

О ЖИЗНЕННОМ ЦИКЛЕ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

А.А. Малюгина

Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск

Тенденции развития гелиоэнергетики показывают, что ввод мощностей солнечных электростанций непрерывно растет. Для определения эффективности работы таких станций предлагается провести оценку их жизненного цикла с точки зрения энергетики и экологии. Установлено, что наряду с несомненными экологическими преимуществами таких станций при преобразовании солнечной энергии в электрическую существует проблема утилизации солнечных модулей, технология которой связана с дополнительными выбросами загрязняющих веществ. Данное обстоятельство требует отдельного исследования при оценке жизненного цикла солнечных электростанций.

Ключевые слова: гелиоэнергетика, экология, жизненный цикл, солнечные электростанции.

Тенденция развития современной гелиоэнергетики показывает интенсивный рост введения новых мощностей солнечных электростанций (СЭС) в мире. Так, в 2004 году суммарная мощность СЭС составляла 1,4 ГВт, а в 2010 году – уже 22,7 ГВт. По данным [1], этот рост будет сохраняться и к 2030 году достигнет 1480, а к 2050 – 4600 ГВт установленной мощности. Учитывая эту тенденцию, важно оценить жизненный цикл существующих и вновь строящихся СЭС с точки зрения энергетики и экологии.

Расчет жизненного цикла солнечных электростанций усложнен широким спектром переменных, поэтому получение точных результатов затруднено. В общем случае исследование и анализ данного фактора состоит из следующих этапов (рис. 1):

1. Цель и область обследования.
2. Анализ результатов обследования.
3. Оценка воздействия на окружающую среду.
4. Интерпретация полученных результатов.
5. Выводы и рекомендации.

Жизненный цикл любого объекта, в том числе и солнечной энергоустановки, строго регламентирован в соответствии со стандартами ISO14040 и ISO14044 [2]. Для энергетических станций жизненный цикл охватывает период от производства

энергетических ресурсов до снятия электростанции с эксплуатации (рис. 2).

Для СЭС этап добычи топлива не рассматривается, поскольку для производства электрической энергии от преобразования энергии солнца топливо не нужно. Важными этапами жизненного цикла солнечных энергетических станций являются строительство заводов по переработке сырья и производства солнечных модулей, подготовка территории для размещения СЭС, транспортировка к месту эксплуатации, монтаж, наладка производства, эксплуатация, вывод из эксплуатации и утилизация в конце цикла.

Значимым параметром при оценке жизненного цикла любых энергетических установок, включая топливные, является анализ выбросов загрязняющих веществ в атмосферу при производстве электроэнергии. По данным отчета Межправительственной группы экспертов по изменению климата, выбросы парниковых газов (CO_2 , CH_4 , N_2O и другие) приводят к повышению температур, возникновению тайфунов, затоплению площадей из-за количества осадков в одних районах и засухе в других. Выбросы парниковых газов невидимы, и оценить их количественно очень сложно. По этому показателю сравниваются все технологии производства электрической и тепловой энергии. При-



Рис. 1. Этапы исследования жизненного цикла

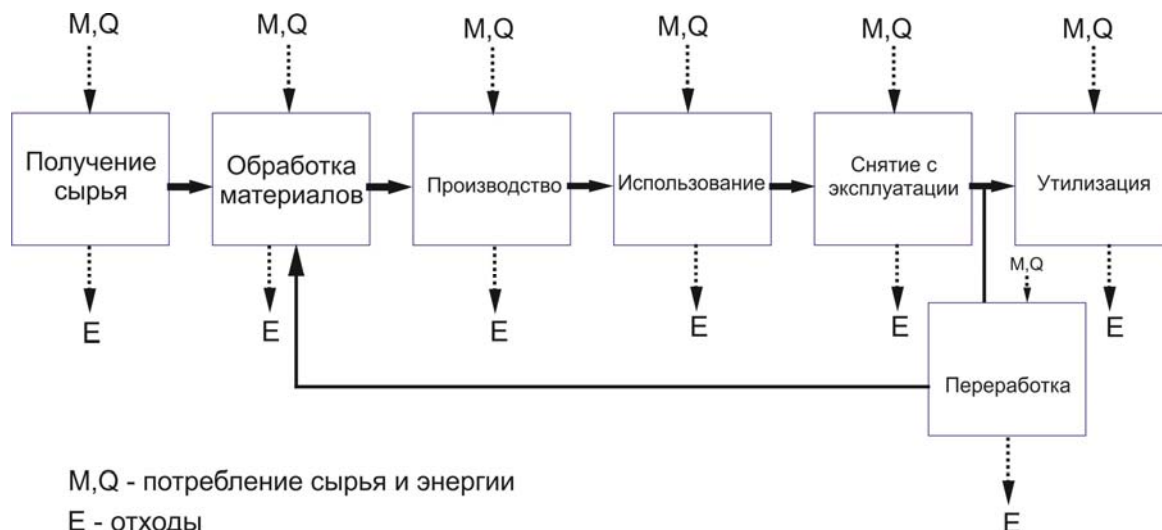


Рис. 2. Жизненный цикл солнечных электростанций

менительно к солнечным электростанциям этот показатель будет несколько условным, так как при производстве электрической энергии на них парниковые газы в атмосферу не выбрасываются. Поэтому использование СЭС для снижения выбросов парниковых газов в атмосферу можно считать наиболее перспективным.

Вместе с тем необходимо учитывать не только само производство электрической энергии, но и производство оборудования для осуществления этого процесса, в частности, производство солнечных модулей. Современная солнечная энергетика основана на использовании кремниевых технологий. Большое количество энергии при этом тратится на переработку и очистку металлургического кремния солнечной градации с классом чистоты > 99,999999 %. Такая технология считается «грязной», так как, связана с использованием хлора и, соответственно, с загрязнением окружающей среды.

Поэтому многие производители солнечных модулей переходят на более совершенные и экологически чистые способы получения солнечных элементов. Так, при использовании тонкопленочных технологий на основе CdTe, A-Si и CIGS энергии тратится меньше, так как, толщина активных веществ, необходимых для преобразования солнечного света в электрическую энергию, примерно в 100 раз меньше, чем толщина солнечных элементов традиционных технологий, основан-

ных на кристаллическом кремнии. Металлы для производства фотоэлектрических модулей (кадмий, теллур и др.) получают в основном как побочные продукты при выплавке меди и других компонентов.

Следует сказать, что большинство работающих на сегодняшний день солнечных электростанций были введены в эксплуатацию на ранних стадиях кремниевых технологий, и установить затраты энергии на первом этапе не представляется возможным.

Для оценки жизненного цикла весьма важным является место строительства и эксплуатации солнечных энергоустановок. Считается, что введение новых мощностей СЭС сопряжено с использованием большего количества земельных площадей. Если представить, что вся мировая энергетика будет переведена на солнечную, то при КПД солнечных модулей 10 % понадобится 0,9 млн км², что составляет лишь 2 % от полезно используемых сейчас сельскохозяйственных земель (51 млн км²) [3].

Кроме того, наиболее интенсивное солнечное излучение приходится на районы, чаще всего непригодные для сельскохозяйственных угодий. Поэтому строительство там СЭС вполне оправдано.

Мировой опыт эксплуатации солнечных электростанций с учетом приведенных параметров оценки показывает, что продолжительность их жизненного цикла может быть разной (см. таблицу). Как

Продолжительность жизненного цикла СЭС

Фотоэлектрические солнечные модули	30 лет для отработанных технологий производства
Инверторы	15 лет для автономного использования и жилых зданий; 30 лет с 10%-ной заменой каждые 10 лет для крупных установок
Солнечные батареи	30–60 лет для наземной установки на металлических опорах
Кабельные соединения	30 лет

Краткие сообщения

правило, для солнечных электростанций, по данным Международного энергетического агентства (МЭА), она составляет в среднем 30 лет [4].

За этот период больших проблем с загрязнениями окружающей среды при эксплуатации СЭС не возникает. Однако серьезным и пока до конца не решенным вопросом является утилизация элементов СЭС и самих солнечных модулей после снятия с эксплуатации. Обычно через 30 лет использования эффективность солнечных модулей начинает снижаться. По оценкам экспертов количество отходов от использования фотоэлектрических преобразователей значительно увеличится после 2020 года и к 2030 году составит 132 750 тонн [5]. Только в Германии, лидере по введению новых мощностей СЭС, с 2020 года количество отработанных солнечных панелей может составить 42 000 тонн в год. Наибольший процент отходов – около 90 %, составляет стекло. Меньшую долю составляет переработка кабелей и полупроводников из ценных металлов, которые обмотаны со всех сторон пластиком, поэтому их переработка является более затратной.

На сегодняшний день ни один из документов, касающихся утилизации отходов производства электрического и электронного оборудования не регулирует деятельность в производстве фотоэлектрических систем. Поэтому наряду с законодательными актами необходимо дополнительное расширение индустрии по утилизации отработанных элементов и оборудования СЭС, применение

новейших технологий и методологических подходов в области обращения с отходами. Реализация технологий утилизации также будет связана с дополнительными выбросами загрязняющих веществ в атмосферу. Экологическую сторону этих процессов для расчета жизненного цикла солнечных энергоустановок еще предстоит оценить.

Литература

1. Шаталова, О. Солнечное затмение. Бизнес-журнал / О. Шаталова. – http://www.rusnano.com/upload/images/sitefiles/files/2014-01-14_Business-Magazine.pdf (дата обращения: 01.12.2016).
2. International standard ISO.14040 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework Second edition 2006-07-01. – Switzerland. – 28 p.
3. Березкин, М.Ю. Укрощение солнца / М.Ю. Березкин // Наука и жизнь. – 2013. – № 12. – С. 13–19.
4. Masakazu, Ito. Life Cycle Assessment of PV systems / Ito Masakazu // Crystalline Silicon – Properties and Uses, Prof. Sukumar Basu (Ed.). – <http://www.intechopen.com/books/crystalline-silicon-properties-and-uses/life-cycle-assessment-of-pv-systems> (дата обращения: 01.12.2016). DOI: 10.5772/23134.
5. Кучеров, А.В. Использование солнечных батарей с учетом рециклинга / А.В. Кучеров, О.В. Шибилева // Молодой ученый. – 2014. – № 11. – С. 166–168.

Малюгина Анна Александровна, аспирант кафедры «Электрические станции, сети и системы электроснабжения», Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск; maliuginaaa@susu.ru.

Поступила в редакцию 16 декабря 2016 г.

DOI: 10.14529/power170112

ON THE LIFE CYCLE OF SOLAR POWER PLANTS

A.A. Malyugina, maliuginaaa@susu.ru

South Ural State University, Chelyabinsk, Russian Federation

The solar power engineering development trends show that the commissioning of solar power plant facilities is continuously increasing. To evaluate the operational efficiency of solar power plants, the paper suggests conducting a review of their life cycles with regard to power engineering and environmental safety. It has been established that, despite some undoubted environmental advantages of such power plants, when solar energy is converted into the electrical one, there is a problem of solar modules recycling as this technology entails extra pollutant emissions. This fact needs to be further studied in the course of the solar power plant life cycles evaluation.

Keywords: solar power engineering, environment, life cycle, solar power plants.

References

1. Shatalova O. *Solnechnoe zatmenie. Biznes-zhurnal* [Solar Eclipse. Business Magazine]. Available at: http://www.rusnano.com/upload/images/sitefiles/files/2014-01-14_Business-Magazine.pdf (accessed 01.12.2016).
2. International Standard ISO.14040. Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework Second Edition 2006-07-01. Switzerland. 28 p.
3. Berezkin M.Yu. [Managing the Sun]. *Nauka i Zhizn* [Science and Life], 2013, no. 12, pp.13–19. (in Russ.)
4. Masakazu, Ito. Life Cycle Assessment of PV Systems. Crystalline Silicon – Properties and Uses, Prof. Sukumar Basu (Ed.). Available at: <http://www.intechopen.com/books/crystalline-silicon-properties-and-uses/life-cycle-assessment-of-pv-systems> (accessed 01.12.2016). DOI: 10.5772/23134.
5. Kucherov A.V., Shibileva O.V. [The Use of Solar Cell Panels in View of Recycling]. *Molodoy Uchenyi* [Young Scientist], 2014, no. 11, pp. 166–168. (in Russ.)

Received 16 December 2016

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Малюгина, А.А. О жизненном цикле солнечных электростанций / А.А. Малюгина // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2017. – Т. 17, № 1. – С. 88–91. DOI: 10.14529/power170112

FOR CITATION

Malyugina A.A. On the Life Cycle of Solar Power Plants. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Power Engineering*, 2017, vol. 17, no. 1, pp. 88–91. (in Russ.) DOI: 10.14529/power170112