

УДК 620.92

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ РЕНТАБЕЛЬНОСТЬ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ПРОИЗВОДСТВА ЭНЕРГИИ

В.В. Федчишин¹, О.М. Стефановская²

Иркутский национальный исследовательский технический университет,
664074, Россия, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83.

В статье раскрыта проблема развития энергетической рентабельности возобновляемых источников производства энергии различных стран, а также ее уровень для них. Разобраны ключевые моменты по анализу энергетической рентабельности. Рассмотрено понятие и виды возобновляемых источников энергии, их характеристики. Приведен расчет энергетической рентабельности систем, использующих ветряные электростанции. Также в статье представлены результаты проводимых исследований в Германии и Великобритании, относительно расчета энергетической рентабельности.

Ключевые слова: EROI, возобновляемые источники энергии, экономическое влияние EROI, энергобаланс, электроэнергия.

EROEI OF RENEWABLE SOURCES OF ENERGY

V. Fedchishin, O. Stefanovskaya

Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Street, Irkutsk, 664074, Russia.

The article examines the problem of development of EROEI of energy renewable sources in different countries and its level for them. It discusses in detail the key points of the energy analysis of profitability; reviews the concept and types of renewable energy sources and their characteristics. Profitability of energy systems using wind power has been calculated. The article also presents the results of research carried out in Germany and the United Kingdom regarding the calculation of the energy efficiency.

Keywords: EROEI; renewable energy; economic impact of EROEI; energy balance; electricity.

Аристотель придумал понятие «энергия» для выражения активной человеческой деятельности, преобразующей окружающую среду. В наши дни степень прогресса и уровень развития цивилизации принято измерять количеством энергии, потребляемой человечеством, а также объемом расходуемой информации, касаясь данной энергии.

С момента зарождения современной цивилизации до конца XX в. происходил гиперболический рост населения Земли, а с появлением паровых машин в начале XIX в. мировое энергопотребление увеличивается пропорционально квадрату этого населения. В XX в. люди использовали больше энергоресурсов, чем за всю предыдущую историю, хотя с момента появления вида *homo sapiens* на Земле родились свыше 107 млрд человек.

Потребности в энергии человечества будут только возрастать. Если, по данным Международного энергетического агентства, в 2015 г. мировое энергопотребление составило 20,76 трлн кВт·ч, то через 15 лет прогнозируется 33,4 трлн кВт·ч (прирост на 60%), а к 2050 г. потребление энергии может удвоиться – до 41,3 трлн кВт·ч [1].

Одним из важнейших факторов при оценке процессов производства энергии является такое понятие, как энергетическая рентабельность, часто именуемое EROI. Данное представление показывает соотношение произведенной и потребленной энергии, тем самым демонстрируя эффективность процессов производства энергоносителей. Если же для какого-либо ресурса показатель EROI меньше или равен единице, то такой ресурс обращается в так называемый «поглотитель» энергии и, следовательно, больше не может быть использован как первичный источник энергии.

Энергетическая рентабельность имеет связь с чистым выигрышем в энергии. Эта связь основывается на том, что EROI и чистый выигрыш в энергии измеряют одну и ту же величину – качество энергетического ресурса, но численно разными методами. Чистый выигрыш в энергии описывает абсолютные значения, а EROI показывает соотношение или эффективность процесса [2].

Экономическое влияние EROI связано с тем, что высокое подушевое потребление энергии считается желательным, так как ассоциируется с высоким стандартом уровня жизни, обеспечиваемым энергозатратными машинами. Общество, как правило, в первую очередь применяет и активно использует энергетические ресурсы с наивысшим EROI, поскольку они дают больше всего энергии

¹Федчишин Вадим Валентинович, кандидат технических наук, доцент кафедры электрических станций, сетей и систем, директор института энергетики, e-mail: Fedchishin@istu.edu

Fedchishin Vadim, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of Electric Power Stations, Networks and Systems Department, Director of Energetics Institute, e-mail: Fedchishin@istu.edu

²Стефановская Ольга Михайловна, студент группы ЭУМ-16-2 института энергетики, e-mail: olyastefanovskaya@mail.ru

Stefanovskaya Olga, a first-year student of Energetics Institute, e-mail: olyastefanovskaya@mail.ru

при наименьших усилиях. После исчерпания невозобновимых высококачественных ресурсов в дальнейшем используются ресурсы со все меньшим значением EROI. Так, когда впервые была открыта нефть, то в среднем одной бочки нефти было достаточно, чтобы найти, извлечь и переработать 100 бочек нефти. За последнее столетие это соотношение постепенно снизилось до трех полученных бочек на один затраченный в США и примерно 10:1 в Саудовской Аравии. В 2011 г. EROI энергии ветра в Северной Америке и Европе составлял примерно 20:1, что способствовало расширению ее использования.

Несмотря на то, что важны и многие другие свойства энергетического ресурса (например, нефть энергонасыщенна и транспортируема, а энергия ветра переменчива), в любом случае при понижении коэффициента EROI основных источников энергии экономики становится труднее добывать энергию, а ее ценность относительно других ресурсов и товаров увеличивается. Таким образом, показатель EROI важен при сравнении энергетических задач. Поскольку затраты энергии на получение энергии требуют производительных усилий и затрат, при снижении EROI все большую долю экономики занимает получение одного и того же числа чистой энергии.

Возобновляемые источники энергии (ВИЭ) – это энергоресурсы постоянно существующих природных процессов на планете, а также энергоресурсы продуктов жизнедеятельности биоцентров растительного и животного происхождения. Принято разделять возобновляемые источники энергии на две группы: традиционные и нетрадиционные.

Традиционные источники представляют собой гидравлическую энергию, преобразуемую в используемый вид энергии ГЭС мощностью более 30 МВт. Также это энергия биомассы, используемая для получения тепла традиционными способами сжигания (дрова, торф и некоторые другие виды печного топлива) и геотермальная энергия [3].

Нетрадиционными возобновляемыми источниками энергии является солнечная энергия, ветровая, энергия морских волн, течений, приливов и океана, гидравлическая энергия, преобразуемая в используемый вид энергии малыми и микроГЭС, энергия биомассы, не используемая для получения тепла традиционными методами, низкопотенциальная тепловая энергия и другие "новые" виды возобновляемой энергии.

В последние годы тенденция увеличения роста использования возобновляемых источников энергии становится достаточно видимой. Проблемы развития возобновляемых источников энергии обсуждаются на самом высоком уровне. Так на встрече на высшем уровне на Окинаве (июнь 2013) главы восьми государств, в том числе Президент России, обсудили глобальные проблемы развития мирового сообщества и среди них проблему роли и места возобновляемых источников энергии. Было принято решение образовать рабочую группу для выработки рекомендаций по значительному разветвлению рынков возобновляемой энергетики. Практически во всех развитых странах формируются и реализуются программы развития ВИЭ.

Характерной особенностью возобновляемых источников энергии является их неистощаемость, либо способность восстанавливать свой потенциал за короткое время – в пределах срока жизни одного поколения людей. Следовательно, важным фактором для развития и успешного функционирования ВИЭ является энергетическая рентабельность. Развитие мощности ВИЭ с каждым годом набирает высокие обороты во всех развивающихся странах. Так, мощность генерирующих установок на основе ВИЭ в 2015 г. увеличилась на планете на 152 Гвт и составила 1985 Гвт на конец года. Это следует из доклада, подготовленного Международным агентством по возобновляемым источникам энергии, IRENA. Мощность ГЭС возросла на 36 Гвт, ВЭС на 63 Гвт, СЭС на 47 Гвт, ТЭС на биомассе на 5 Гвт, на геотермальной энергии на 0,6 Гвт. По регионам прирост составил: Азия 88 Гвт, Европа 24 Гвт, Северная Америка 20 Гвт, Южная Америка 9 Гвт [4].

При EROI ветряков 30:1, затраты на их изготовление составят $(8760 \cdot 0,33/30) \cdot 4 = 385$ Гвт*час на год эксплуатации. При EROI газотурбинной электростанции – в 2,7:1, затраты энергии составят $876:2,7 = 324$ Гвт*час, если отнести все энергозатраты на добычу и транспортировку газа. Общие затраты энергии для расчета EROI системы равны 12,3:1. Это показывает, что данное число выше EROI систем на угольных и газовых ТЭС, что снижает потребление природного газа в 10 раз.

Данный расчет – усредненный расчет, и в каждой конкретной энергосистеме EROI будут разные. Этот пример показывает, что EROI систем, использующих ветряные электростанции, является весьма рентабельным и целесообразным. В больших энергосистемах с комбинацией различных видов генерации и маневрированием спросом, использование ВЭС позволит существенно повысить EROI этих систем.

В марте 2016 г. вышла работа «A comprehensive assessment of the energy performance of the full range of electricity generation technologies deployed in the United Kingdom» авторов Marco Raugei и Enrica Leccisi на основе данных по Великобритании [2]. Работа основана на том, что EROI угольной ТЭС равно 3,5. Это связано с тем, что страна весь уголь импортирует из США, Колумбии и России. По ПГУ EROI равно 14, но это ввиду того, что авторы определили EROI добычи газа импортируемого из

Нидерландов в 294, а норвежского газа в 115, что является весьма нереалистичной цифрой. Отсюда следует утверждение, что высокое EROI угольных и газовых ТЭС – неоднозначная картина, которая не имеет никакого отношения к реальной ситуации.

Исследование Ferroni & Norrkirk (2016 г.) в Германии, показало примерное EROI для стран с инсоляцией на уровне Германии и Швейцарии для солнечной энергетики. При расчете затрат всех видов энергии, в том числе, опосредованных (на воспроизводство рабочих и прочего, чего обычно не приводят зеленые пропагандисты) получено 2664 кВт*ч/м2 панелей (поли-силикон). А за свой срок службы панель сгенерирует 2203 кВт*ч/м2. Таким образом, в условиях Германии реальный EROI солнечных панелей составляет 0,82 (+-15%) [5].

Немалый интерес вызывает расчет электробаланса США и РФ, КПД электростанций США, а также примерный EROI США и РФ, опубликованный в 2014 г. Energy Information Administration (табл. 1 и 2).

Таблица 1

Россия	Прочее	Газ	АЭС	ГЭС	Уголь
EROI добычи ресурса	10	25	50	100	80
КПД преобразования в электроэнергию (э/э)	0,3	0,4	0,3	0,9	0,3
Доля в выработке э/э	0,82%	48,78%	16,39%	15,67%	18,34%
EROI э/э по видам ресурса	3	10	15	90	24

Примечание: EROI электроэнергии (средний) для Российской Федерации составляет 25,868 [6].

Таблица 2

США	Прочее	Газ	АЭС	ГЭС	Уголь
EROI добычи ресурса	10	20	10	100	80
КПД преобразования в электроэнергию (э/э)	0,15	0,43	0,32	0,9	0,33
Доля в выработке э/э	4,9%	25%	19,27%	7,64%	43,19%
EROI э/э по видам ресурса	1,5	8,6	3,2	90	26,83

Примечание: EROI электроэнергии (средний) для США составляет 21,325.

Таким образом, учитывая, что в США газ, твердое топливо, возобновляемые ресурсы и атомные (практически), прочее свои, то можно сделать вывод, что электроснабжение США устойчиво и практически автономно. Производство электроэнергии по видам ресурса в России на 3,9 ТВт час/год меньше, чем в США.

Библиографический список

1. Ставить крест на ископаемом топливе пока рано / Vedomosti.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://vedomosti.ru/economics/blogs/2016/09/01/655312-krest-iskopaemom-toplive-rano>
2. Конюхов В.Ю., Суслов К.В., Федчишин В.В., Чемезов А.В., Кычкина Е.А., Яхина Е.Р., Шамарова Н.А., Зимина Т.И. Управление издержками на энергопредприятии. Иркутск: Изд-во ИРНТУ, 2015. 172 с.
3. Конюхов В.Ю., Зимина Т.И., Шамарова Н.А., Суслов К.В. Техничко-экономические аспекты применения возобновляемых источников энергии. Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2014. 220 с.
4. Системное EROI ветроэнергетики: не все так плохо // Aftershock.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://aftershock.news/?q=node/428455>
5. EROI солнечных панелей в условиях Германии // Aftershock.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://aftershock.news/?q=node/420345>
6. Электробаланс США и РФ, расчет КПД электростанций США, примерный EROI США и РФ // Aftershock.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://aftershock.news/?q=node/67473>