 110-220 кВ в условиях плотной городской застройки методом горизонтального направленного бурения, при определенных длинах КЛ.

6. Альтернативой применению новых литий-ионным аккумуляторов в СНЭЭ для электроэнергетики могут быть батареи, бывшие в употреблении на

электротранспорте. Однако такие батареи целесообразно применять в случаях, где не требуются большие кратности токов заряда/разряда.

7. СНЭЭ малой мощности могут эффективно использоваться в составе систем автономного электроснабжения (5-15 кВт), что способствует существенному сокращению операционных расходов на функционирование бензиновых или дизельных генерирующих установок.

Заседание секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы» решило:

1. Отметить положительный вклад докладчика в анализ способов эффективного применения и механизмов окупаемости СНЭЭ для снижения расходов на электроснабжение промышленных предприятий, а также подготовку расширенного обзора вариантов применения СГП малой мощности.

2. Отметить актуальность представленных в докладе материалов, а также походов к оценке периода окупаемости проектов интеграции СНЭЭ для снижения расходов на электроснабжение промышленных предприятий.

3. Рекомендовать автору продолжить аналитическую и научно-исследовательскую деятельность в других областях применения СНЭЭ, с целью разработки методики обоснования применения СНЭЭ с анализом окупаемости при совместном их функционировании с объектами распределенной генерации в изолированных энергорайонах, а также в качестве альтернативы реконструкции и новому строительству электросетевых объектов.

4. Рекомендовать проектным организациям, осуществляющим проектирование систем электроснабжения промышленных предприятий и домохозяйств использовать наработки, представленные автором в отношении подходов к применению СНЭЭ и СГП.

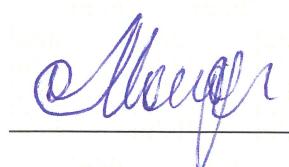
5. Рекомендовать Ассоциации «НП Совет рынка» рассмотреть возможность разработки механизмов оплаты услуг по поддержанию системной надёжности для СНЭЭ, находящихся «за счётчиком» у потребителей электрической энергии.

С заключительным словом выступил председатель секции «Активные системы распределения электроэнергии и распределенные энергетические ресурсы», проректор по научной работе ФГАОУ ДПО «ПЭИПК», к.т.н. Илюшин П.В. в котором отметил, что применение систем накопления электроэнергии является на данном этапе весьма дорогостоящим мероприятием, требующим детальной проектной проработки всех технических решений, с соответствующей оценкой их окупаемости. Кроме того, необходима разработка методики проведения испытаний (искусственное старение) аккумуляторных батарей всех

типов, учитывающей особенности эксплуатации СНЭЭ в различных схемно-режимных условиях. Также необходим глубокий анализ зарубежного опыта эксплуатации СНЭЭ с целью его адаптации к особенностям российской электроэнергетики.

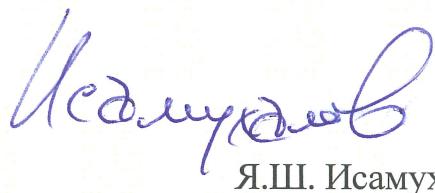
Важно отметить, что реализация различного рода пилотных проектов использования СНЭЭ для решения различного рода задач позволит получить необходимый практический опыт для расширения области их эффективного применения с целью последующей разработки отечественных нормативно-технических документов.

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



V.B. Молодюк

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



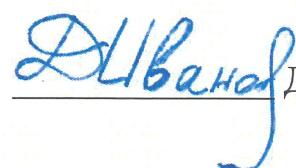
Я.Ш. Исамухамедов

Председатель секции «Активные
системы распределения ЭЭ и РЭР»
НП «НТС ЕЭС», к.т.н.



П.В. Илюшин

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



Д.А. Ивановский