

Накопительная энергетика: «зеленая» инновация для сохранения энергии

Системы накопления электроэнергии являются одним из самых быстрорастущих секторов и одним из ключевых направлений развития современной электроэнергетики. За 10 лет сектор вырос в 48 раз, среднегодовые темпы роста к 2019 году составили 47%. Ожидается, что к 2030 году суммарная установленная мощность накопителей в мире составит 125 ГВт. В России эксплуатируется не менее 17 СНЭЭ общей мощностью 19,5 МВт и энергоемкостью 16,9 МВт-ч, однако государственная программа поддержки развития таких систем до сих пор отсутствует. Подробнее о развитии накопительной энергетике в мире и в России – в исследовании Группы «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ».

Традиционная архитектура энергосистем с самого начала их формирования предопределялась одновременностью процессов производства и потребления электроэнергии. В последние десятилетия в составе и структуре энергосистем происходят изменения, связанные с распространением систем накопления электрической энергии (СНЭЭ), разделяющих во времени производство и потребление электроэнергии и способных повышать надежность и эффективность энергосистем, повышать качество управления электрическими режимами, улучшать экономические показатели функционирования энергосистем на всех этапах производства, передачи и распределения электроэнергии. В первую очередь, это связано со значительной и неуклонно возрастающей долей генерации с использованием возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и развитием распределенной генерации.

Роль систем накопления в электроэнергетике

Учитывая стохастический характер генерации ВИЭ, а также ее зависимость от погодных условий, для гарантированного обеспечения баланса мощности необходим соответствующий объем резервной мощности, который в настоящее время реализуется в основном за счет традиционной генерации. Очевидно, что такой способ сохранения баланса имеет свои ограничения: технические и экономические. Проблема интеграции ВИЭ в состав традиционной энергосистемы при таком подходе остается решенной не до конца.

Качественно другим, новым подходом, являются СНЭЭ, которые позволяют решить проблему интеграции ВИЭ в энергосистему в полной мере. Однако в мировой практике СНЭЭ применяют не только для повышения эффективности ВИЭ, но и для других целей: регулирование частоты и напряжения в энергосистемах, резервирование, обеспечение бесперебойного питания нагрузки, поддержание показателей качества электрической энергии и др. В настоящее время использование СНЭЭ – одно из ключевых направлений развития электроэнергетики. В соответствии с исследованием компании Bloomberg New Energy Finance, к 2030 году суммарная установленная мощность накопителей электроэнергии в мире составит 125 ГВт.

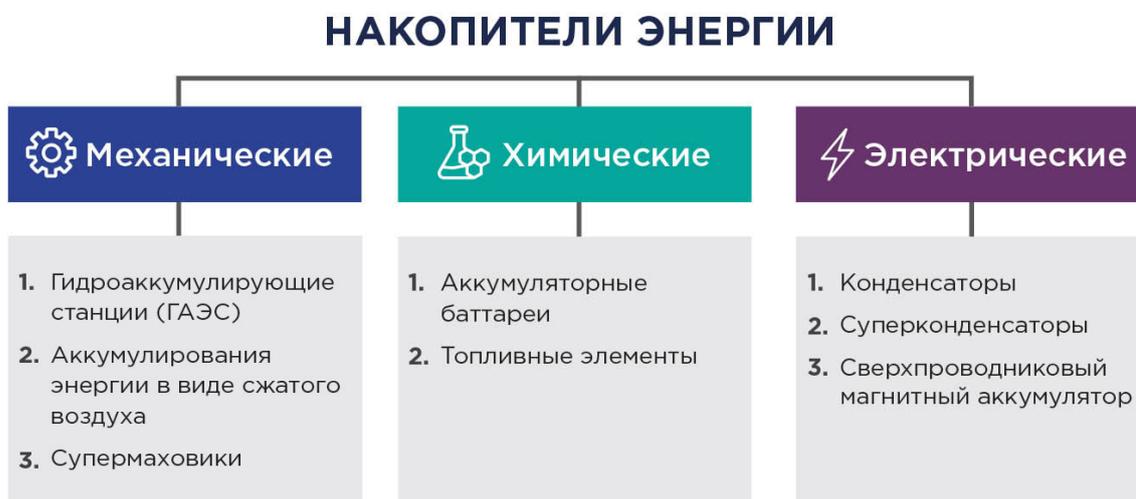
Виды накопителей электроэнергии

Накопители энергии бывают:

- механические (гидроаккумулирующие электростанции (ГАЭС));
- маховичные (хранение сжатого воздуха);

- химические (хранение водорода, преобразование электроэнергии в газ, водород, водорода в аммиак и их хранение);
- электрохимические (батареи: литий-ионные, никель-кадмиевые);
- тепловые (накопление горячей воды, накопление скрытой тепловой энергии);
- электрические (суперконденсаторы).

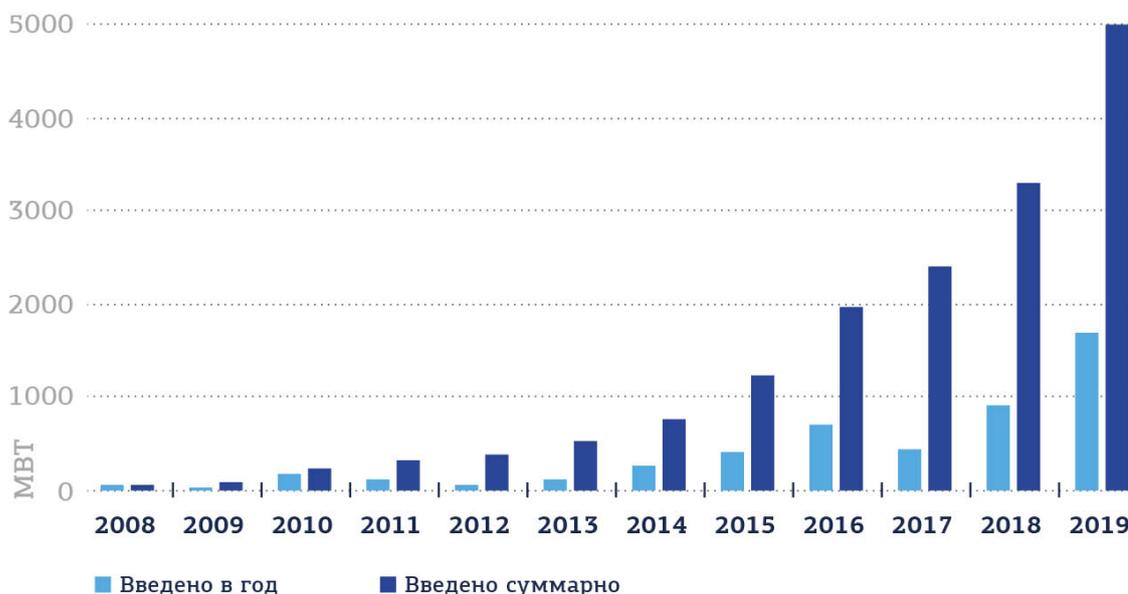
Рис. 1. Общая классификация накопителей энергии по виду энергии



Практическое применение систем накопления электроэнергии

Системы накопления электроэнергии являются одним из самых быстрорастущих секторов электроэнергетики, за 10 лет сектор вырос в 48 раз, среднегодовые темпы роста к 2019 году составили 47%.

Рис. 2. Динамика ввода СНЭ в мире за 10 лет



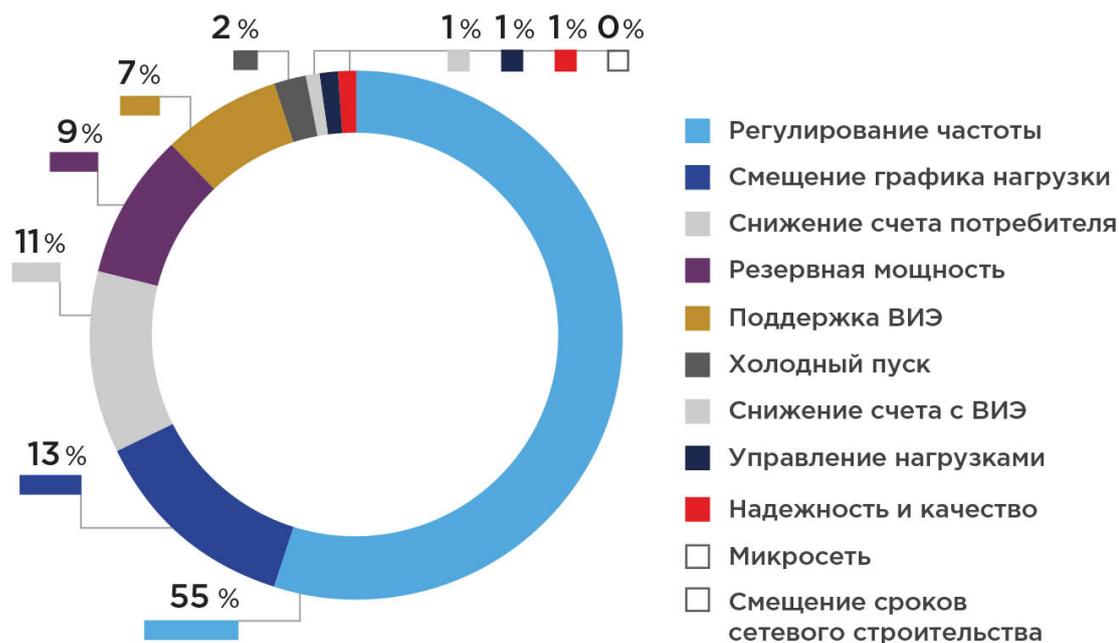
Источник: база данных DOE, Анализ АО «Фонд «Форсайт»

До настоящего времени более половины проектов было нацелено на участие в рынке регулирования частоты. Еще одним крупным сегментом было снижение затрат потребителя за счет управления нагрузкой (рис.3).

Группа «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ». Все права защищены.

Аналитическое исследование. Накопительная энергетика (2021)

Рис.3. Структура целевого использования СНЭЭ в мире



Источник: база данных DOE, Анализ АО «Фонд «Форсайт»

Для анализа практического применения СНЭЭ в энергосистемах стран мира по состоянию на конец 2020 года, рассмотрены проекты мощностью более 50 кВА. Анализ СНЭЭ по типам накопителя энергии представлен в табл. 1.

Табл. 1. Сравнительные показатели основных типов СНЭЭ в мире за 2020 г.

Общий тип		ВАЭС	Водородные	Тепловые	Электрохимические	ГАЭС
Кол-во	Ед.	2	13	134	754	350
	%	0,2	1	10,7	60,2	27,9
Средняя мощность	МВт.	2,7	1,6	24,4	4,4	523
	%	0,5	0,3	4,4	0,8	94
Средняя энергоёмкость	МВт.ч.	8,7	16,8	173,4	11	19102
	%	0,1	0,1	0,8	0,1	98,9

Источник: база данных U.S. Department of Energy Global Energy Storage Database

На долю гидроаккумулирующих электростанций приходятся наибольшие суммарные значения мощности и энергоёмкости. Однако их обычно рассматривают обособленно от других СНЭЭ не только по причине большей мощности и энергоёмкости, но и в связи с тем, что ГАЭС являются традиционным решением и широко применяются в энергосистемах многих стран мира. Кроме того, ГАЭС уступают по мобильности и быстродействию современным электрохимическими СНЭЭ.

В табл. 2 отражено распределение электрохимических СНЭЭ с разными типами накопителей энергии по суммарной мощности и суммарной энергоёмкости, соответственно.

Табл. 2. Сравнительные показатели разных типов электрохимических СНЭЭ за 2020 г.

Тип	Количество, ед.	Средняя мощность, МВт	Средняя энергоёмкость, МВт/ч
-----	-----------------	-----------------------	------------------------------

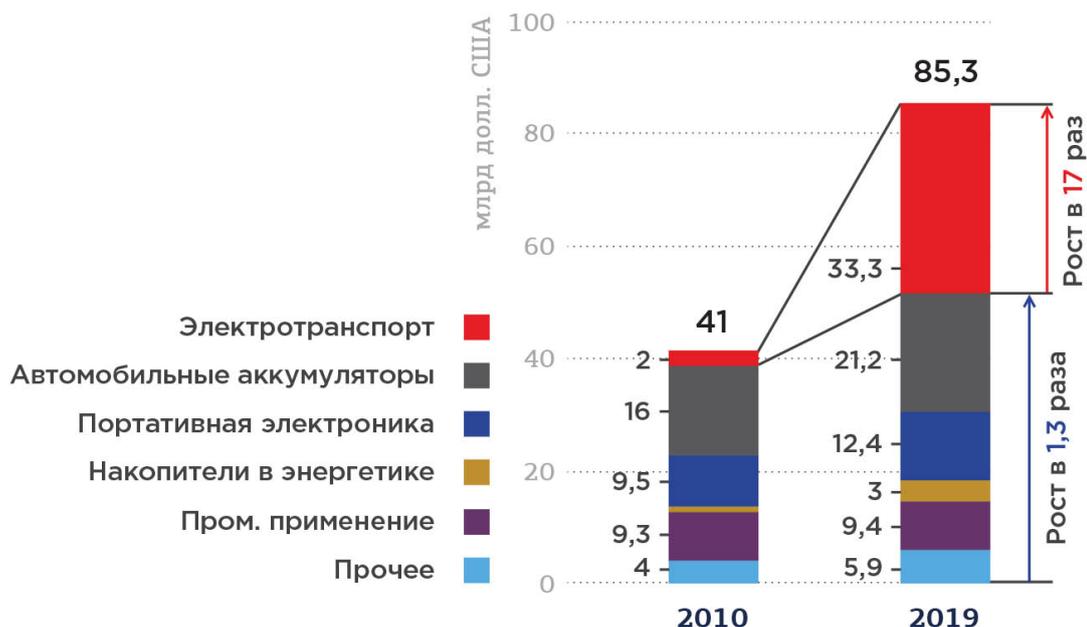
Гибрид: св.-кис. + суперконд.	8	1	0,6
Суперконденсаторные	27	1,3	0,1
Свинцово-кислотные	59	2,8	3,3
Металло-воздушные	6	3,3	51,5
На основе натрия	63	3,5	22,2
Проточные	73	4,4	16,9
Литий-ионные	488	4,7	10
На основе никеля	4	8,1	3,1

Источник: база данных U.S. Department of Energy Global Energy Storage Database

По мощности и энергоёмкости среди действующих проектов СНЭЭ лидируют ГАЭС, по количеству проектов – другие типы СНЭЭ, среди которых преобладают электрохимические (754 проекта – 60 % всех проектов, учитывая ГАЭС).

В последние годы электротранспорт стал ключевым драйвером развития электрохимических аккумуляторов. Открытие рынков электромобилей в Китае, Европе и Северной Америке, в том числе за счет субсидирования цен для конечных пользователей, потребовало 17-кратного роста производства и продаж батарей. При этом весь сектор электрохимических технологий накопления по годовым оборотам вырос за последние девять лет более чем в 2 раза – до 85 млрд долл. США.

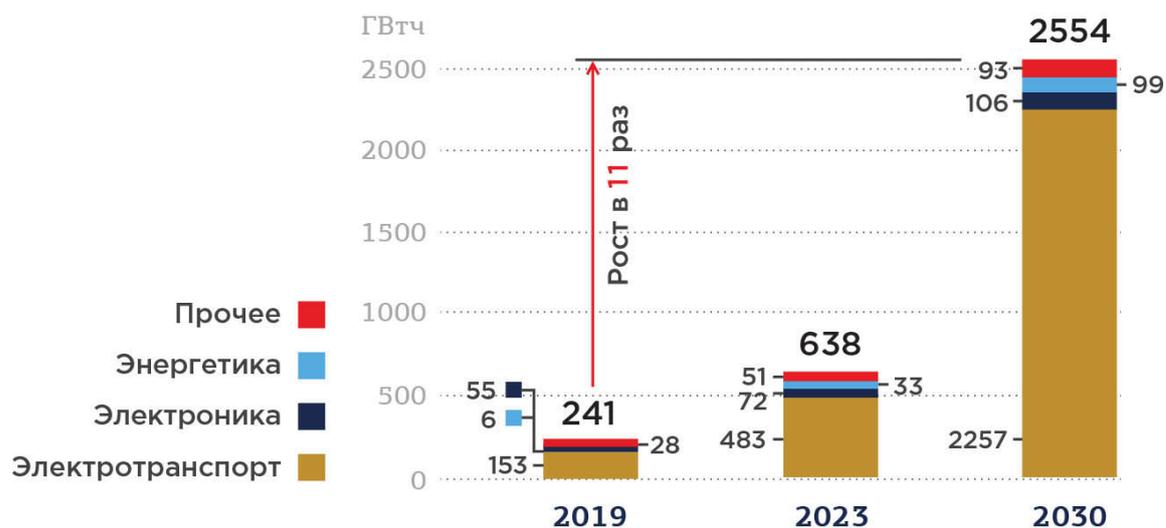
Рис. 4. Мировые факторы развития рынка электрохимических аккумуляторов



Источник: Global Battery Alliance, Avicenne Energy

Активное развитие технологий литий-ионных аккумуляторов способствует значительному снижению себестоимости СНЭЭ и росту их востребованности в электроэнергетике.

Рис. 5. Прогноз развития рынка Li-ion аккумуляторов в мире



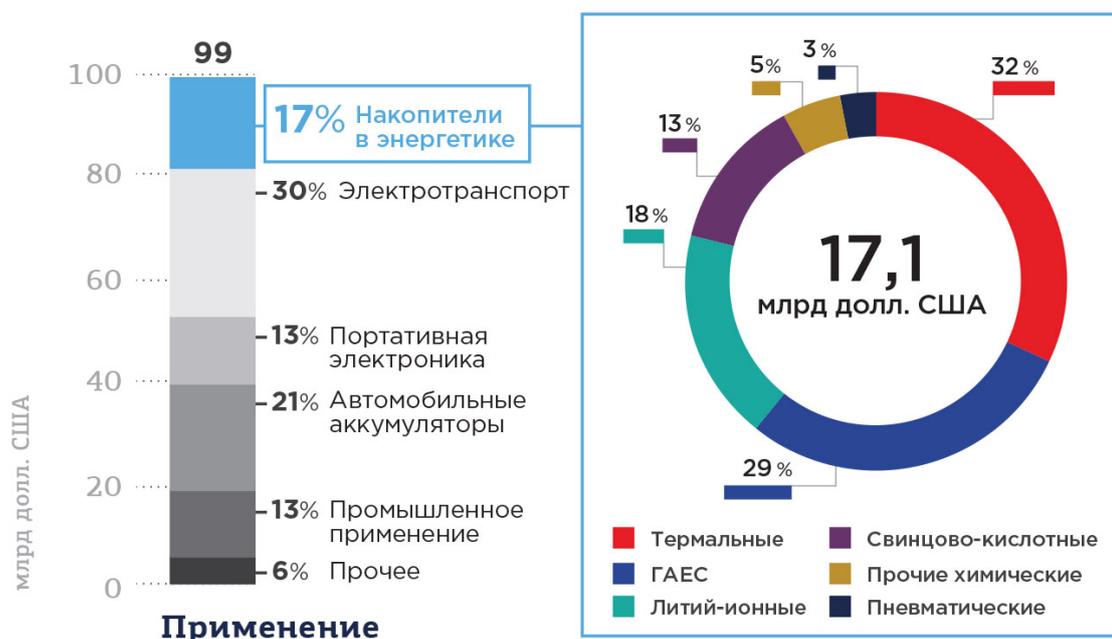
Источник: Global Battery Alliance, Avicenne Energy

Литиевые системы накопления в энергетике только в 2019 г. опередили свинцово-кислотные по объемам продаж, их доли составили 43% и 40% соответственно. Исходя из прогноза роста годового оборота рынка электромобилей и гибридов всех типов до 19 млн шт. в 2023 г. и около 60 млн шт. в 2030 г., рынок литий-ионных батарей менее чем за четыре года утроится, а к 2030 г. вырастет более чем в 10 раз в натуральных величинах. Поставки литиевых батарей для систем накопления в электроэнергетике могут вырасти к 2023 г. в 5-6 раз с текущих 6 ГВ тч до 33 ГВ тч, но их доля едва ли превысит 5% рынка.

Ключевые сферы применения систем накопления

В настоящее время системы накопления энергии/электрической энергии (СНЭ/СНЭЭ) широко применяются для решения различных задач по всему миру. К ключевым сферам применения накопителей энергии сегодня относятся электротранспорт (30%) и аккумуляторы для ДВС (21%), которые в совокупности занимают более половины всего рынка. 13% приходится на промышленный сектор (прежде всего, специальные автопогрузчики и источники бесперебойного питания для инфраструктуры связи) и 17% – на системы хранения, используемые в электроэнергетике.

Рис. 6. Рынок систем накопления энергии в мире в разрезе применения и технологий за 2019 г.



Источник: Global Battery Alliance, Avicenne Energy

В целом, мировой рынок СНЭ интенсивно развивается: совершенствуются технологии, накапливается опыт реализованных проектов. В наибольшей степени увеличиваются масштабы применения СНЭ на основе литий-ионных аккумуляторов - благодаря двукратному снижению стоимости последних за прошедшее десятилетие. СНЭ стали принципиально новым элементом централизованных и автономных энергосистем, позволяющим эффективно решать многие задачи при управлении нормальными и аварийными режимами. В будущем следует ожидать дальнейшего увеличения значимости СНЭ для электроэнергетики, в частности, роста количества проектов, где в полной мере используется многофункциональность СНЭ.

Отрасль накопительной энергетики в России

Бурный рост интереса к проблеме развития СНЭ в России начался в конце 1960-х годов, что соответствовало аналогичным процессам в мировом научно-техническом сообществе. Однако экономическая ситуация в стране в конце XX века не способствовала развитию этого направления энергетики. За последние десятилетия ряд наиболее эффективных технологий накопления энергии достиг уровня практического применения в электроэнергетике. Одновременно с этим значительно снизилась стоимость основных компонентов (аккумуляторов, силовых преобразователей), что, в свою очередь, повысило рентабельность проектов с применением СНЭ. Потенциально высокие экономические показатели резко увеличили интерес к тематике СНЭ, в том числе в России.

При этом в России скорость вводов объектов ВИЭ не является столь стремительной. В период с 2018 по 2024 гг. запланировано строительство около 5,2 ГВт мощностей на объектах ВИЭ, однако при этих объемах мгновенные небалансы мощности, даже в южных регионах страны, для компенсации которых понадобилось бы массовое внедрение СНЭ, вряд ли возникнут. В этих условиях более вероятным видится развитие СНЭ на стороне конечных потребителей электроэнергии.

Рис. 7. Российский научно-технический задел в области технологий СНЭЭ в сравнении с мировым уровнем



Источник: ЦСР <https://www.csr.ru/ru>.

В настоящее время интенсивно развиваются системы накопления и хранения электрической энергии на базе электрохимических аккумуляторов не только за рубежом, но и в России.

К настоящему моменту в России эксплуатируется не менее 17 электрохимических СНЭЭ общей установленной мощностью 19,5 МВт и энергоемкостью 16,9 МВт-ч, как показано в Табл. 3.

Табл. 3. Перечень проектов применения электрохимических СНЭЭ в России

№	Место размещения	Оператор	Тип СНЭЭ	Мощность/ энергоёмкость	Назначение	Год ввода в эксплуатацию	
1	г. Москва	Электросетевая компания	Цинк-бромные аккумуляторы	25 кВА / 25 кВт-ч	Снижение затрат на покупную мощность	2012	
2	ПС «Сколково», Московская обл.		Литий-ионные аккумуляторные батареи (литий-никель-марганец-кобальтовые)	1200 кВА / 1000 кВт-ч	РИСЭ (электроснабжение собственных нужд)	2012	
3	ПС «Смирново», Московская обл., ИЦ «Сколково»			1200 кВА / 1000 кВт-ч		2012	
4	ПС «Веселое», г. Сочи, п. Веселое			600 кВА / 500 кВт-ч		2012	
5	ПС «Спортивная», п. Красная поляна			600 кВА / 500 кВт-ч		2012	
6	ПС «Псоу», г. Сочи			1500 кВА / 2500 кВт-ч		2013	
7	ПС «Волхов Северная», г. Санкт-Петербург			1500 кВА / 1000 кВт-ч		2014	
8	ПС «Восход», г. Омск			1200 кВА / 1000 кВт-ч		2016	
9	Зарядная станция для электромобилей, г. Рязань			22 кВА / 100 кВт-ч		Снижение пиковой мощности; снижение затрат на покупку электроэнергии	2016
10	г. Белгород			10 кВт / 53,3 кВт-ч		РИСЭ, снижение пиковых нагрузок,	2019

№	Место размещения	Оператор	Тип СНЭЭ	Мощность/ энергоемкость	Назначение	Год ввода в эксплуатацию	
11	г. Суздаль			10 кВт/ 26,6 кВт-ч	разгрузка электрооборудования Повышение надежности электроснабжения и качества электроэнергии	2020	
12	г. Тюмень	Конечный потребитель	Суперконденсаторы	500 кВт/ нет данных	Снижение пиковых нагрузок	2014	
13	Забайкальский край, с. Менза		Литий-ионные аккумуляторные батареи (литий-железо-фосфатные)	90 кВА / 300 кВт-ч	Оптимизация работы солнечно-дизельной электростанции	2017	
14	Республика Тыва, п. Мугур-Аксы			400 кВА / 460 кВт-ч		2019	
15	Республика Тыва, п. Кызыл-Хая			100 кВА / 250 кВт-ч		2019	
16	г. Санкт-Петербург			120 кВт / 240 кВт-ч		РИСЭ, снижение пиковых нагрузок	2013
17	Республика Башкортостан, п. Бурзян, Бурзянская СЭС			Генерирующая компания		10 МВт / 8 МВт-ч	Снижение пиковых нагрузок Сглаживание резких изменений мощности СЭС

Как видно из табл. 3 около 50% проектов СНЭЭ и 90% от суммарной установленной мощности приходится на подстанции (ПС) ПАО «ФСК ЕЭС» (проекты 2012-2014 гг.), где СНЭЭ выполняют функцию резервного источника электроснабжения (РИСЭ) для электроприемников собственных нужд.

Три СНЭЭ (выделены зеленым цветом в табл. 3 работают в составе изолированных энергорайонов удаленных поселков для поддержания баланса мощности и снижения топливной составляющей в объеме вырабатываемой электроэнергии (проекты 2017-2019 гг.). Две СНЭЭ (выделены желтым цветом установлены у потребителей с целью снижения пиковых нагрузок и обеспечения надежного электроснабжения мощных электроприемников. Отдельно следует выделить одну СНЭЭ с самой большой мощностью и энергоемкостью (выделена красным цветом, которая установлена на Бурзянской СЭС для повышения надежности электроснабжения потребителей в энергорайоне при отключении или перегрузке питающей одноцепной ЛЭП 110 кВ (проект 2020 г.).

Барьеры для развития систем накопления энергии

По мнению большинства отечественных специалистов, основными факторами, ограничивающими развитие СНЭЭ в РФ, являются:

1. Отсутствие государственной программы поддержки проектов в области СНЭЭ. В странах, занимающих сейчас лидирующие позиции на мировом рынке СНЭЭ, технологии накопления совершили качественный скачок именно благодаря комплексной государственной поддержке проектов в области СНЭЭ. В России в настоящее время такая поддержка отсутствует.
2. Высокая стоимость СНЭЭ при относительно низкой стоимости электроэнергии в РФ. Удельная стоимость СНЭЭ сильно зависит от используемых накопителей энергии, функционала и исполнения СНЭЭ и множества других факторов, однако в любом случае она по-прежнему достаточно высока.
3. Малая доля ВИЭ в ЕЭС России и в большинстве ОЭС. Область применения СНЭЭ не ограничивается повышением эффективности возобновляемых источников энергии, однако, как показывает мировой опыт, последние являются значимым драйвером развития СНЭЭ. При этом на 01.01.2020 г. доля СЭС и ВЭС в структуре установленной мощности электростанций ЕЭС России составляет лишь 0,55 и 0,07 % соответственно, а в структуре выработки электроэнергии – 0,12 и 0,03 % соответственно.
4. Медленное формирование нормативно-технической основы для применения СНЭЭ. В России постепенно разрабатываются нормативно-технические документы в области СНЭЭ, с 1 ноября 2020 г. вступили в силу два очередных национальных стандарта в области СНЭЭ: ГОСТ Р 58092.2.1–2020 и ГОСТ Р 58092.3.1–2020. Однако все это происходит крайне медленно.
5. Ограниченный срок службы, его зависимость от глубины разряда, допустимый ток заряда и другие ограничения накопителей энергии. Данные вопросы остро стоят в проектах в области СНЭЭ, реализуемых не только в России, но и по всему миру.

Необходимо отметить, что влияние указанных факторов может быть компенсировано посредством государственной поддержки. Согласно Плану мероприятий («Дорожной карте») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации НТИ по направлению «Энерджинет», разработка экономически обоснованного механизма поддержки строительства систем накопления энергии будет осуществлена в срок до декабря 2021 г.

Перспективы развития накопительной энергетики в России

С начала ноября 2020 года в РФ начали действовать первые национальные стандарты для проектирования, испытания и эксплуатации накопителей электроэнергии высокой мощности. Нормы были разработаны сотрудниками компании «Системы накопления энергии» («СНЭ», проект группы компаний «Роснано») совместно с Новосибирским государственным техническим университетом (НГТУ НЭТИ) при поддержке Фонда инфраструктурных и образовательных программ «Роснано». Приказ о введении стандартов вступил в силу 1 ноября 2020 года. В частности, ГОСТ Р 58092.1-2018 дает четкое «определение термину система накопления электрической энергии - установка с определенными границами, подключенная к электрической сети, включающая как минимум один накопитель электрической энергии (НЭЭ), которая извлекает электрическую энергию из электроэнергетической системы, хранит эту энергию внутри себя в какой-либо форме и отдает электрическую энергию обратно в электроэнергетическую систему». Также введены стандарты ГОСТ Р 58092.5.1-2018, ГОСТ Р 58092.2.1-2020, ГОСТ Р 58092.3.1-2020, устанавливающие требования по эксплуатации и проектированию данных систем.

В целом, анализ российского опыта применения СНЭЭ показывает значительное отставание РФ от ряда стран, в которых технологии накопления получили широкую практическую реализацию. В нашей стране реализован ряд проектов по установке СНЭЭ на энергообъектах ЕЭС России, однако большая часть из них была предназначена для «отработки» новых технологий и не подразумевала коммерческой выгоды. В современных реалиях наибольший технический и экономический эффект от применения СНЭЭ в РФ может быть получен в автономных энергосистемах, работающих изолированно или имеющих слабую связь с ЕЭС России. Ярким примером является применение СНЭЭ в составе автономных гибридных энергоустановок на основе ВИЭ и традиционной генерации. Данное направление активно развивается с 2017 г. (СНЭЭ были установлены на нескольких солнечно-дизельных электростанциях).

Контактные данные:

По вопросам проведения аналитических исследований

Александра Шнипова
Заместитель руководителя
практики Управленческого консалтинга
Группы «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ» | MGI Worldwide
+7 (495) 740 16 01
Contact@delprof.ru

По вопросам подготовки экспертных комментариев и статей

Александра Пашкевич
Ведущий маркетолог
Группы «ДЕЛОВОЙ ПРОФИЛЬ» | MGI Worldwide
+7 (495) 740 16 01 (вн. 1048)
Pashkevich@delprof.ru