

**Европейская экономическая комиссия****Комитет по устойчивой энергетике****Группа экспертов по энергоэффективности****Десятая сессия**

Женева, 5–6 октября 2023 года

Пункт 8 предварительной повестки дня

Повышение энергоэффективности в промышленности**Повышение энергетической устойчивости и ускорение
процесса декарбонизации в регионе ЕЭК: раскрытие
потенциала технологий накопления и хранения энергии
и гибкого управления спросом****Записка секретариата***Резюме*

Комитет по устойчивой энергетике и его вспомогательные органы рассматривают широкий спектр мероприятий (ECE/ENERGY/146) и технических рекомендаций (CSE-31/2022/INF.2) по созданию устойчивых энергетических систем в регионе Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций.

Накопители энергии рассматриваются в качестве важного решения при масштабировании переменной генерации, что требует широкого внедрения оборудования для хранения энергии в целях оптимального использования низкоуглеродных ресурсов и обеспечения энергетической безопасности. Взаимосвязанные энергетические системы, а также накопители энергии на уровне систем и конечных потребителей — это те факторы, которые обеспечивают устойчивость, а служат катализаторами для решения многих связанных с энергетикой проблем. Не существует одной единственной технологии — для любой конкретной ситуации, контекста и цели используется сочетание технологий.

Поэтому разработка вспомогательных ресурсов, связанных с хранением энергии, для углубления понимания потенциала, требований и других аспектов является частью плана работы Платформы Европейской экономической комиссии Организации Объединенных Наций (ЕЭК) по устойчивым энергетическим системам. Настоящий документ закладывает основу для будущих исследований по данной тематике.



I. Введение

1. Накопители энергии могут стать ключевым инструментом для достижения целого ряда целей, включая надежный доступ к экологически чистым источникам энергии, выравнивание дисбаланса спроса и предложения, снижение влияния стоимости энергии, снижение пиковых нагрузок и т. д. Поскольку цели, потребности и мотивы различны, равно как и типы, формы и виды накопителей энергии, необходимо создать основу, позволяющую заинтересованным сторонам принимать обоснованные решения по достижению желаемых результатов и использовать их потенциал без возникновения эффекта изоляции. Для этого важно понимание аспектов, которые необходимо учитывать, и типов хранения, подходящих для конкретных условий.

2. Для определения подходящих технологий необходимо выявить сильные и слабые стороны, возможности и угрозы каждого типа накопителей энергии с точки зрения сценариев использования или желаемых результатов, а также то, какие аспекты имеют значение для их оценки. К таким аспектам хранения энергии можно отнести плотность энергии, эффект памяти, долговечность, стоимость приобретения, занимаемое пространство, время разрядки, выходная мощность, температура, требуемые материалы (критические или альтернативные), ремонтпригодность и возможность переработки, экологический след. Для принятия обоснованных решений в области накопления энергии важно понимать требуемые нагрузки, временную динамику и другие ключевые или ограничивающие факторы, чтобы адаптировать комбинацию технологий и правильно рассчитать необходимую емкость накопителей энергии в соответствии с критериями экономической целесообразности.

3. Накопители энергии могут в полной мере реализовать свой потенциал только в том случае, если они будут рассматриваться в более широком контексте и в сочетании с подходами, обеспечивающими гибкость спроса в различных секторах конечного потребления. Поэтому использование потенциала накопления энергии и гибкости спроса требует увязки всех направлений работы ЕЭК по устойчивой энергетике (энергоэффективность, возобновляемая энергетика, системы экологически чистого производства электроэнергии, газ, шахтный метан и справедливый переход, управление ресурсами) и такими тематическими областями, как транспорт, градостроение, жилищное хозяйство и землепользование, окружающая среда.

4. В настоящем документе рассматриваются следующие вопросы: что такое хранение энергии, в каких формах и видах можно хранить энергию, какие виды энергии можно накапливать и в каком контексте хранение энергии связано с гибкостью спроса.

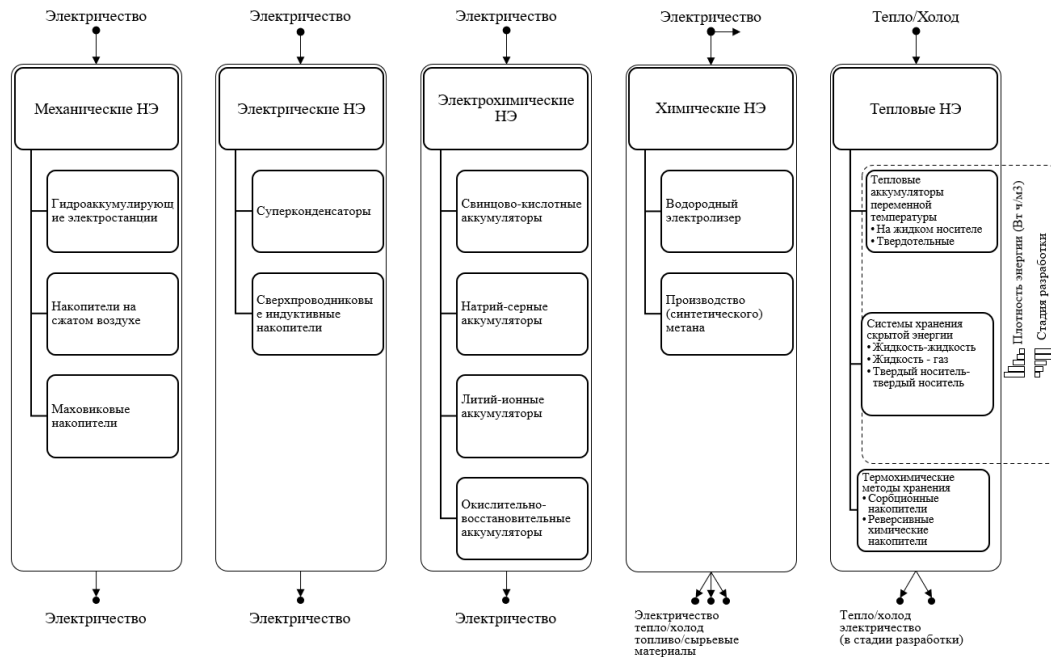
II. Хранение энергии

5. В накопителях хранится энергия, которая в данный момент доступна, но не требуется, для последующего использования. Хранение сопровождается преобразованием формы энергии и предполагает потери энергии как при хранении, так и при преобразовании. Это указывает на необходимость поиска решений, обеспечивающих наилучший системный КПД, т. е. наилучшие общие энергетические показатели.

Категоризация по видам энергии

6. Установки для хранения энергии классифицируются в зависимости от типа хранимой энергии (первичной формы). Однако зачастую при зарядке или разгрузке накопителя используются разные виды энергии (рис. I).

Рис. I
Обзор технологий хранения энергии



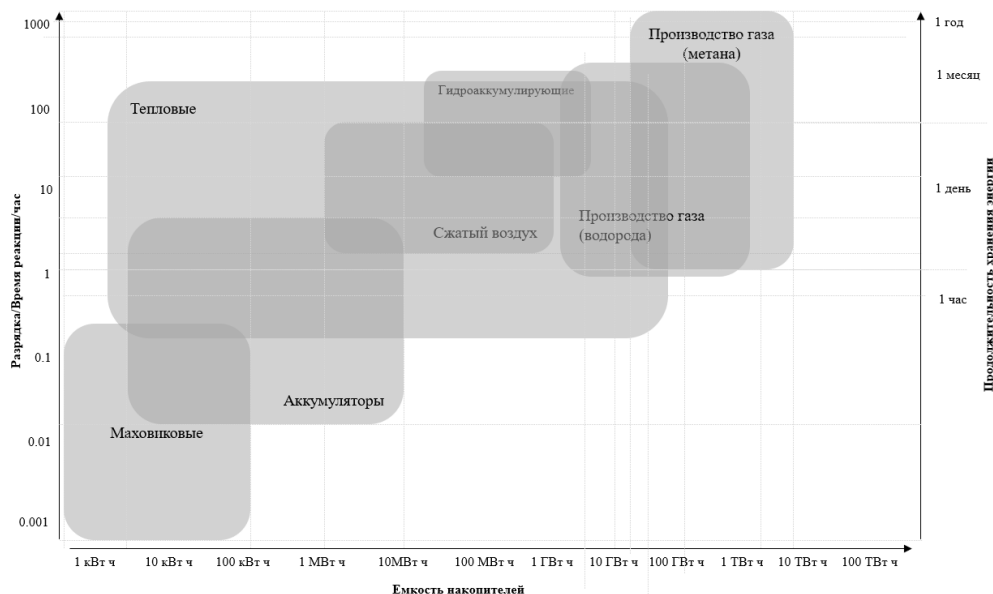
Источник: на основе Michael Sterner and Ingo Stadler, "Energiespeicher im Wandel der Zeit", *Energiespeicher – Bedarf, Technologien, Integration*, Michael Sterner and Ingo Stadler, eds. (Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 2017); Emde, "Techno-oekonomische Bewertung von energieträgerübergreifenden hybriden Energiespeichern" (2023); BVES.

Категоризация по длительности хранения

7. По срокам хранения энергии накопители можно разделить на краткосрочные и долгосрочные (рис. II). В зависимости от требуемого времени хранения используются различные технологии, в соответствии с которыми можно выделить следующие временные интервалы:

- до нескольких минут (колебания поступающей в сеть мощности);
- до одних суток дня (например, суточные колебания фотоэлектрических систем);
- до трех суток (случайные колебания);
- одна–две недели (устойчивые периоды сильного или слабого ветра);
- сезонная балансировка.

Рис. II
Сравнение времени разрядки и емкости некоторых технологий хранения энергии



Источник: на основе Bahman Shabani and Jason Moore, "A Critical Study of Stationary Energy Storage Policies in Australia in an International Context: The Role of Hydrogen and Battery Technologies", *Energies*, 9(9):674 (August 2016).

8. Знание дополнительных определяющих факторов позволяет сузить круг возможных типов накопителей для различных контекстов применения, а также доступных и необходимых форм получения энергии. К ним относятся: максимальная выходная мощность (МВт), срок службы в циклах зарядки, КПД (в процентах), саморазряд (в процентах в час), инвестиционные затраты на один кВт·ч емкости накопителя, стоимость в расчете на хранение одного кВт·ч энергии, удельная энергия (Вт·ч/кг), плотность энергии (Вт·ч/м³), стандартное время разряда для накопителя обычного размера, системные ограничения емкости накопителя, воспламеняемость, токсичность, необходимые сырьевые материалы, ремонтпригодность и возможность переработки и др.

9. Выбор подходящего типа накопителя в значительной степени ограничивается предполагаемой областью применения, где различные вышеупомянутые определяющие факторы имеют приоритет или накладывают ограничения. По сути, они подразделяются по системному уровню накопления: инфраструктура, включая автономные или аккумуляторные уличные светильники), генерация энергии (хранение избыточной генерации ветровых, приливных, солнечных, тепловых и прочих установок), энергосистема (стабильность сети) и накопители уровня конечного потребления (здания, промышленные объекты, транспортные средства).

10. Накопителей энергии используются с разными целями:

а) на системном уровне они включают в себя предотвращение потери избыточной генерации на основе ВИЭ, которая не может быть разгружена в сеть (сокращение генерации), предотвращение проблем с пропускной способностью и регионального дефицита энергии, а также стабилизацию сети (т. е. снижение потребности в резервных электростанциях базового уровня и выравнивание неравномерности возобновляемой генерации);

б) с точки зрения поставщиков энергии это означает, что они не будут продавать энергию себе в убыток, смогут поставлять дополнительную энергию для преодоления кратковременного дефицита, а местные поставщики и конечные потребители смогут хранить излишки электроэнергии или тепла;

с) цели промышленности и большинства других конечных потребителей можно разделить на оптимизационные (перераспределение нагрузки за счет торговли энергией); оптимизация потребления; рекуперация энергии; ограничение максимальной нагрузки; интеграция возобновляемых источников; использование гибкости энергосистемы для оптимизации затрат), надежность энергоснабжения (снижение зависимости от внешних поставок энергии; стабилизация процессов; обеспечение бесперебойного энергоснабжения), а также получение дополнительных доходов (сброс и увеличение нагрузки; обеспечение балансирующей мощности или возможности отключения нагрузки).

11. Учет имеющихся видов энергии (получаемой извне или теряемой), желаемого результата (т. е. определенной температуры, давления воздуха, подъема определенного веса, определенной яркости), целей и ограничений технологий и вариантов применения позволяет достичь системной эффективности для той совокупности видов энергии, необходимых преобразований, отвечающих предъявляемым требованиям видов хранения энергии, а также оборудования, обеспечивающего техническую сторону результата, которое требует наименьших затрат энергии в целом и одновременно отвечает поставленным целям.

III. Энергетическая гибкость со стороны спроса

12. Для эффективного обеспечения энергетической устойчивости и декарбонизации необходимо брать в расчет не только производство, передачу и хранение излишков энергии. Меры по повышению гибкости энергопотребления с помощью регулирования спроса помогают быстрее достичь соответствующих целей за счет принятия мер по адаптации к нестабильному, прерывистому, недостаточному или чувствительному к цене энергоснабжению. Гибкость можно повысить путем регулирования спроса на энергию в четырех основных формах:

- а) регулирование потребления по времени (смещение потребления в периоды высокой выработки возобновляемой энергии);
- б) стимулирование ограничения мощности (снижение потребления в периоды пиковой нагрузки);
- с) стимулирование роста потребления (увеличение потребления в непиковое время);
- д) небольшие изменения для стабилизации сети (кратковременное изменение кривой нагрузки).

13. Многие из приведенных ниже примеров гибкого энергопотребления в промышленности можно перенести на другие контексты стационарного потребления энергии:

- а) динамичная смена источника энергии: в зависимости от наличия энергии или цены нескольких доступных источников энергии;
- б) прерывание (остановка) процесса, связанное с переменной ценой энергии: если цена энергии (независимо от источника) превышает заданный уровень, процесс поставки может быть приостановлен для оптимизации энергозатрат (если позволяет время поставки и загруженность);
- с) изменение технологической последовательности операций: последовательность производственных этапов меняется для оптимизации энергозатрат;
- д) перенос срока начала производства;
- е) изменение времени загрузки производственного оборудования: в период ценовых пиков переходить на производство деталей, требующих меньше энергии;
- ф) накопители энергии: зарядка и разрядка в зависимости от межсуточных колебаний стоимости энергии;

g) виртуальное хранение: накопление энергии в протекающих технологических процессах (например, электролиз, холодильные камеры);

h) настройка параметров процесса на энергооптимальный профиль нагрузки;

i) корректировка времени смен: составление производственного графика с таким расчетом, чтобы производство осуществлялось или увеличивалось, когда ожидается снижение цен на электроэнергию (например, прогноз избытка ветровой или солнечной энергии или внепиковые тарифы);

j) адаптация времени перерывов к пикам цен на электроэнергию или дефициту поставок (может применяться только при коротких пиках или на высокоавтоматизированных предприятиях).

14. Цель обеспечения энергоустойчивости и декарбонизации может быть наиболее эффективно достигнута путем сочетания мер по повышению гибкости энергопотребления с различными технологиями хранения энергии как на локальном, так и на системном уровне, применения технологии power-to-X, системных подходов и мер политики в отношении энергосистемы и конечных потребителей.

15. Если посмотреть на имеющиеся в регионе ЕЭК ресурсы чистой энергии, то можно сделать вывод, что проблема не столько в энергии, сколько в ее распределении и использовании потенциала чистой энергии и энергоэффективности на местах.

16. Увеличение доли возобновляемых источников энергии в энергосистеме приведет к росту спроса на накопители энергии различных уровней и типов во всем регионе ЕЭК и его многочисленных часовых поясах, которые также представляют собой различные модели энергопотребления. Нивелировать эти проблемы помогут решения в области накопления энергии, надежная конструктивная схема энергосистемы с достаточным количеством межсистемных соединений и многократным резервированием, а также цифровые решения.

17. Задача состоит в том, чтобы понять осуществимость разных решений в различных условиях с технической, финансовой, климатической, ресурсной и квалификационной точек зрения. В заключение следует отметить, что хранение энергии обеспечивает гибкость, которая, в свою очередь, повышает устойчивость, поскольку помогает сгладить нестабильность, избежать потерь избыточной энергии, компенсировать дефицит мощности в пиковые периоды, а значит, снизить потребность в мощностях базовой нагрузки на ископаемом топливе и уменьшить «углеродный след» энергетического сектора.

IV. Рекомендации

18. Для реализации потенциала накопителей энергии в обеспечении устойчивости энергосистемы и ее декарбонизации целесообразно изучить следующие вопросы:

a) как различные типы и уровни аккумуляции энергии могут поддерживать и повышать устойчивость энергосистемы;

b) как технологии накопления энергии могут помочь ускорить и снизить стоимость декарбонизации транспорта;

c) как различные решения в сфере накопления энергии и обеспечения гибкости спроса могут обеспечить наилучшее использование прерывистой возобновляемой генерации, включая форму энергии, которая лучше всего подходит для хранения возобновляемой энергии и позволят обеспечить максимальный КПД всей системы;

d) стимулирующие политические рамки и механизмы регулирования, необходимые для поощрения внедрения и интеграции технологий хранения энергии;

e) средства, включая возможные бизнес-модели, которые необходимы для того, чтобы участники энергосистемы могли выбрать подходящие технологии

хранения энергии, оценить их преимущества и проблемы, а также реализовать применимые решения;

f) вопросы, касающиеся ценовой доступности, интеграции с другими технологиями и влияния на энергоэффективность;

g) экологические последствия применения технологий накопления энергии от добычи до утилизации, возможность переработки, замкнутость цикла, а также альтернативные материалы и доступ к критически важным сырьевым материалам;

h) доступность и ценовая приемлемость технологий хранения энергии в регионе ЕЭК, а также определение возможных финансовых механизмов, способствующих более широкому распространению и внедрению системных, локальных и микроуровневых накопителей энергии;

i) как цифровизация может помочь оптимизировать хранение энергии и обеспечить гибкость спроса.

19. Для активизации этих усилий можно предложить рассмотреть вопрос о создании специальной целевой группы.

20. Также следует подчеркнуть необходимость обеспечения технологического разнообразия, непрерывного распространения знаний и внедрения принципов экономики замкнутого цикла.
