



Научный совет
по комплексным проблемам развития энергетики
при Президиуме РАН

ОИВТ РАН, 125412, Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2
Тел: +7 (495) 483-81-22; E-mail: volkov_ep@ihed.ras.ru

ПРОТОКОЛ № 7

Место проведения заседания:

Москва, Ленинский проспект д. 32А, Президиум РАН, зеленый зал

Время проведения: 08 октября 2024 г., 14:00

Присутствовали:

Председатель Научного совета, академик РАН Э.П. Волков.

Члены Научного совета: академик РАН С.П. Филиппов (зам. Председателя), академик РАН В.А. Стенников (зам. Председателя), академик РАН С.В. Алексеенко, академик РАН Ю.Г. Драгунов, академик РАН А.А. Макаров, академик РАН Н.Н. Пономарев-Степной, чл.-корр. РАН А.Л. Максимов, чл.-корр. РАН В.И. Ильгисонис, чл.-корр. РАН Ю.К. Петреня, д.т.н. П.В. Илюшин (ученый секретарь), д.т.н. О.В. Жданеев, д.т.н. А.В. Кейко.

Кворум для проведения заседания имеется.

Приглашенные участники заседания: академик РАН В.В. Клименко, академик РАН А.А. Коротеев, академик РАН Г.Н. Рыкованов, академик РАН В.Г. Шпак, чл.-корр. РАН П.А. Бутырин, чл.-корр. РАН К.Ф. Гребенкин, чл.-корр. РАН Б.А. Григорьев, чл.-корр. РАН А.В. Дедов, чл.-корр. РАН Н.Н. Кудрявцев, чл.-корр. РАН С.И. Мошкунов, чл.-корр. РАН Б.Г. Покусаев, чл.-корр. РАН М.И. Соколовский, чл.-корр. РАН Л.И. Чубраева, чл.-корр. РАН В.А. Ямщиков, д.ф.-м.н. Л.В. Матвеев, к.т.н. Д.В. Сорокин, к.х.н. Е.В. Алексеева, к.х.н. Д.М. Иткис, А.Б. Шевченко, А.М. Фефелов, А.В. Королев, С.Л. Новиков.

Со вступительным словом выступил председатель Научного совета, академик РАН Э.П. Волков.

Научный совет рассмотрел следующие вопросы:

1. Доклад «Результаты выполнения НИОКР в рамках реализации дорожной карты развития высокотехнологичного направления «Системы накопления электроэнергии»».

Докладчик: Шевченко Андрей Борисович, директор по технологическому развитию Госкорпорации «Росатом».

Содокладчики: А.В. Королев, к.х.н. Е.В. Алексеева, к.т.н. Д.В. Сорокин.

2. Доклад «Реализация дорожной карты «Системы накопления электроэнергии в 2023 году»».

Докладчик: Иткис Даниил Михайлович, к.х.н., руководитель направления «Металл-ионные аккумуляторы» ООО «Инэнерджи».

Экспертами по докладам Госкорпорации «Росатом» и ООО «Инэнерджи» по ВТН «Системы накопления электроэнергии» от Научного совета выступили:

1. Стенников Валерий Алексеевич, заместитель Председателя НС по КПрЭ, врио директора ФГБУН «Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук», академик РАН, д.т.н., профессор.

2. Илюшин Павел Владимирович, ученый секретарь НС по КПрЭ, руководитель Центра интеллектуальных электроэнергетических систем и распределенной энергетики ФГБУН «Институт энергетических исследований Российской академии наук», д.т.н.

Заслушав и обсудив доклад представителя Госкорпорации «Росатом», а также заключения экспертов от НС по КПрЭ **научный совет отмечает:**

1. Представленные разработки в рамках поднаправления №1 Дорожной карты, включая: (а) технологии изготовления батарей и систем накопления электроэнергии, исполнитель – ООО «РЭНЕРА»; (б) технологии изготовления

литий-ионных ячеек и модулей, исполнитель – ООО «РЭНЕРА»; (в) технологии создания покрытия (защитных слоев) для электродов литий-ионных аккумуляторов (ЛИА), исполнитель – СПбГУ; (г) технологии создания низкотемпературных электродов для аккумуляторов высокой мощности, исполнитель – СПбГУ; (д) технологии применения систем накопления электроэнергии для обеспечения надежной передачи электроэнергии, исполнитель – ПАО «Россети», отвечают целям и задачам ВТН «Системы накопления электроэнергии» и срокам его реализации в соответствии с принятой Дорожной картой.

2. Представленные разработки являются актуальными с точки зрения приоритетов развития техники, включая задачи локализации потенциального производства соответствующих продукции и оборудования в национальных границах. Все вышеизложенные разрабатываемые технологии обладают новизной, в том числе мирового уровня. Уровень технологической готовности на конец 2023 г. составляет, соответственно: технологии изготовления батарей и Системы накопления электроэнергии – TRL4.1, технологии изготовления ЛИА и модулей – TRL6.7, защитные покрытия для электродов – TRL3, низкотемпературные электроды – TRL3, технологии применения систем накопления электроэнергии – TRL7.

3. В рамках проведения ООО «РЭНЕРА» работ, направленных на локализацию массового выпуска систем накопления электроэнергии, изготовлена линейка опытных образцов накопителей с жидкостным охлаждением, в том числе с ультрабыстрой зарядкой. Для данных систем накопления электроэнергии разработаны системы контроля и управления. В качестве активных компонентов систем накопления электроэнергии разработаны опытные образцы пакетных ячеек с катодным материалом по технологии литий-никель-марганец-кобальт-оксид NMC811 и анодом на основе смеси синтетического и природного графитов. Применяемые в рамках разработки литий-ионной аккумуляторной ячейки технологии материалов (катод, анод, электролит, сепаратор и прочие) отвечают актуальному мировому

научно-техническому уровню. Ячейка соответствует стандарту VDA, имеет номинальную емкость 60 Ач и удельную энергоёмкость 260 Вт·ч/кг. В рамках дальнейшего технологического развития ЛИА и систем накопления электроэнергии на их основе запланированы мероприятия по двум направлениям: переход на кремний-графитовый композитный анодный материал и использование катодных материалов с повышенным содержанием никеля, в частности NMC9.5.5.

4. Для электродных материалов на основе металлоорганических полимеров, разработанных СПбГУ, был определен потенциальный потребитель АО «АК «Ригель» (до 2023 г.). Методика синтеза оптимизирована под задачи повышения электропроводности и ёмкости катодных материалов на основе редокс-активных полимеров. Основные преимущества технологии связаны с улучшением ёмкостных характеристик, стабильностью циклирования, а также способностью материалов эффективно работать при низких температурах, что особенно важно для применения в условиях сурового климата. Решение актуально для создания ЛИА и суперконденсаторов, что может найти применение в электрохимических источниках тока для транспорта и хранения электроэнергии. Завершение НИР и последующий этап НИОКР позволят отработать методику синтеза и протестировать её в условиях, приближенных к промышленным, с акцентом на эксплуатацию при низких температурах.

5. На этапе создания лабораторных образцов защитного слоя ЛИА технология была оптимизирована СПбГУ для разработки защитного полимерного слоя, предотвращающего перезаряд и короткое замыкание. Основные преимущества лабораторных образцов заключаются в снижении тепловыделения (до 7 раз) и уменьшении газовыделения при перезаряде более чем в 4 раза. Эти результаты подтверждают высокую эффективность технологии в условиях испытаний на аккумуляторах малого формата, что делает её перспективной для дальнейшей доработки и масштабирования. Решение актуально для различных отраслей, включая транспорт, электроэнергетические системы и устройства с повышенными требованиями к безопасности.

Завершение испытаний лабораторных образцов создаст базу для перехода к опытно-промышленным испытаниям и внедрению технологии в производственные процессы.

6. В рамках НИОКР ПАО «Россети», реализованных в дочерних обществах – ПАО «Россети Центр» и ПАО «Россети Центр и Приволжье», разработан опытный образец электросетевого контроллера (ЭСК) для распределительной электрической сети 0,4 кВ. Функционал ЭСК заключается в непрерывном мониторинге контролируемого участка электрической сети и отключении просьюмеров (или участка сети) при возникновении аварийных ситуаций или технологических нарушений на контролируемом участке сети. Актуальность технологии обусловлена наметившимся трендом на применение в электрических сетях оборудования, оснащенного инверторами (системы накопления электроэнергии, объекты генерации на основе ВИЭ (микрогенерации), электроразрядную инфраструктуру для электротранспорта, а также другие активно-адаптивные устройства), что приводит к снижению управляемости и надежности в распределительных электрических сетях. Применение технологии позволит обеспечить надежное функционирование указанных устройств в распределительных электрических сетях и будет одним из факторов, стимулирующих развитие микрогенерации и систем накопления электроэнергии в России. Также разработан программно-аппаратный комплекс для управления инвертором, функционирующий в рамках опытного образца комплексного источника электрической энергии, в состав которого входит система накопления электроэнергии и дизель-генераторная установка. Реализовано выполнение системой накопления электроэнергии нескольких функций, в том числе – применение в качестве аварийного или резервного источника электроснабжения потребителей, а также поддержание уровней напряжения у потребителей в допустимых диапазонах. Применение разработки повышает надежность электроснабжения потребителей, а также качество электрической энергии в распределительных электрических сетях.

7. Бюджетное финансирование на проведение НИОКР в 2023 г. выделено не было. Работы выполнялись только по 5 НИОКР прикладного характера за внебюджетные средства. Для обеспечения опережающего научно-технического развития и разработки фронтальных технологий по ВТН «Системы накопления электроэнергии», способных обеспечить конкурентоспособность страны на мировом рынке накопителей энергии в долгосрочной перспективе, целесообразно в приоритетном порядке рассмотреть возможность финансирования задельных тематик в рамках пилотного проекта прикладного государственного задания, реализуемого совместно Минобрнауки России и Российской академией наук.

8. Как следует из представленных материалов, все проекты курируемого Госкорпорацией «Росатом» поднаправления №1 Дорожной карты ВТН «Системы накопления электроэнергии» ориентированы на локализацию результатов научно-исследовательской деятельности и создание собственных технологий и производств. Тем не менее, состав предоставленных отчетных материалов не позволяет однозначно оценить возможность и эффективность интеграции разрабатываемых технических решений в существующие системы (электрозарядная инфраструктура для электротранспорта, распределительные электрические сети, микрогенерация и т.д.), а также ряд показателей, таких как зависимость от импортных материалов, наличие квалифицированных кадров, лицензий, патентов и т.п. Для точной предметной оценки этих показателей необходимо предоставление большего объема информации.

По результатам обсуждения доклада представителя Госкорпорации «Росатом» **научный совет решил:**

1. Одобрить результаты работ по высокотехнологичному направлению «Системы накопления электроэнергии», выполненных в рамках курируемого Госкорпорацией «Росатом» поднаправления №1 Дорожной карты в 2023 г., и подтвердить, что мероприятия 2023 г. Дорожной карты выполнены в полном

объеме в установленные сроки с надлежащим качеством, соответствующим мировому уровню научно-технических разработок по данному направлению.

2. Обратить внимание участников ВТН «Системы накопления электроэнергии», что определение целей высокотехнологичного направления, постановка количественных критериев и индикаторов его развития и принятие дорожной карты выполнены в период до резкого усиления геополитической напряженности на европейском континенте и в мировой экономике. Некоторые из утвержденных целей и показателей их достижения в настоящее время утратили свое первоначальное значение, что может повлечь неоптимальное расходование выделенных участниками работ по ВТН «Системы накопления электроэнергии» финансовых средств. Научный совет рекомендует проанализировать их с учетом имеющихся соглашений и потребностей с целью последующей актуализации.

3. Для расширения спектра и глубины научных исследований, внедрения получаемых результатов в серийное производство инновационных продуктов и технологий с их последующей коммерциализацией рекомендовать Госкорпорации «Росатом» выступить с инициативой по разработке комплексной научно-технической программы (далее – КНТП) по ВТН «Системы накопления электроэнергии» в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 19.02.2019 № 162. Механизм КНТП предусматривает широкие возможности для кооперации институтов Российской академии науки, иных ведущих научных вузов и организаций реального сектора экономики в части проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, а также проведения фундаментальных (перспективных) исследований с последующей коммерциализацией за счет внебюджетных источников, что делает его эффективным в создании востребованных продуктов для стратегических отраслей промышленности.

4. Компании-лидеру (Госкорпорация «Росатом») необходимо подготовить и представить в НС по КПРЭ решение проектной организации (генерального проектировщика завода в г. Калининград) о соответствии

технических требований к выпускаемому продукту, разрабатываемому в рамках реализации «Дорожной карты» ВТН «Системы накопления электроэнергии», техническим решениям, заложенным в проект строящегося завода.

5. Компании-лидеру (Госкорпорация «Росатом») необходимо выполнить и представить в НС по КПРЭ оценку себестоимости головного и серийного образцов разрабатываемого продукта с учётом различной степени импортозамещения комплектующих. Провести оценку конкурентоспособности продукта по величине себестоимости.

6. Компании-лидеру (Госкорпорация «Росатом») при подготовке отчетных материалов, направляемых для экспертной оценки выполнения мероприятий Дорожной карты в области ВТН «Системы накопления электроэнергии», в будущих периодах учесть показатели, которые предусмотрены формой экспертного заключения и обеспечить выполнение нормативных сроков по представлению указанных материалов в достаточном для проведения научной экспертизы объемах.

В обсуждении доклада Госкорпорации «Росатом» выступили:
академик РАН С.П. Филиппов, академик РАН В.А. Стенников, чл.-корр. РАН В.И. Ильгисонис, д.т.н. П.В. Илюшин, академик РАН Э.П. Волков.

Итоги открытого голосования по докладу представителя Госкорпорации «Росатом»:

«ЗА» – 13,

«ПРОТИВ» – 0,

«ВОЗДЕРЖАЛСЯ» – 0.

Всеми присутствовавшими на заседании членами Научного совета отчет Госкорпорации «Росатом» о результатах выполнения работ в рамках дорожной карты по ВТН «Системы накопления электроэнергии» за 2023 г. одобрен, с учетом вышеприведенных замечаний и рекомендаций.

Заслушав и обсудив доклад представителя ООО «Инэнерджи», а также заключения экспертов от НС по КППЭ **научный совет отмечает:**

1. Представленные компанией-лидером ООО «Инэнерджи» разработки, выполненные соисполнителями по реализации Дорожной карты ВТН «Системы накопления электроэнергии», относятся к поднаправлению №2 «Электрохимические накопители энергии» и охватывают четыре области: а) разработка анодных материалов для литий-ионных аккумуляторов на основе природного графита; б) разработка фосфатных катодных материалов для литий-ионных аккумуляторов с улучшенными параметрами пожаробезопасности; в) разработка оксидных катодных материалов для литий-ионных аккумуляторов высокой энергоемкости; г) разработка технологии и типоряда литий-ионных аккумуляторов и батарей на их основе для различных приложений. Указанные направления отвечают целям и задачам Дорожной карты по развитию ВТН «Системы накопления электроэнергии».

2. Представленные разработки являются актуальными с точки зрения приоритетов развития техники, включая задачи локализации и импортозамещения литий-ионных аккумуляторов и аккумуляторных батарей, а также ключевых (катодных и анодных) материалов, используемых в производстве аккумуляторов. Все четыре разрабатываемые технологии нацелены на импортозамещение и формирование суверенного пакета технологий для производства материалов, аккумуляторов и батарей с характеристиками, не уступающими мировому уровню. На сегодняшний день технологии получения катодных и анодных материалов доведены до уровня, позволяющего получать их в объемах до нескольких тонн в год. Научной новизной мирового уровня обладают лишь работы в области технологии получения обогащённых никелем катодных материалов со структурой «ядро-оболочка».

3. Представленные результаты выполнены в 2023-2024 гг. соисполнителями и партнерами реализации поднаправления №2 Дорожной карты и планируются к внедрению на опытном производстве с

производственной мощностью около 750 МВт·ч аккумуляторной энергоемкости в год. Запуск опытного производства запланирован на 2026 г., основной целью которого является отработка технологий производства аккумуляторов для последующего переноса на крупносерийные заводы.

4. В целом работы в поднаправлении №2 ВТН «Системы накопления электроэнергии», находящиеся в сфере ответственности ООО «Инэнерджи», соответствуют составу и срокам, установленным в Дорожной карте. Многие из работ находятся лишь на первой стадии и были начаты во второй половине 2023 г. Финансирование для выполнения работ по Дорожной карте получено в конце декабря 2023 г., поэтому большая часть работ в 2023 г. была выполнена за счет собственных средств исполнителей.

По результатам обсуждения доклада представителя ООО «Инэнерджи» **научный совет решил:**

1. Одобрить результаты работ по поднаправлению №2 в рамках высокотехнологичного направления «Системы накопления электроэнергии» и подтвердить, что мероприятия 2023 г. дорожной карты ВТН «Системы накопления электроэнергии» выполнены в надлежащем объеме и в установленные сроки. Полученные результаты соответствуют мировому уровню научно-технических разработок по данному направлению, а результаты по получению высоконикелевым оксидным катодным материалам обладают научной новизной мирового уровня.

2. Начатые НИОКР в сфере разработки технологий катодных и анодных материалов для литий-ионных аккумуляторов следует довести до их завершения, чтобы в полной мере использовать полученные заделы. Однако по окончании соответствующих работ требуется достичь уровня готовности разрабатываемых технологий не менее, чем TRL6.

3. Результаты работ по поднаправлению №2 «Электрохимические накопители энергии» высокотехнологичного направления «Системы накопления электроэнергии» могут быть востребованы в работах, выполняемых в рамках

поднаправления №1 Дорожной карты, в связи с чем следует рассмотреть вопрос о более тесной интеграции работ, выполняемых в рамках двух поднаправлений.

4. Компании-лидеру (ООО «Инэнерджи») необходимо подготовить и представить в НС по КПРЭ информацию об основных технических характеристиках литий-ионных аккумуляторов и батарей на их основе, полученных по результатам натурных испытаний, включая ресурсные (календарный срок службы; циклический срок службы; максимально допустимая глубина разряда при сохранении циклического срока службы; максимально допустимая скорость разряда; рабочий температурный диапазон; способ обеспечения пожаробезопасности), а также информацию о верифицированной математической модели ЛИА и способе ее верификации.

5. Компании-лидеру (ООО «Инэнерджи») необходимо подготовить и представить в НС по КПРЭ информацию о планируемых способах применения разрабатываемых литий-ионных аккумуляторов и батарей на их основе, а также соответствии полученных технических характеристик требованиям, предъявляемым к каждому из способов применения в формате лепестковых диаграмм и их текстового описания.

6. Компании-лидеру (ООО «Инэнерджи») при подготовке отчетных материалов, направляемых для экспертной оценки выполнения мероприятий Дорожной карты в области ВТН «Системы накопления электроэнергии», в будущих периодах учесть показатели, которые предусмотрены формой экспертного заключения и обеспечить выполнение нормативных сроков по представлению указанных материалов в достаточном для проведения научной экспертизы объемах, отдельно выделяя информацию о работах за рассматриваемый период.

В обсуждении доклада ООО «Инэнерджи» выступили: академик РАН С.П. Филиппов, академик РАН В.А. Стенников, чл.-корр. РАН В.И. Ильгисонис, д.т.н. П.В. Илюшин, академик РАН Э.П. Волков.

Итоги открытого голосования по докладу представителя
ООО «Инэнерджи»:

«ЗА» – 13,

«ПРОТИВ» – 0,

«ВОЗДЕРЖАЛСЯ» – 0.

Всеми присутствовавшими на заседании членами Научного совета отчет
ООО «Инэнерджи» о результатах выполнения работ в рамках дорожной карты
по ВТН «Системы накопления электроэнергии» за 2023 г. одобрен, с учетом
вышеприведенных замечаний и рекомендаций.

Председатель Научного совета,
академик РАН



Э.П. Волков

Ученый секретарь
Научного совета, д.т.н.



П.В. Илюшин