

Усманова Регина Равиловна
Академия гражданской защиты МЧС России имени генерал-лейтенанта Д.И.
Михайлика

Экономическое обоснование энергоэффективности использования ресурсов возобновляемой энергии

Аннотация. В статье рассмотрен комплексный подход к перспективной оценке устойчивости энергетических технологий, таких как прогнозирование энергии, энергоэффективность и доступность энергии. Правильный выбор и оценка показателей устойчивости для оценки технологий как части сложной энергетической системы и ее перехода является большой проблемой, поскольку существует множество альтернатив и критериев, которые необходимо проанализировать и оценить. В этой работе рассмотрен общий и всесторонний подход к оценке устойчивости для перспективной оценки технологий возобновляемой энергетики. Предлагаемый подход рассматривает два критерия, которые являются существенными для выбора показателей устойчивости: экологической и экономической оценки на основе жизненного цикла. В частности, в производстве водорода, которое может использоваться для балансировки производства электроэнергии из переменных возобновляемых источников энергии и направлено на повышение защищенности населения при возникновении неблагоприятных факторов чрезвычайных ситуаций, связанных с отключением электроэнергии. Предлагаемая модель может помочь повысить энергоэффективность и улучшить использование ресурсов возобновляемой энергии.

Ключевые слова: ветрогенератор, энергоэффективность, экологическая оценка, экономическая оценка, возобновляемая энергия

Usmanova Regina Ravilyevna
Civil Defence Academy EMERCOM of Russia

Economic justification for energy efficiency of using renewable energy resources

Annotation: The article considers an integrated approach to prospective assessment of sustainability of energy technologies, such as energy forecasting, energy efficiency and energy availability. The correct selection and assessment of sustainability indicators for assessing technologies as part of a complex energy system and its transition is a major challenge, since there are many alternatives and criteria that need to be analyzed and assessed. This paper considers a general and comprehensive approach to sustainability assessment for prospective assessment of renewable energy technologies. The proposed approach considers two criteria that are essential for the selection of sustainability indicators: environmental and economic assessment based on the life cycle. In particular, in the production of hydrogen, which can be used to balance the production of electricity from variable renewable energy sources and is aimed at increasing the security of the population in the event of adverse factors of emergencies associated with power outages. The proposed model can help to increase energy efficiency and improve the use of renewable energy resources.

Key words: wind turbine, energy efficiency, environmental assessment, economic assessment, renewable energy

1. Введение

Ветроэнергетика, основанная, в частности, на лопастных ветряных турбинах с вертикальной осью, приобрела популярность благодаря интересу к экологически чистой энергии. Энергетический сектор в настоящее время сталкивается с растущими проблемами, связанными с ростом спроса, эффективностью, отсутствием аналитики, необходимой для оптимального управления, и изменением моделей спроса и предложения. Технологии возобновляемой энергии, такие как прогнозирование энергии, энергоэффективность и доступность энергии, являются ключевыми факторами, которые включают искусственный интеллект [1-8]. В данной статье представлен комплексный подход к перспективной оценке устойчивости энергетических технологий. Это исследование было направлено на анализ, сравнение и построение модели, использующей искусственный интеллект и конкретные экономические показатели, значимые для экономического прогнозирования в отношении возобновляемой энергии. Предложенные подходы можно использовать для преодоления различных проблем, включая выбор лучшего потребителя для реагирования на конкурентоспособное ценообразование, планирование и управление объектами, стимулирование участников реагирования на спрос и их равную и экономическую компенсацию. Предлагаемая модель может помочь повысить энергоэффективность и улучшить использование ресурсов возобновляемой энергии .

Правильный выбор и оценка показателей устойчивости для оценки технологий как части сложной энергетической системы и ее перехода является большой проблемой, поскольку существует множество альтернатив и критериев, которые необходимо проанализировать и оценить. Обсуждение LCSA в целом и проблем подхода S-LCA в частности показывают, что существуют веские причины для разработки и тестирования других подходов для перспективной оценки устойчивости на уровне технологий. Кроме того, существует потребность в общем подходе, который применим для разных технологий и который позволяет проводить перспективную и всестороннюю оценку технологий с использованием согласованных границ системы, будущих рамочных условий, показателей и данных, где это возможно и необходимо. В этой работе предлагается общий и всесторонний подход к оценке устойчивости для перспективной оценки технологий. Подход рассматривает два критерия, которые являются существенными для выбора показателей устойчивости: экологической и экономической оценки. Это требует, прежде всего, точной и надежной характеристики соответствующих технологий, включая будущие предположения о материальных и энергетических потоках, а также об эффективности, цепочках поставок и контроле выбросов. Также для характеристики восходящих и нисходящих процессов необходимы согласованные базы данных. Кроме того, особенно для перспективной оценки различных технологий, необходима согласованная структура оценки, т. е. согласованные границы системы, а также предположения относительно экономических, экологических и социальных входных данных и согласованный фоновый сценарий, касающийся, например, смеси энергии и мобильности.

Представленный подход считается скорее отправной точкой, чем планом для комплексной оценки технологий возобновляемой энергии, встраивания в контекстные сценарии для перспективных оценок.

2. Экономическая оценка

Для экономической оценки выбран метод LCC. В качестве экономического показателя рассчитываются общие затраты (ТС) и приводятся к единой точке отчета. Начальной точкой оценки затрат является подробная оценка инвестиций. На основе потоков массы и энергии основные компоненты ветрогенераторов проектируются по их размеру и типу, а соответствующие инвестиции оцениваются с использованием таблиц цен и данных производителя. Инвестиции в прямые и косвенные вторичные компоненты оцениваются как проценты от основных компонентов. Эксплуатационные расходы здесь разделены на расходные материалы (сырье, коммунальные услуги, эксплуатационные материалы) и другие эксплуатационные расходы (труд, техническое обслуживание и

ремонт, налоги и страхование, накладные расходы) и доходы от побочных продуктов оцениваются на основе потоков массы и энергии вместе с данными о ценах на текущий и будущие годы.

Один и тот же подход LCC можно использовать для анализа двух различных экономических перспектив: 1. перспектива экономики бизнеса, где процентная ставка определяется таким образом, чтобы компания получала прибыль. Для этой перспективы предлагается диапазон от 7 до 9%. При желании период амортизации, т. е. экономический срок службы, может быть короче технического срока службы отдельных компонентов. 2. Макроэкономическая перспектива, где процентная ставка устанавливается в диапазоне от 1,5 до 3,5%. Этот диапазон процентной ставки отражает только стоимость привлечения капитала на финансовом рынке. Для этой перспективы период амортизации соответствует техническому сроку службы компонентов. Выбранные диапазоны для двух перспектив приводят к полосам пропускания для LTC. В обоих случаях налоги не учитываются. Перспективные аспекты, специфичные для LCC, включают кривые обучения и темпы прогресса для инвестиционных оценок, а также прогнозы цен на сырье и коммунальные услуги (включая, например, цены на сырую нефть, природный газ и электроэнергию).

3. Экологическая оценка

Оценка воздействия на окружающую среду проводится в соответствии с методологией LCA в соответствии с международными стандартами ISO. Для подготовки LCI все процессы вверх и вниз по течению, т. е. поставка сырья и энергии, предоставление эксплуатационных материалов и инфраструктуры (включая строительство объекта), утилизация отходов и сточных вод (включая демонтаж объекта), а также использование продукта, включаются с использованием программного обеспечения. Моделирование производства электроэнергии основано на предположениях о валовой выработке электроэнергии на энергоноситель и долях технологий на энергоноситель. В нашем исследовании мы применяем 13 категорий воздействия на окружающую среду, методов и индикаторов на уровне средней точки, как рекомендовано в Справочнике [8], индикаторы и соответствующие методы оценки воздействия классифицируются как I: рекомендуемые и удовлетворительные, II: рекомендуемые, но требующие некоторых улучшений, III: рекомендуемые, но должны применяться с осторожностью, Временные: не рекомендуемые к использованию. Категории воздействия, методы оценки воздействия которых классифицируются как «промежуточные» или «III», в этом исследовании не учитываются (например, ионизирующее излучение, экосистемы; землепользование; истощение ресурсов, вода). Соответствующие методы оценки воздействия используются в нашем исследовании в программном обеспечении [9]. Перспективные аспекты, специфичные для LCA, включают предположения о будущем контроле выбросов машинного оборудования по цепочке создания стоимости соответствующей технологии и о топливно-технологическом составе будущего энергетического и мобильного комплекса.

4. Перспективы развития

Инвестиционные затраты в 2050 году будут ниже, поскольку увеличивается количество установленных систем и устанавливаются большие мощности (экономия масштаба). Кроме того, можно ожидать более низких затрат на производство электроэнергии с помощью ветроэнергетики. В будущем самые низкие затраты на поставку будут реализованы при транспортировке по трубопроводу. Водород из энергии ветра может использоваться для электрификации различных секторов [9]. Кроме того, производство водорода может использоваться для балансировки производства электроэнергии из переменных возобновляемых источников энергии [10]. Водород для транспортных средств и других секторов имеет шанс быть безопасным для климата только при производстве из возобновляемых источников энергии [11]. В дополнение к потенциальному сокращению

выбросов парниковых газов, электромобили на топливных элементах выделяют только воду в точке использования и, следовательно, помогают бороться с высокими уровнями выбросов в городах, например, твердых частиц или оксидов азота.

В качестве варианта использования для исследования зеленого водорода выбран легковой автомобиль, хотя поставляемый водород также может использоваться в общественных автобусах или грузовых автомобилях. Для транспортировки и распределения водорода доступны различные технологии. В настоящее время наиболее распространенными методами транспортировки являются газообразный водород в баллонах высокого давления и жидкий водород в криогенных баллонах на грузовиках. В качестве альтернативы рассматривается хранение и транспортировка водорода в жидких органических водородоносителях на грузовиках. Четвертой проанализированной альтернативой является строительство новой сети трубопроводов.

Исследование проекта «Водород из энергии ветра для мобильности и защищенности населения при возникновении неблагоприятных факторов чрезвычайных ситуаций» состоит из нескольких различных технологий, например, ветряных турбин, электролизеров и т. д. Таким образом, каждая технология может представлять интерес для обсуждения общественного принятия. Необходимо учитывать, что территория вокруг водородных заправочных станций более густонаселена, чем вокруг централизованных электролизеров для производства водорода. Тем не менее, представленный подход рассматривается скорее как отправная точка, чем как план для комплексной оценки технологий возобновляемой энергии, особенно для предлагаемых социальных показателей, их значения для перспективных оценок и их встраивания в контекстные сценарии для перспективных оценок [12-15]. Это также включает в себя дальнейшее использование возможностей для привлечения различных субъектов из общества к общему подходу к оценке, например, для выбора и взвешивания критериев и показателей устойчивости. Кроме того, вывод показателей на основе нормативной концепции устойчивого развития и цель назначения показателей одному из измерений устойчивости, т. е. экономике, окружающей среде, должны быть изучены более внимательно и подлежат дальнейшему исследованию. И последнее, но не менее важное: перспективные оценки страдают от различных типов неопределенностей, методических неопределенностей, а также неопределенностей в отношении входных данных, и необходимо проводить дальнейшие исследования для того, чтобы систематически учитывать эти неопределенности.

5. Выводы

Предложенный для перспективной оценки устойчивости энергетических технологий объединяет хорошо известные экологические и экономические показатели и в целом применим ко всем типам технологий, т. е. различным энергетическим ресурсам и процессам преобразования, направлен на последовательную перспективную оценку устойчивости (возникающих) энергетических технологий. Таким образом, подход может использоваться для последовательного выделения возможных сильных и слабых сторон, а также непреднамеренных последствий новых технологий по сравнению, например, с существующими традиционными технологиями, направлен на поддержку разработчиков технологий, лиц, принимающих решения в политике, промышленности и обществе, путем предоставления знаний для дальнейшей оценки, руководства и управления. Представленные результаты являются отличной отправной точкой для дальнейшего анализа в отношении сравнения различных вариантов транспорта, т. е. для сравнительной оценки устойчивости электромобилей на топливных элементах, электромобилей на аккумуляторных батареях и транспортных средств с двигателями внутреннего сгорания, работающих на синтетическом биотопливе и ископаемом топливе соответственно. В частности, в производстве водорода, которое может использоваться для балансировки производства электроэнергии из переменных возобновляемых источников энергии и

направлено на повышение защищенности населения при возникновении неблагоприятных факторов чрезвычайных ситуаций, связанных с отключением электроэнергии.

Список источников

1. Мони SM, Махмуд R, Хай К, Карбахалес-Дейл М (2020) Оценка жизненного цикла новых технологий: обзор. *J Ind Ecol* 24(1):52–63
2. Чжао Г., Нильсен Э.Р., Тронкосо Э., Хайд К., Ромео Дж.С., Дидерих М. (2019) Анализ стоимости жизненного цикла: пример применения водородной энергетики на Оркнейских островах. *Int J Hydrogen Energy* 44(19):9517–9528
3. Portillo F, Rosiek S, Batlles FJ, Martínez-Del-Río J, Acasuso I, Piergrossi V, De Sanctis M, Chimienti S, Di Iaconi C (2019) Перспективная экологическая и экономическая оценка рекуперации солнечной тепловой энергии из сточных вод с помощью последовательного периодического биофильтра гранулированного реактора. *J Clean Prod* 212:1300–1309
4. Арвидссон Р., Тиллман А.М., Санден Б.А., Янссен М., Норделёф А., Кушнир Д., Моландер С. (2018) Экологическая оценка новых технологий: рекомендации для перспективного LCA. *J Ind Ecol* 22 (6): 1286–1294.
5. Хетерингтон АС, Боррион АЛ, Гриффитс ОG, Макманус МС (2014) Использование LCA как инструмента разработки в ранних исследованиях: проблемы и вопросы в различных секторах. *Int J Life Cycle Assess* 19(1):130–143
6. Тонеманн Н., Шульте А., Мага Д. (2020) Как проводить перспективную оценку жизненного цикла новых технологий? Систематический обзор и методическое руководство. *Устойчивость* 12(3):1192
7. Мендоса Бельтран А., Кокс Б., Мьютел К., ван Вуурен Д.П., Фонт Виванко Д., Дитман С., Эделенбош О.Ю., Гвинея Дж., Таккер А. (2020) Когда фон имеет значение: использование сценариев из моделей комплексной оценки в перспективной оценке жизненного цикла. *J Ind Ecol* 24(1):64–79
8. Бхат И, Пракаш Р (2009) LCA возобновляемых источников энергии для систем генерации электроэнергии — обзор. *Renew Sustain Energy Rev* 13(5):1067–1073
9. Hiremath M, Derendorf K, Vogt T (2015) Сравнительная оценка жизненного цикла систем хранения аккумуляторных батарей для стационарных приложений. *Environ Sci Technol* 49(8):4825–4833
10. Мехмети А., Анджелис-Димакис А., Арампатзис Г., Макфайл С., Ульгиати С. (2018) Оценка жизненного цикла и водный след методов производства водорода: от традиционных до новых технологий. *Окружающая среда* 5(2):24
11. Swarr TE, Hunkeler D, Klöpffer W, Pesonen HL, Ciroth A, Brent AC, Pagan R (2011) Экологическая оценка жизненного цикла: кодекс практики. *Int J Life Cycle Assess* 16(5):389–391
12. Кост С., Шаммугам С., Юлх В., Нгуен Х.Т., Шлегль Т. (2018) Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. Институт Фраунгофера солнечной энергетики (ISE), Фрайбург
13. Штольценбергер К., Тэн О. (2015) Нормированная стоимость электроэнергии 2015. *VGB PowerTech* 95(12): 94-96
14. Ли К, Ли С (2013) Модели технологических инноваций и эволюции в энергетическом секторе: подход, основанный на патентах. *Энергетическая политика* 59:415–432
15. Лауэр М (2008) Методологическое руководство по технико-экономической оценке (ТЕА). Разработано в рамках ThermalNet WP3В Economics. *Intelligent Energy Europe*
16. Свищёв А. В., Веренцов Л. А. Стремление мирового сообщества к интеграции возобновляемых источников энергии для достижения углеродной нейтральности//Актуальные вопросы современной экономики. 2022.- №12. С. 837-840

Информация об авторе

Усманова Регина Равилевна, доктор технических наук, профессор кафедры «Физики», ФГБВОУ ВО «Академия гражданской защиты МЧС России им.генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика», г. Химки, Россия

Information about the author

Regina Ravilevna Usmanova, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Physics, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Academy of Civil Protection of the Ministry of Emergency Situations of Russia named after Lieutenant General D.I. Mikhaylik", Khimki, Russia