

ОБОСНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ РЫНКА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

М.С. Егоров

*ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный
политехнический университет», г. Санкт-Петербург*

Рецензент д-р техн. наук, профессор В.Г. Бурлов

Ключевые слова и фразы: использование; обоснование; показатели; разнородные источники; энергия; эффективность.

Аннотация: Рассмотрены основные возобновляемые источники энергии, которые могут быть применимы для обеспечения энергосистемы региона, и способы оценки возможности их использования по выделенным показателям в определенном регионе.

Развитие энергетики, создание разнообразных источников генерации энергии, а также забота об экологии заставляют задуматься о координации производства энергии и подачи ее в сеть потребителю всеми разнообразными источниками энергии (ИЭ).

Важнейшее свойство электроэнергетики заключается в том, что произведенная энергия потребляется сразу, ее невозможно генерировать с запасом или складировать излишки. Поэтому, основной задачей генераторов энергии является обеспечение наличия такого количества действующих генерирующих мощностей, которое достаточно для покрытия спроса на качественную электрическую энергию в любое время [1].

Данная специфика энергетики требует эффективного управления производством энергии в энергосистеме и ее распределения по потребителям. В случае, если возникает нехватка энергии, необходимо принять решение из какого источника увеличить ее генерацию, или, если происходит выработка лишней энергии, – необходимо принять решение, какой генератор энергии должен быть отключен.

Для реализации данной задачи, прежде всего, должен быть проведен анализ имеющихся генераторов энергии и факторов, влияющих на ее производство генераторами.

Егоров Михаил Сергеевич – аспирант кафедры «Национальная безопасность», e-mail: michael1404@yandex.ru, ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный политехнический университет», г. Санкт-Петербург.

Выделяют семь типов генераторов энергии: тепловые; гидроэнергетические; атомные; солнечные; ветровые; геотермальные; тепловые на возобновляемых источниках энергии.

Все данные типы генерации энергии на сегодняшний день используются так или иначе, но далеко не все типы генерации энергии могут быть эффективны на определенной территории, слабость ветрового потока или отсутствие транспортной инфраструктуры делают невыгодным производство энергии с помощью определенных типов генерации энергии.

Чтобы определить наиболее оптимальный тип генерации энергии на определенной энергостанции, необходимо рассмотреть факторы, влияющие на производство электроэнергии.

Данные факторы характеризуют выбор генератора энергии, который будет задействован для ее производства оператором в конкретный момент времени для достижения эффективности в сочетании факторов экономичности, экологичности производства электрической энергии (ЭЭ) и др.

Исчерпаемость. Данный показатель характеризует принципиальную возможность производства энергии для определенных ее источников. Поскольку в будущем анализе будут участвовать все источники энергии, то данный показатель характерен для источников энергии, использующих в своей основе ископаемое конечное топливо.

Показатель исчерпаемости ископаемого топлива можно определить путем соотношения запасы/добыча $m_3/m_{\text{п}}$ какого-либо вида топлива [2].

В общем виде показатель исчерпаемости можно выразить общей формулой

$$I = F(m_3, m_{\text{п}}) = m_3 / m_{\text{п}}, \quad (1)$$

где I – показатель исчерпаемости; m_3 – запасы топлива на данный момент; $m_{\text{п}}$ – добыча топлива за период.

Тем не менее, потребление топлива и его производство не является стабильной величиной.

Расчет в динамике может выражаться формулой

$$I = F(m_3, m_{\text{п}}) = m_3 / (m_{\text{п}} + m_{\text{п}}k_{\text{п}}), \quad (2)$$

где $k_{\text{п}}$ – коэффициент увеличения потребления топлива за период.

Расчеты наглядно показывают расход запасов исчерпаемого топлива при прогрессивном увеличении его добычи.

Экологичность генерации энергии. Данный фактор является одним из основных при строительстве генерирующих мощностей, показывая степень опасности используемого топлива для каждого вида энергостанции, и учитывает как выбросы и иные негативные факторы от работы энергостанции, так и экологические риски при техногенных авариях и катастрофах на объектах генерации энергии.

Основными загрязнителями окружающей среды являются тепловые электростанции, работающие на ископаемом топливе. Остальные виды

генерации энергии менее вредны в данном сравнении, но имеют также важные экологические факторы, требующие разъяснения [3].

Таким образом, экологичность генерации энергии можно выразить соотношением потребления топлива и кислорода к загрязнению окружающей среды, а также вероятностью техногенной катастрофы и экологических последствий такой катастрофы

$$E = F(m_{\text{п}}/m_{\text{г}}, P_{\text{к}}, V_{\text{п}}), \quad (3)$$

где $m_{\text{п}}$ – масса потребленного топлива и кислорода; $m_{\text{г}}$ – масса произведенных парниковых газов; $P_{\text{к}}$ – вероятность техногенной катастрофы; $V_{\text{п}}$ – размер последствий экологической катастрофы.

Стоимость генерации энергии. Фактор стоимости генерации энергии влияет на экономическую целесообразность использования того или иного вида энергии в том регионе, где предполагается возведение энергостанций. Он складывается из стоимости капитальных затрат на строительство и стоимости самой генерации энергии [4].

Изначально, стоимость строительства электростанций, использующих в качестве источника энергии ископаемое топливо ниже, чем стоимость строительства станций, использующих возобновляемые источники, но в данном случае мы сталкиваемся с увеличивающимися эксплуатационными затратами, в том числе с удорожанием закупки топлива.

Процентное соотношение экономических элементов в общей сумме издержек представляет их структуру, которая по отдельным типам энергопредприятий различна (табл. 1).

Таким образом, можно сделать вывод, что рассматривая затраты на процесс ввода новых мощностей и генерации энергии на значительном отрезке времени, стоимость энергии на возобновляемых источниках значительно не превышает стоимости генерации энергии на традиционных источниках, ввиду отсутствия потребности в поставке топлива для генера-

Таблица 1

Структура себестоимости производства электроэнергии на электростанциях различных типов, %

Составляющие себестоимости электроэнергии	ТЭС и АЭС	ГЭС
Топливо	50–70	–
Амортизация	18–28	80–85
Заработная плата	6–10	6–8
Прочие	6–12	7–14
Всего, в среднем	100	100

ции энергии. В общем виде стоимость генерации можно выразить как зависимость от стоимости ввода новых мощностей и стоимости эксплуатации в течение времени

$$S = F(S_B, S_3), \quad (4)$$

где S_B – стоимость ввода новых мощностей; S_3 – стоимость эксплуатации в течение времени.

Экономичность генерации энергии. Экономичность генерации энергии прежде всего выражается в КПД установки. В общем КПД выражается как соотношение произведенной энергии к максимальному потенциалу ее производства, но в каждом конкретном случае КПД рассчитывается отдельно

$$\text{КПД} = F(V_3, V_{\max}) = V_3 / V_{\max}, \quad (5)$$

где V_3 – объем произведенной энергии; V_{\max} – максимальный потенциал производства энергии.

Непрерывность генерации энергии. Непрерывность генерации является одним из основоопределяющих при строительстве энергостанций.

Основное количество типов энергостанций: ТЭС на ископаемом топливе, АЭС, ТЭС на биомассе, – относительно просты в технологическом исполнении, за исключением ТЭС на биомассе по отношению к другим типам энергостанций. Требование к постоянству генерации энергии заключается в постоянном поступлении топлива в котлы станции, соблюдении технологического цикла обслуживания, что требует остановки генерации энергии на определенный период времени, однако, он известен заранее и данному источнику генерации возможно найти альтернативу.

Среднее время генерации энергии станцией в год определяется при постоянном поступлении топлива как

$$T_{\text{ср}} = \sum \text{д.в год} - \sum \text{проф. д. в год}, \quad (6)$$

где $\sum \text{д.в год}$ – сумма дней работы в году; $\sum \text{проф. д. в год}$ – сумма профилактических дней в году.

Аналогичным образом формула применима для ГЭС и ГеоТЭС, за исключением параметра контроля подачи на станции ресурса, так как ресурс для выработки энергии поступает постоянно в необходимом количестве.

Иным образом характеризуется расчет для ветряных и солнечных энергоустановок.

Среднее время генерации энергии станциями данных типов в год определяется как

$$T_{\text{ср}} = \sum \text{д.в год} - \sum \text{проф. д. в год} - \sum \text{д. простоя}, \quad (7)$$

где $\sum \text{д. простоя}$ – сумма дней простоя.

Сумма дней простоя может достигать относительно больших значений, даже учитывая, что согласно расчетам средняя солнечная или ветряная активность позволяет успешно вырабатывать энергию из данных источников ее генерации.

Так же необходимо учитывать, что данный фактор является слабо предсказуемым, что накладывает ограничения на возможность задействования данных видов генерации энергии в конкретный момент времени [5].

Районирование выработки энергии. Если рентабельность доставки ископаемых ресурсов не позволяет использовать их для генерации энергии, то далее необходимо рассмотреть возможность генерации энергии при помощи других источников.

Для других источников возобновляемой энергетики фактор районирования играет так же немаловажную роль, но не как фактор стоимости поставки ресурса, а как фактор возможности использования ресурса генерации на данной территории.

Фактор рентабельности доставки ресурсов рассчитывается экономистами. Рассмотрим районирование выработки энергоресурса для возобновляемых источников энергии в мировом масштабе.

Общая характеристика районирования выработки энергии может быть представлена в процентном отношении и будет выражаться отношением исследуемого района к району с максимальным энергетическим потенциалом на исследуемой территории по данному виду ресурса

$$P_{\text{общ}} = (P_{\text{тек}}/P_{\text{max}}) \cdot 100\%, \quad (8)$$

где $P_{\text{общ}}$ – характеристика энергетического потенциала района по виду ресурса; $P_{\text{тек}}$ – текущий потенциал выработки энергии в этом районе; P_{max} – максимальный потенциал выработки энергии данным источником на исследуемой территории.

В совокупности, обозначенные факторы дают возможность получить таблицу показателей и по ним провести анализ целесообразности использования того или иного источника энергии на определенной территории (табл. 2).

Таблица 2

Показатели эффективности использования разнородных источников энергии

Наименование показателя	Общий вид зависимости
Исчерпаемость энергоресурса	$I = F(m_3, m_{\text{п}}) = m_3/m_{\text{п}} \quad (1)$
Экологичность генерации энергии	$E = F(m_{\text{п}}/m_{\text{Г}}, P_{\text{к}}, V_{\text{п}}) \quad (3)$
Стоимость генерации энергии (строительство, эксплуатация)	$S = F(S_{\text{в}}, S_{\text{э}}) \quad (4)$
Экономичность генерации энергии	$\text{КПД} = F(V_3, V_{\text{max}}) = V_3/V_{\text{max}} \quad (5)$
Непрерывность генерации энергии	$T_{\text{ср}} = \sum \text{д.в год} - \sum \text{проф. д. в год} - \sum \text{д. простоя} \quad (7)$
Районирование выработки энергии	$P_{\text{общ}} = (P_{\text{тек}}/P_{\text{max}}) \cdot 100\% \quad (8)$

Таблица 3

**Матрица выражения коэффициентов эффективности
по заданным показателям**

Факторы производства ЭЭ / Типы генераторов ЭЭ	Угольные	Нефтяные	Газовые	Солнечные	Ветряные	Геотермальные	Атомные	Гидравлические	Биомассы
Исчерпаемость ИЭ	$K_{иу}$	$K_{ин}$	$K_{иг}$	$K_{ис}$	$K_{ив}$	$K_{иг}$	$K_{иа}$	$K_{иг}$	$K_{иб}$
Экологичность генерации	$K_{эу}$	$K_{эн}$	$K_{эг}$	$K_{эс}$	$K_{эв}$	$K_{эг}$	$K_{эа}$	$K_{эг}$	$K_{эб}$
Стоимость генерации	$K_{су}$	$K_{сн}$	$K_{сг}$	$K_{сс}$	$K_{св}$	$K_{сг}$	$K_{са}$	$K_{сг}$	$K_{сб}$
Непрерывность генерации	$K_{ну}$	$K_{нн}$	$K_{нг}$	$K_{нс}$	$K_{нв}$	$K_{нг}$	$K_{на}$	$K_{нг}$	$K_{нб}$
Районирование генерации	$K_{ру}$	$K_{рн}$	$K_{рг}$	$K_{рс}$	$K_{рв}$	$K_{рг}$	$K_{ра}$	$K_{рг}$	$K_{рб}$

Примечание. $K_{иу}$, $K_{ин}$, ..., $K_{рг}$ – коэффициенты по пересекающимся показателям.

Учитывая выделенные показатели, можно построить матрицу выражения коэффициентов по определенным ИЭ (табл. 3).

Таким образом, важным является вопрос фактического определения коэффициентов, используемых в матрице.

Выявленные показатели оценки рынка электроэнергии позволяют построить модель, показывающую возможность производства энергии на той или иной территории с использованием определенных источников энергии.

Список литературы

1. Матияшук, С.В. Рынок мощности: сущность и правовая природа / С.В. Матияшук // Законодательство. – 2009. – № 3. – С. 32–35.
2. Разведанные запасы нефти [Электронный ресурс] // Статистика стран мира. – Режим доступа : <http://iformatsiya.ru/tab1/30-zapasy-nefti.html>. – Загл. с экрана.
3. Рейтинг городов по выбросам вредных веществ в атмосферу [Электронный ресурс] // Статистика стран мира. – Режим доступа : http://www.cleandex.ru/articles/2011/05/30/Rejting_gorodov_po_vybrosam_vrednyh_vestv_v_atmosferu. – Загл. с экрана.
4. Анализ себестоимости энергии из возобновляемых источников [Электронный ресурс] // Статистика стран мира. – Режим доступа :

http://www.cleandex.ru/articles/2010/08/23/Renewables_2009_cost_of_energy. – Загл. с экрана.

5. Атласы ветрового и солнечного климатов России / под ред. М.М. Борисенко, В.В. Стадник. – СПб. : Изд-во Гл. геодез. Обсерватории им. А.И. Воейкова, 1997. – 173 с.

Rationale for Assessment Indicators of Electricity Market

M.S. Egorov

St. Petersburg State Polytechnic University, St. Petersburg

Key words and phrases: different sources; efficiency; energy; indicators; rationale; usage.

Abstract: The article examines the main renewable energy sources which may be applicable to ensure power in the region; the ways to evaluate their possible use by the selected indicators in a particular region have been discussed.

© М.С. Егоров, 2012