

Международная конференция «Шелковый путь» и ВИЭ в энергетических проектах Северо-Восточной Азии и Дальнего Востока
Сессия «Инфраструктурные международные энергетические проекты в Северо-Восточной Азии, проблемы и возможности России»

Вопросы эффективности возобновляемой энергетики. Мифы и факты

Безруких Павел Павлович

***д.т.н., зав. отделением новых технологий и ВИЭ
ОАО «Энергетический институт им. Г.М. Кржижановского»,
Председатель Комитета ВИЭ РосСНПО, академик-секретарь секции
«Энергетика» РИА***

Москва, 30 ноября 2015 г.

Динамика показателей возобновляемой энергетики мира

| Показатель | Значение показателя по годам | | | Среднегодовой % роста за период 2004-2014 гг.* | Увеличение в 2014 году к 2013 году, %* |
|---|------------------------------|-------------|-------------|--|--|
| | 2004 | 2013 | 2014 | | |
| Новые годовые инвестиции, млрд. дол. США | 45 | 232 | 270 | 19,62 | 16,37 |
| Мощность на базе ВИЭ (без ГЭС), ГВт | 85 | 560 | 657 | 22,7 | 17,32 |
| Мощность на базе ВИЭ (с ГЭС), ГВт | 800 | 1578 | 1712 | 7,9 | 8,49 |
| Мощность гидростанций (ГЭС), ГВт | 715 | 1018 | 1055 | 3,97 | 3,63 |
| Мощность на базе биомассы, ГВт | <36 | 88 | 93 | 9,95 | 5,68 |
| Производство электроэнергии на базе биомассы, ТВт·ч | 227 | 396 | 433 | 6,67 | 9,34 |
| Мощность геотермальных электростанций, ГВт | 8,9 | 12,1 | 12,8 | 3,7 | 5,78 |
| Мощность фотоэлектрических электростанций , ГВт | 2,6 | 138 | 177 | 52,5 | 28,26 |
| Мощность солнечных тепловых электростанций, ГВт | 0,4 | 3,4 | 4,4 | 27,1 | 29,41 |
| Мощность ветростанций , ГВт | 48 | 319 | 370 | 22,65 | 15,99 |
| Мощность солнечных водонагревательных систем, ГВт (тепл.) | 86 | 373 | 406 | 16,79 | 8,85 |
| Годовое производство этанола, млрд. литров | 28,5 | 87,8 | 94 | 12,67 | 7,06 |
| Годовое производство биодизеля, млрд.литров | 2,4 | 26,3 | 29,7 | 28,6 | 12,93 |
| Количество стран, с установленными целями по ВИЭ | 48 | 144 | 164 | 13,07 | 13,89 |

Мифы возобновляемой энергетики в России

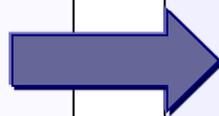
- Ветровые (ВЭС) и фотоэлектрические (ФЭС) станции за срок службы производят меньше электроэнергии, чем на них израсходовано при сооружении (энергетическая эффективность?)
- ВЭС и ФЭС не являются экологически чистыми станциями, поскольку при производстве оборудования для них вредные выбросы превышают удельные выбросы на тепловых электростанциях (экологическая эффективность?)
- Выработку на ВЭС и ФЭС невозможно прогнозировать, возникают трудности при обеспечении устойчивости, требуется 100% резерв мощности (режимная эффективность?)
- Оборудование дорогое, коэффициент использования установленной мощности мал, выгоды сомнительны (экономическая эффективность?)

Аспекты эффективности возобновляемой энергетики

- Энергетическая эффективность
- Экологическая эффективность
- Режимная эффективность
- Экономическая эффективность
- Социальная эффективность

Энергетическая эффективность

Энергетический срок окупаемости ФЭС, ВЭС, ГЭС
(Energy pay back time)



Отношение энергии израсходованной на сооружение станции, к энергии, вырабатываемой ею в течение года

$$T_{\text{ЭН.ОК.}} = \mathcal{E}_{\text{СВ}} / \mathcal{E}_{\text{СР.ГОД}} \quad [\text{лет}]$$

$$\mathcal{E}_{\text{ср.год.}} = \left[\sum_{i=1}^{T_{\text{СЛ}}} (\mathcal{E}_i) \right] / T_{\text{СЛ}}$$

$$\mathcal{E}_{\text{СВ}} = \mathcal{E}_{\text{МАТ}} + \mathcal{E}_{\text{ОБ}} + \mathcal{E}_{\text{ТР}} + \mathcal{E}_{\text{СМ}} + \mathcal{E}_{\text{СН}} \pm \mathcal{E}_{\text{ВЫВ}}$$

Энергетическая эффективность

- Добыча сырья и производство материалов – $\mathcal{E}_{\text{МАТ}}$
 - Изготовление компонентов и комплектующих изделий
 - Изготовление оборудования, сборка узлов на предприятии-изготовителе
- } $\mathcal{E}_{\text{об}}$
- Транспортные работы по всему циклу – $\mathcal{E}_{\text{ТР}}$
 - Строительно-монтажные работы – $\mathcal{E}_{\text{СМ}}$
 - Расход электроэнергии на собственные нужды в процессе срока службы – $\mathcal{E}_{\text{СН}}$
-
- Вывод из эксплуатации электростанции – $\mathcal{E}_{\text{ВЫВ}}$ 
-
- Возврат энергии при повторном использовании материалов – $\mathcal{E}_{\text{ВЫВ}}$ 

Направления расхода энергии в жизненном цикле ветротурбины Nordex, 2 МВт

| | | Без утилизации (захоронение) | | С утилизацией (рециклинг) | |
|-----------------------|-------|---------------------------------|--------------|------------------------------|---------------|
| | | | доля | | доля |
| Материалы | Дж | $1,7594 \cdot 10^{13}$ | 0,898 | $1,7594 \cdot 10^{13}$ | 1,41 |
| | кВт·ч | $4,89 \cdot 10^6$ | | $4,89 \cdot 10^6$ | |
| Производство | Дж | $1,3593 \cdot 10^{12}$ | 0,069 | $1,3593 \cdot 10^{12}$ | 0,11 |
| | кВт·ч | $3,77 \cdot 10^5$ | | $3,77 \cdot 10^5$ | |
| Транспорт | Дж | $2,4336 \cdot 10^{11}$ | 0,012 | $2,4336 \cdot 10^{11}$ | 0,02 |
| | кВт·ч | $6,76 \cdot 10^4$ | | $6,76 \cdot 10^4$ | |
| Эксплуатация | Дж | $1,6778 \cdot 10^{11}$ | 0,009 | $1,6778 \cdot 10^{11}$ | 0,01 |
| | кВт·ч | $4,66 \cdot 10^4$ | | $4,66 \cdot 10^4$ | |
| Вывод из эксплуатации | Дж | $2,1826 \cdot 10^{11}$ | 0,011 | $- 6,8512 \cdot 10^{12}$ | - 0,55 |
| | кВт·ч | $6,06 \cdot 10^4$ | | $- 1,903 \cdot 10^4$ | |
| Всего | Дж | $1,9583 \cdot 10^{13}$ | 1,0 | $1,2513 \cdot 10^{13}$ | 1,0 |
| | кВт·ч | $5,439 \cdot 10^6$ | | $3,476 \cdot 10^6$ | |

Источник: Life Cycle Analysis of Wind Turbine. Chaouki Ghenai, Ocean and Mechanical Engineering Department, Florida Atlantic University, USA

Энергетический срок окупаемости ветротурбины Nordex, 2 МВт, $K_{иум} = 0,4$, срок службы 25 лет

| | Без утилизации (захоронение) | С утилизацией |
|--|---------------------------------|----------------------|
| Энергия, затраченная на сооружение ВЭУ, Дж | $1,95 \cdot 10^{13}$ | $1,25 \cdot 10^{13}$ |
| То же, кВт·ч | $5,41 \cdot 10^6$ | $3,47 \cdot 10^6$ |
| Среднегодовое производство электроэнергии ветроустановкой при $K_{иум} = 40\%$, кВт·ч/год | $7 \cdot 10^6$ | $7 \cdot 10^6$ |
| Производство электроэнергии ветроустановкой за срок службы 25 лет, кВт·ч | $175 \cdot 10^6$ | $175 \cdot 10^6$ |
| Во сколько раз энергия, произведенная ветротурбиной за срок службы, больше энергии, затраченной на ее сооружение | 32,32 | 50,43 |
| Энергетический срок окупаемости Energy Pay Back Time, месяцев | 9,27 | 5,94 |

Энергетической срок окупаемости ветростанции
300 МВт, 186 ветротурбин Vestas V82-1,65MW .

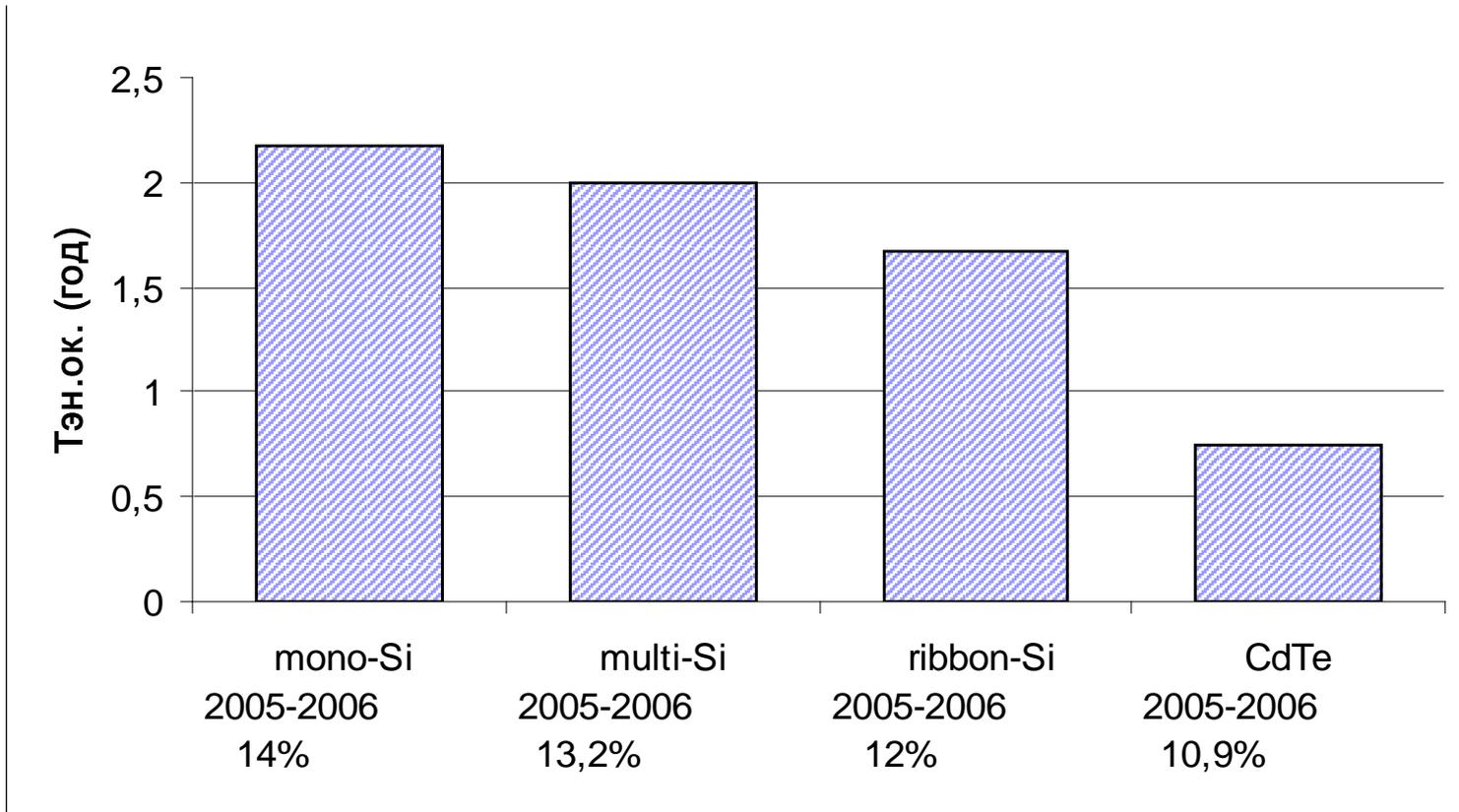
$K_{иум} = 0,4$. Срок службы 20 лет.

$$T_{\text{эн.ок.}} = \frac{392042 \text{ [кВт} \cdot \text{ч} \cdot \text{турбина]}}{5637000 \text{ [кВт} \cdot \text{ч} \cdot \text{турбина / год]}}$$

$$T_{\text{эн.ок.}} = 0,6 \text{ лет} = 7,2 \text{ мес}$$

Источник: Lyfe Cycle assessment of electricity produced from onshore sited wind power plants based on Vestas V82-1,65MW turbine, Vestas 2006

Энергетический срок окупаемости **крышных PV** систем для условий производства и монтажа в Южной Европе



Приход солнечной радиации 1700 кВт·ч/м² в год

Источник: *Photovoltaic Power Systems Programme. Lyfe Cycle Inventories and Lyfe Cycle assessment of Photovoltaic Systems. International Energy Agency (IEA), PV/S Task 12, Report T-12-02, 2011.*

Энергетический срок окупаемости топливных электростанций

$$T_{ЭН.ОК} = \frac{\mathcal{E}_{СВ}}{\mathcal{E}_{СР.ГОД}} + \frac{B_{СР.ГОД}}{\mathcal{E}_{СР.ГОД}} \cdot T_{СЛ}$$

$$\frac{B_{СР.ГОД}}{\mathcal{E}_{СР.ГОД}} = \frac{1}{КИТ} f \quad 1 \quad ; \quad T_{ЭН.ОК.} \gg T_{СЛ}$$

Тепловая станция энергетически не окупается за
срок службы

Экологическая эффективность ФЭС и ВЭС. (учет эмиссии парниковых газов при производстве компонентов и сооружений)

- Удельная эмиссия CO₂ для ветростанций (life cycle assessment) по различным данным составляет от **6,6 г CO₂/кВт·ч до 8 г CO₂/кВт·ч**
- Для топливных электростанций
 - России (в зависимости от топлива) от **547 до 1142 г CO₂/кВт·ч**
 - США от **468 до 967 г CO₂/кВт·ч**
- Удельная эмиссия для фотоэлектрических станций по CO₂ для
 - монокристаллического кремния – **29 г CO₂/кВт·ч**
 - поликристаллического кремния – **28 г CO₂/кВт·ч**
 - теллура кадмия – **19 г CO₂/кВт·ч**
- Удельная эмиссия NO_x для указанных выше ФЭС составляет, соответственно, **0,067 – 0,058 – 0,03 г NO_x**
- Для тепловых электростанций России выбросы NO_x составляют от **1,8 г (газ) до 4 г (уголь) / кВт·ч**

Режимная эффективность

- Дополнительной мощности для резервирования ВЭС и ФЭС не требуется (доказано практикой многих стран); (*Zavadil R. and et. ol. Xcel Energy and the Minnesota Department of Commerce. Wind Integration Study – Final Report (2004)*) – см. слайд 14
- Имеется возможность поддерживать уровень напряжения в точке присоединения с заданной точностью (благодаря использованию преобразователей и инверторов);
- Прогнозирование выдачи мощности от ВЭС и ФЭС с вероятностью до 95% (долгосрочный прогноз) и до 99 % (прогноз на следующие сутки) (*RED ELECTRICA DE ESPANA*) - см. слайд 15
- Удельные потери воды на ВЭС в 475 раз меньше, чем на АЭС, в 400 раз меньше, чем на угольных станциях и в 275 раз меньше, чем на электростанциях на газе.
- Удельные потери воды на ФЭС в 20 раз меньше, чем на АЭС, в 17 раз меньше, чем на угольных станциях и в 14 раз меньше, чем на станциях на газе.

О необходимости резервирования мощности ВЭС

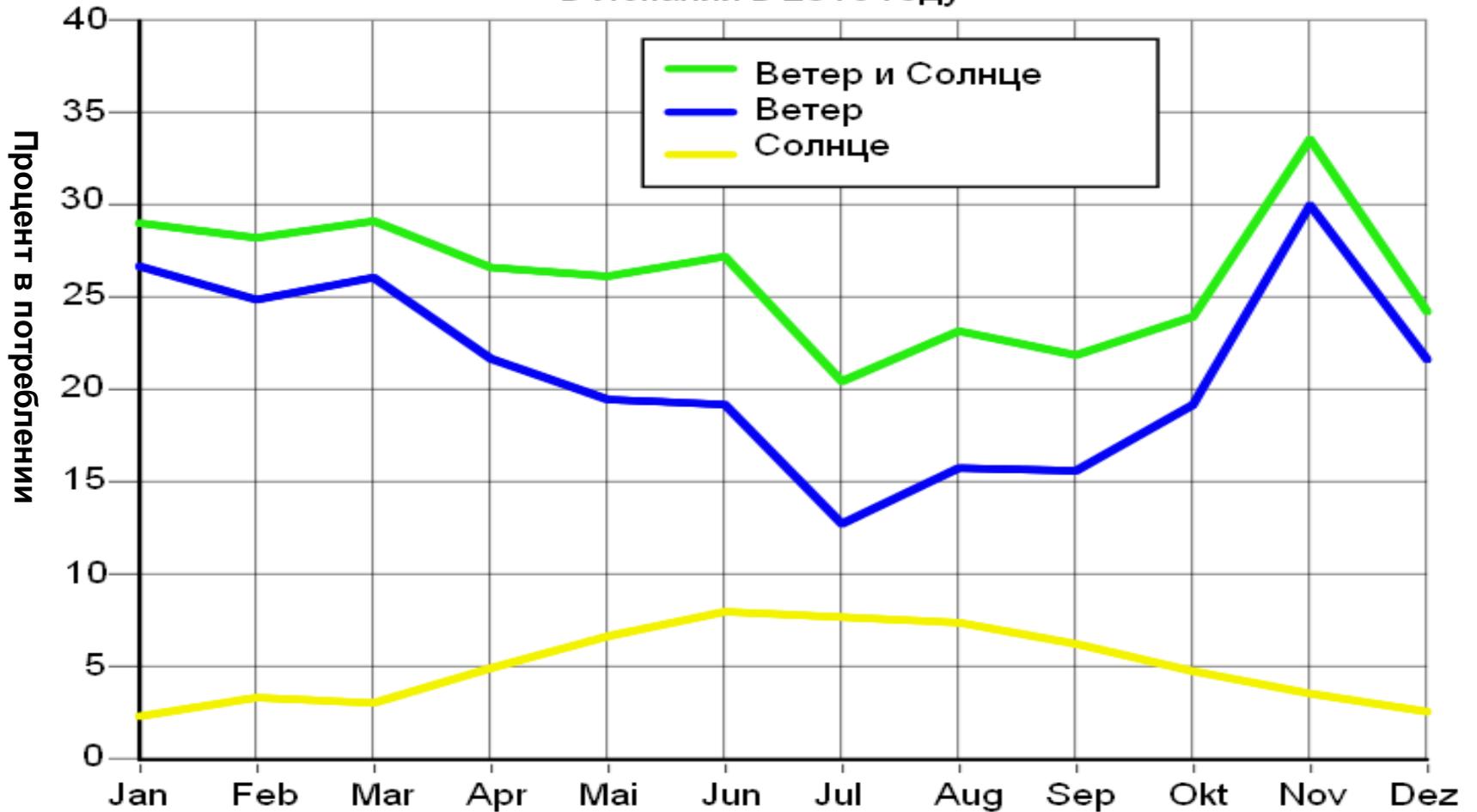
В США по данной проблеме проведено много исследований. Вот как звучит вывод по проблеме Utiliti Wind Group (организация включающая 55 электрических компаний США, имеющих в своих энергосистемах ветростанции).

«Устаревшие и непрофессиональное мнение, одно из главных беспокойств, часто выражаемое в энергетике состоит в том, что ветростанции будут нуждаться в резервировании или передаваемой мощности в равном объеме. Сейчас ясно, что как раз при умеренной доле ветроэнергетики, необходимость иметь дополнительную генерирующую мощность для компенсации нестабильности ветростанции, *значительно меньше, чем один к одному и часто близко к нулю*».

Одно из авторитетнейших исследований, проведенное в 2004 году для департамента коммерции штата Миннесота США, подтвердило, что дополнительное включение ВЭС мощностью **1500МВт** в энергосистему наибольшего объединения Xcel Energy в штате Миннесота, будет нуждаться в дополнительном вводе мощностей всего лишь **8 МВт** на традиционном топливе, для того, чтобы погасить дополнительные вариации мощности.

(Zavadil R., King J., Xiadong L. et al. (2004). Xcel Energy and the Minnesota Department of Commerce. Wind Integration Study — Final Report / EnerNex Corporation, Wind Logics, Inc. September 28.)

Доля ветровой и солнечной энергии в потреблении электроэнергии в Испании в 2013 году



Источник: Wikimedia SVG Chart

Об экономической эффективности возобновляемой энергетики (к вопросу о конкурентоспособности)

Вот что пишут об экономической оценке ведущие специалисты Мирового Банка.

«Традиционный финансовый анализ основан на расчете дисконтированного кеш-флоу. Но такого рода анализ не способен адекватно учесть будущие риски, связанные с ценами на топливо. Он также полностью игнорирует затраты на охрану окружающей среды и здравоохранение, связанные с эмиссиями на электростанциях сжигающих ископаемое топливо.

Если мы рассмотрим затраты на полный технический цикл, то некоторые возобновляемые источники уже сейчас могут конкурировать с традиционными энергетическими ресурсами. Несмотря на это, потенциал этих финансово жизнеспособных технологий ВИЭ не реализуется полностью из-за различных барьеров рынка, таких как государственное субсидирование традиционных топлив». По данным этих авторов ежегодное государственное финансирование в России газовой промышленности составляет 25 млрд. долл. США, а электроэнергетики – 15 млрд. долл. США.

Экономическая эффективность

Нормированная выровненная стоимость производства электроэнергии (Levelized Cost of Energy (LCOE), Levelized Cost of Electricity (LCOE), Levelized Energy Cost (LEC))

$$LEC = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+r)^t}}, [\$ / \text{МВт} * \text{ч}]$$

$t = 1..n$ - время службы станции (количество полных лет);

I_t - инвестиционные расходы в год (\$,руб.) ;

M_t - расходы в год на эксплуатацию и техническое обслуживание (\$,руб.);

F_t - стоимость топлива в год (\$,руб.);

E_t - произведено электроэнергии в год (МВт*ч) ;

r - учетная ставка.

Оценка нормированной себестоимости электроэнергии топливных электростанций в 2010 году и вводимых в 2018 году

| Тип станции | Нормированная себестоимость электроэнергии (LEC), \$/МВт·ч | | | | | |
|--|--|---------|---------|---------|--------------|---------|
| | Минимальная | | Средняя | | Максимальная | |
| | 2010 г. | 2018 г. | 2010 г. | 2018 г. | 2010 г. | 2018 г. |
| Обычные угольные | 90,1 | 89,5 | 99,6 | 100,1 | 116,3 | 118,3 |
| Усовершенствованные угольные | 103,9 | 112,6 | 112,2 | 123,0 | 126,1 | 137,9 |
| Усовершенствованные угольные с CCS (сист. улав. и погл.) | 129,6 | 123,9 | 140,7 | 135,5 | 162,4 | 152,7 |
| На природном газе (тип): | | | | | | |
| Обычные комбинированного цикла | 61,8 | 62,5 | 68,6 | 67,1 | 88,1 | 78,2 |
| Усовершенствованные комбинированного цикла | 58,9 | 60,0 | 65,5 | 65,6 | 76,1 | 76,1 |
| Усовершенствованные СС (комб. цикл) с CCS | 82,8 | 87,4 | 92,8 | 93,4 | 107,5 | 107,5 |
| Обычные газотурбинные | 94,6 | 104,0 | 132,0 | 130,3 | 149,8 | 149,8 |
| Усовершенствованные газотурбинные | 80,4 | 90,3 | 105,3 | 104,6 | 119,0 | 119,0 |

Оценка нормированной себестоимости электроэнергии нетопливных электростанций в 2010 году и вводимых в 2018 году

| Тип станции | Нормированная себестоимость электроэнергии (LEC), \$/МВт·ч | | | | | |
|--------------------------------|---|---------|---------|---------|--------------|---------|
| | Минимальная | | Средняя | | Максимальная | |
| | 2010 г. | 2018 г. | 2010 г. | 2018 г. | 2010 г. | 2018 г. |
| Усовершенствованные ядерные | 108,4 | 104,4 | 112,7 | 108,4 | 120,1 | 115,3 |
| Геотермальные | 85,0 | 81,4 | 99,6 | 89,6 | 113,9 | 100,3 |
| Биомасса | 101,5 | 98,0 | 120,2 | 111,0 | 142,8 | 130,8 |
| ВЭС | 78,2 | 73,5 | 96,8 | 86,6 | 114,1 | 99,8 |
| ВЭС – «Оффшорные» | 307,3 | 183,0 | 330,6 | 221,5 | 350,4 | 294,7 |
| Солнечные фотоэлектрические | 122,2 | 112,5 | 156,9 | 144,3 | 245,6 | 224,4 |
| Солнечные тепловые | 182,7 | 190,2 | 251,0 | 261,5 | 400,7 | 417,6 |
| Гидро | 58,6 | 54,4 | 89,9 | 90,3 | 149,7 | 149,2 |

Источник: *Levelized Cost of New Generation Resources in the Annual Energy Outlook 2011, Report of the US Energy Information Administration (EIA) of the US Department of Energy (DOE). January 23, 2012 u 2013, <http://eia.doe.gov/oiaf/aeo/index.html>*

Оценка средней себестоимости электроэнергии (LCOE) от электростанций США, вводимых в 2020 году, (2012 \$ / МВт·ч)

| Тип электростанции | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|--|---|------|-----|------|-----|-------|---|---|
| | Технологии с выбросами, угольные | | | | | | | |
| Обычные угольные | 85 | 60,4 | 4,2 | 29,4 | 1,2 | 95,1 | | |
| Усовершенствованные угольные | 85 | 76,9 | 6,9 | 30,7 | 1,2 | 115,7 | | |
| Усовершенствованные угольные с CCS (система улавливания и захоронения CO ₂) | 85 | 97,3 | 9,8 | 36,1 | 1,2 | 144,4 | | |
| | С использованием природного газа | | | | | | | |
| Обычные с комбинированным циклом | 87 | 14,4 | 1,7 | 57,8 | 1,2 | 75,2 | | |
| Усовершенствованные с комб. циклом | 87 | 15,9 | 2,0 | 53,6 | 1,2 | 72,6 | | |
| Усовершенствованные с CCS | 87 | 30,1 | 4,2 | 64,7 | 1,2 | 100,2 | | |
| Обычные газотурбинные | 30 | 40,7 | 2,8 | 94,6 | 3,5 | 141,5 | | |
| Усовершенствованные газотурбинные | 30 | 27,8 | 2,7 | 79,6 | 3,5 | 113,5 | | |

1 – коэффициент использования установленной мощности, %

2 – нормированная стоимость капиталовложений

3 – фиксированные расходы: «эксплуатация и обслуживание»

4 – переменные расходы: «эксплуатация и обслуживание, включая стоимость топлива»

5 – инвестиции в передачу электроэнергии

6 – нормированная себестоимость производства электроэнергии (LCOE)

7 – субсидии

8 – нормированная себестоимость, включая субсидии

Оценка средней себестоимости электроэнергии (LCOE) от электростанций США, вводимых в 2020 году, (2012 \$ / МВт·ч)

| Тип электростанции | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-----------------------------|--------------------------------------|-------|------|------|-----|-------|-------|-------|
| | Другие технологии с выбросами | | | | | | | |
| Усовершенствованные атомные | 90 | 70,1 | 11,8 | 12,2 | 1,1 | 95,2 | | |
| Геотермальные | 92 | 34,1 | 12,3 | 0,0 | 1,4 | 47,8 | -3,4 | 44,4 |
| С использованием биомассы | 83 | 47,1 | 14,3 | 37,6 | 1,2 | 100,5 | | |
| | Технологии без выбросов | | | | | | | |
| Ветровые | 36 | 57,7 | 12,8 | 0,0 | 3,1 | 73,6 | | |
| Оффшорные ветровые | 38 | 168,6 | 22,5 | 0,0 | 5,8 | 196,9 | | |
| Фотоэлектрические | 25 | 109,8 | 11,4 | 0,0 | 4,1 | 125,3 | -11,0 | 114,3 |
| Солнечные термодинамические | 20 | 191,6 | 42,1 | 0,0 | 6,0 | 239,7 | -19,2 | 220,6 |
| ГЭС | 54 | 70,7 | 3,9 | 7,0 | 2,0 | 83,5 | | |

Источник: US Energy Information Administration, Annual Energy Outlook 2015, april 2015 DOE/EIA – 0383 (2015)

- 1 – коэффициент использования установленной мощности, %
- 2 – нормированная стоимость капиталовложений
- 3 – фиксированные расходы: «эксплуатация и обслуживание»
- 4 – переменные расходы: «эксплуатация и обслуживание, включая стоимость топлива»
- 5 – инвестиции в передачу электроэнергии
- 6 – нормированная себестоимость производства электроэнергии (LCOE)
- 7 – субсидии
- 8 – нормированная себестоимость, включая субсидии

Социальная эффективность

Обзор глобальных и региональных оценок рабочих мест в индустрии возобновляемой энергетики

| Источник | Год оценки | Континент | Категория рабочих мест | Все ВИЭ | Технологии ВИЭ | | | | | | |
|---|------------|-----------|------------------------|-------------------|----------------|--------|--------------------|-------|--------|----------|------------|
| | | | | | ВЭС | ФЭС | Солнечные тепловые | ГЭС | ГеоТЭС | Биомасса | Биотопливо |
| REN21 (2011); (2010); (2008); (2005); (2005b.) | 2010 | Мир | Смешанная | 3500000 | 630000 | 350000 | 315000 | - | - | - | 1500000 |
| | 2009 | Мир | Смешанная | 3000000 | 500000 | | | | | | 1500000 |
| | 2006 | Мир | В основном прямые | 2400000 | | | | | | | 1100000 |
| | 2004 | Мир | В основном прямые | 1700000 | 70280 | 39097 | 517486 | 70140 | 18800 | 85840 | 933000 |
| Greenpeace (2009) | 2008 | Мир | Смешанная | 1300000 – 1700000 | 300000 | 170000 | | | | | |
| UNEP (2008) | 2006 | Мир | Смешанная | 2332000 | 300000 | 170000 | 624000 | 39000 | 25000 | 1174000 | |

Выводы

- В энергетическом смысле ВЭС, ФЭС и ГЭС обладают глобальным преимуществом перед топливными электростанциями, т.к. в **возмещают** энергию, затраченную на их создание (ВЭС – до года, ФЭС – за 2-5 лет), а топливные электростанции **не возвращают** ее никогда.
- Даже с учетом эмиссии CO_2 во время производства материалов и оборудования, а также монтажно-строительных работ ветростанций и фотоэлектрических станций их экологическая чистота на **несколько порядков выше**, чем топливных электростанций.
- Социальная эффективность возобновляемой энергетики выражается наличием прямых и косвенных рабочих мест с высокой **степенью устойчивости**, т.к. эта отрасль менее всего подвержена кризисным влияниям. Отсутствие эмиссии CO_2 и других вредных выбросов улучшает условия проживания населения. Установки небольшой мощности существенно влияют на комфортность проживания людей не подключенных к сетям общего пользования.

Выводы (продолжение)

- При разумном сочетании ВЭС и ФЭС с другими видами электростанциями, как показывает зарубежная практика, **специального резервирования** их мощности не требуется. Существующих резервов в энергосистемах, как правило, достаточно для погашения нестабильности производства на ВЭС и ФЭС. Накопленный опыт эксплуатации ВЭС и ФЭС с учетом современных методов позволяет с высокой вероятностью (95% и выше) предсказывать мощность от этих станций на расчетные временные периоды.
- К 2018 году по минимальной и средней нормированной себестоимости электроэнергии ветровые станции будут эффективнее:
 - ✓ угольных электростанций всех видов;
 - ✓ электростанций на газе с комбинированным усовершенствованным циклом и захоронением CO₂;
 - ✓ газотурбинных электростанций;
 - ✓ атомных электростанций.

ГЭС будут эффективнее любых электростанций.

ФЭС приблизятся к усовершенствованным угольным электростанциям.

- Следовательно, уже сейчас можно говорить о конкурентоспособности возобновляемой энергетики.

Предложения

Для определения «Где мы находимся» следовало бы:

1. Выполнить исследования срока энергетической окупаемости, жизненного цикла и нормированной себестоимости (LCOE) электроэнергии электростанций России;
2. Выполнить исследование по оценке влияния на технико-экономические показатели работы энергосистем ветростанции и фотоэлектрических станций средней и большой мощности, намечаемых к строительству.

Спасибо за внимание!

**П.П. Безруких
Секция «Энергетика» РИА,
Комитет ВИЭ РосСНИО,
ОАО «Энергетический институт
им.Г.М.Кржижановского»
Эл. почта : bezruky@yandex.ru
тел. 8(495) 770-34-16
Моб. 8 917 555 57 04**