

Диффузия новых технологий в энергетике: международная стандартизация как инструмент снижения барьеров нетехнического характера



С. В. Ратнер,
д. э. н., профессор,
ведущий научный сотрудник Института
проблем управления РАН
им. В. А. Трапезникова
e-mail: lanaratner@gmail.com



Ю. М. Панченко,
студентка, профиль подготовки «Метрология,
стандартизация и сертификация»,
Кубанский государственный университет
e-mail: yulix_x@mail.ru

В данной работе на основе теоретического анализа и эмпирических данных исследуются закономерности развития кластера базовых технологий ветроэнергетики как одной из наиболее зрелых отраслей альтернативной энергетики, признанной специалистами ядром шестого технологического уклада. Особое внимание уделяется международной стандартизации как инструменту снижения технических и социально-экономических барьеров диффузии новых технологий. На основе анализа эмпирических данных подтверждается гипотеза Грублера – Фетисова о характере роста эффективности кластера базовых технологий ветроэнергетической отрасли.

Ключевые слова: инновационные технологии, диффузия, барьеры, технологический уклад, ветроэнергетика, альтернативная энергетика, стандартизация.

Мировая практика свидетельствует о том, что в современных социально-экономических условиях предвидение трендов технологического развития и своевременное следование им позволяет, как отдельным компаниям, так и целым странам добиться устойчивого конкурентного преимущества на международных рынках высокотехнологичной продукции и завоевать лидерские позиции. Поэтому проблемы технико-экономического прогнозирования развития приоритетных отраслей экономики в ситуациях технологического разрыва являются одними из наиболее актуальных и в то же время сложных научных проблем в теории и практике инновационного менеджмента.

С методологической точки зрения применение методов статистического анализа в данном случае ограничено тем, что наблюдаемые технико-экономические параметры новых технологий, описываемые с помощью временных рядов, в данной ситуации подвержены скачкообразным изменениям, что соответствует наличию структурного сдвига временного ряда. Экспертные

оценки, в том числе проводимые с использованием таких мощных методов как форсайт-прогнозирование, позволяют увидеть и оценить лишь некоторые общие качественные тренды в развитии нового технологического уклада и оставляют нерешенной проблему количественной оценки технологических пределов замещающих технологий и скорости роста их коммерческой эффективности. В связи с этим особую важность приобретают теоретические исследования, раскрывающие общие закономерности технологического развития и смены технологических укладов, а также эмпирические данные, подтверждающие (или опровергающие) выдвинутые теоретические гипотезы. В данной работе исследуются закономерности развития кластера базовых технологий ветроэнергетики как одной из наиболее зрелых отраслей альтернативной энергетики, признанной специалистами ядром шестого технологического уклада [1], активное становление которого происходит на наших глазах.

Детальные исследования процессов смены технологических укладов, проведенные в последние десяти-

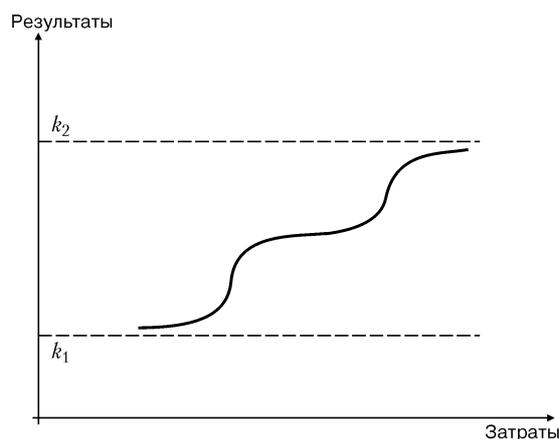


Рис. 1. Общая закономерность технологического развития (продвижение кластера технологий от нижнего к верхнему технологическому пределу)

летия зарубежными и отечественными учеными, показали, что за время своего развития кластер базовых технологий испытывает два подъема, две восходящие волны (рис. 1). Первая из них приходится на начало развития технологического уклада и обусловлена только внутренними (эндогенными), технологическими причинами [2]. В это время совершенствование базовых технологий происходит только благодаря усилиям новаторов (частных инвесторов, компаний и государств), вкладывающих финансовые, интеллектуальные и иные ресурсы в их развитие.

Данный уклад прокладывает себе дорогу в чужеродной социально-экономической среде, наталкиваясь на барьеры различной природы. В исследованиях экспертной группы ООН AIXG, действующей с 2003 г. в рамках Конвенции ООН по изменению климата, выделяются технические, экономические, институциональные, правовые и поведенческие барьеры диффузии новых технологий [3]. Как правило, технические барьеры преодолеваются первыми, тогда как институциональные, правовые и поведенческие (среди которых можно особо выделить информационные) могут долгое время препятствовать развитию, оказывая сдерживающее влияние на рост коммерческой эффективности и популярность новых технологий.

Второй подъем приходится на начало второй половины жизненного цикла кластера базовых технологий, когда социально-экономические отношения в обществе уже в достаточной мере трансформировались, чтобы полностью воспринять технологические нововведения, предполагаемые данным укладом. Этот подъем обусловлен не технологическими, а социально-экономическими причинами, внешними по отношению к развитию технологической основы производства (экзогенными), и выражает готовность общества к внедрению соответствующих инноваций и закономерное возрастание спроса на них. Другими словами, на данном этапе экономические, институциональные и поведенческие барьеры снижаются до уровня технических барьеров, а в отдельных случаях и еще ниже (например, массовое использование технически несовершенных технологий производства биотоплива в США).

Данная закономерность носит название гипотезы Грублера–Фетисова и позволяет с достаточной точностью прогнозировать наступление переходных и кризисных периодов в развитии технико-экономических макросистем и отдельных технологий [2]. Формальное описание процесса развития технологического уклада возможно с помощью функции типа обобщенной логистической кривой, которая удовлетворяет дифференциальному уравнению вида

$$\frac{dy}{dt} = f(t)(y - k_1)(y - k_2),$$

где константы k_1 и k_2 соответствуют верхнему и нижнему технологическому пределам, характерным для данного кластера технологий (рис. 1).

Ветроэнергетика на настоящий момент является одной из наиболее технически зрелой технологией, к коммерческому использованию которой приступили уже 83 страны [4]. Показатель EROEI (energy returned on energy invested, отношение полученной полезной энергии к затраченной при использовании определенной технологии) для ветровых электростанций в настоящее время достигает в среднем значения 25,2, тогда как для угольных — 10, атомных — 5–15 [5]. Начало освоения ветровых технологий в промышленных масштабах было положено в середине 1980-х гг., а первые современные ветропарки, которые до настоящего момента используются на коммерческой основе и ни разу не реконструировались были построены в 1992–1993 гг. [6]. Накопленные за эти годы эмпирические данные по динамике стоимости проектов по строительству ветропарков, стоимости их содержания и обслуживания, а также цены самой генерируемой энергии, позволяют получить некоторые количественные оценки экзогенных факторов развития данного кластера технологий, а также проследить влияние ряда эндогенных факторов и сделать выводы относительно общих закономерностей и по-

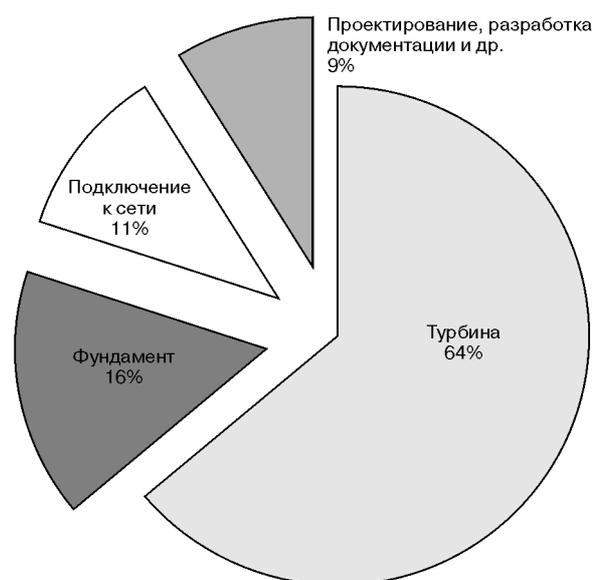


Рис. 2. Структура стоимости инвестиционного проекта по запуску ветроэнергетической установки 2006–2009 гг.

Составлено по данным [4]

Таблица 1

Корреляция между ценами на ветровые турбины и материалы

Переменные	Цена стали ($t-1$), \$/т	Цена меди ($t-1$), \$/т
Цена турбины (t), \$/кВт	0,8586	0,759

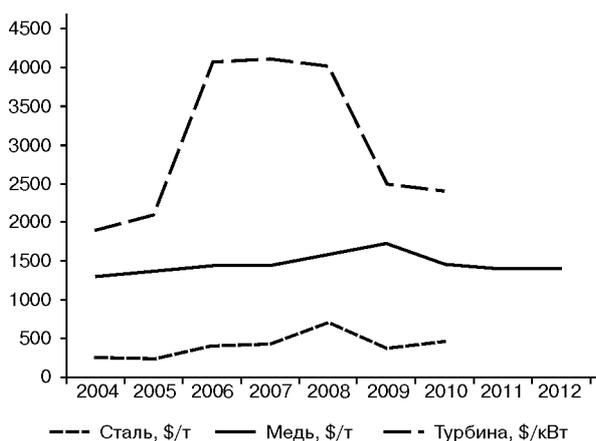


Рис. 3. Динамика цен на основные материалы для производства ветровых турбин и турбины

Составлено по данным [4]

тенциала дальнейшего развития мировой энергетической системы.

Пионерами развития ветровой индустрии считаются Дания, Германия, Великобритания и США, однако с 2011 г. главными драйверами роста глобального рынка стали Китай и Индия, на долю которых пришлось уже более половины мирового рынка ветроэнергетики [7]. В Европе диффузия технологий ветровой энергетики постепенно охватывает все новые страны. Так, в 2011 г. впечатляющий рост по объемам введения в эксплуатацию новых мощностей показали Румыния, Польша и Турция — страны, которые до сих пор находились на периферии развития ветроэнергетических технологий [5]. Какие же факторы явились причиной столь быстрой и успешной диффузии новых технологий?

В качестве экономических барьеров диффузии альтернативных энергетических технологий в литературе чаще всего указывают высокую капиталоемкость, высокую стоимость эксплуатации объектов возобновляемой энергетики, высокую стоимость подключения к существующей системе энергоснабжения и ценовую неконкурентоспособность в условиях субсидирования правительством другого вида технологий (ядерных, углеводородных и др.) [3, 5]. Основную часть стоимости инвестиционного проекта по строительству ветроэнергетической установки составляет стоимость самой турбины (рис. 2). Стоимость проектирования,

фундамента и подключения к сети сильно различается от проекта к проекту, поэтому данные на рис. 2 отражают лишь средние значения.

В 2006 г. стоимость среднестатистической ветровой установки в Европе составляла около 1,23 млн евро на МВт мощности. В 2009 г. она увеличилась до 1,6–1,7 млн евро на МВт за счет существенного увеличения цен в предыдущие годы на материалы для производства ветрогенераторов, в первую очередь, на сталь и медь (рис. 3).

На рис. 3 хорошо видно, что зависимость стоимости турбины от цен на сталь и медь имеет лаг в 1–2 года. Это предположение подтверждается расчетом коэффициентов линейной корреляции Пирсона между стоимостью турбины и ценой на сталь/медь за предыдущий год (табл. 1).

В свою очередь, увеличение стоимости турбины оказывает значительное влияние на увеличение общей стоимости ветровых парков. Данные по динамике стоимости ветровых парков по некоторым странам приведены на рис. 4 и 5. Анализируя представленные на рис. 4, 5 графики, можно сделать вывод о том, что макроэкономическая ситуация (экзогенные факторы) в исследуемый период не способствовали интенсивной диффузии технологий ветроэнергетики.

Используя данные обзора [4] по некоторым странам с наиболее сильными статистическими зависимостями между стоимостью турбины и стоимостью ветропарков удалось построить регрессионные модели, содержащие временной лаг в 1 год (табл. 2).

Использование данных регрессионных моделей позволяет нивелировать рост главной составляющей цены — стоимости турбины и смоделировать динамику стоимости наземного ветропарка при постоянных ценах на ветрогенераторы (рис. 6–8).

Проведенный таким образом анализ «WHAT-IF» позволяет увидеть динамику других составляющих стоимости проектов по строительству ветропарков.

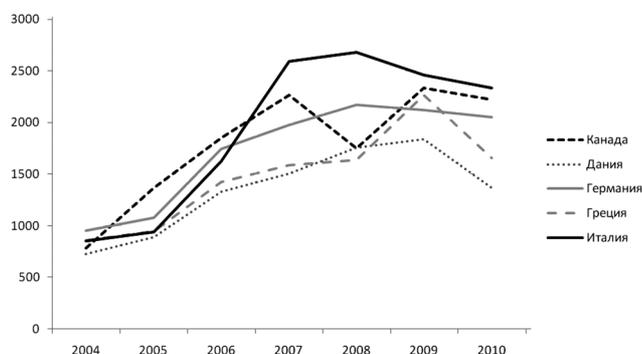


Рис. 4. Стоимость наземных ветровых парков (часть 1), \$ на кВт мощности в ценах 2010 г.

Построено по данным [4]

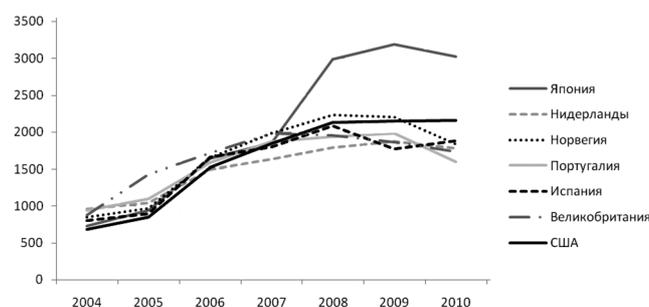


Рис. 5. Стоимость наземных ветровых парков (часть 2), \$ на кВт мощности в ценах 2010 г.

Регрессионные модели с временным лагом между стоимостью ветропарков и стоимостью ветрогенераторов по некоторым странам

Страна	Вид модели	Уровень статистической значимости модели (<i>F</i> -критерия)	Уровень статистической значимости коэффициентов регрессии (<i>t</i> -статистики)	Коэффициент детерминации
Дания	$y(t) = 2,52x(t-1) - 2330,3$	0,017	0,0167; 0,07	0,7963
Греция	$y(t) = 3,2x(t-1) - 3216,2$	0,0093	0,0093; 0,035	0,8464
Япония	$y(t) = 6x(t-1) - 6741,34$	0,059	0,059; 0,123	0,63
Норвегия	$y(t) = 3,01x(t-1) - 2709,4$	0,062	0,062; 0,2	0,62
Португалия	$y(t) = 2,15x(t-1) - 1552,3$	0,062	0,062; 0,286	0,62

Сравнивая прогнозную динамику стоимости ветропарка по разным странам можно сделать вывод о том, что удельные затраты на инсталляцию ветроустановок возросли в странах – технологических лидерах отрасли (Дания и Япония – крупные экспортеры ветроэнергетического оборудования) даже без учета роста цен на турбины росли более быстрыми темпами, нежели в странах – реципиентах данной технологии (например, Греция). Это можно объяснить высокими затратами на снижение технических и иных барьеров для более интенсивной диффузии технологий ветровой энергетики, которые до сих пор характерны для стран-лидеров.

В качестве одного из эффективных инструментов снижения барьеров в литературе выделяют стандартизацию [4]. По нашему мнению, экспоненциальный рост кумулятивной мощности ветроустановок по всему миру [5] в последние годы оказался возможным именно благодаря разработке и внедрению серии новых технико-технологических стандартов и управленческих в области ветроэнергетики IEC 61400, закрепляющих лучшие практики проектировки, строительства и эксплуатации ветроэнергетических установок (табл. 3). Разработка данной серии стандартов началась еще в 1995 г. в рамках Международной электротехнической комиссии (МЭК), а первый стандарт из серии 61400 вышел в свет в 2001 г. (Международная электротехническая комиссия (МЭК) – международная некоммерческая организация по стандартизации в области электрических, электронных и смежных технологий. Некоторые из стандартов МЭК разрабатываются совместно с Международной организацией по стандартизации (ISO) и Международным союзом электросвязи (МСЭ).) С тех пор данная серия явля-

ется стимулом для разработки новых национальных стандартов в области ветроэнергетики, образуя основу для глобальной сертификации.

Стандарты серии IEC 61400 содержат требования к проектированию ветровых турбин, начиная от этапа строительства, заканчивая контролем эксплуатационных характеристик. Основная цель стандартов – обеспечить высочайший уровень защиты от возможных рисков в ходе эксплуатации. Кроме того, некоторые из стандартов этой серии созданы для обеспечения возможности сравнивать технические условия различных ветровых установок, что позволяет выбрать оптимальную для конкретных природно-климатических и экономических требований. Это может быть полезно для участников процессов финансирования и строительства ветровых установок. Стандарты позволяют обеспечить совместимость и взаимозаменяемость оборудования, составных частей, комплектующих изделий и материалов, сопоставимость результатов испытаний и измерений технических и экономико-статистических данных.

Как видно из табл. 3, представители стран – технологических лидеров отрасли принимают максимально активное участие в процессе разработки международных стандартов в области ветроэнергетики и входят в максимально возможное число рабочих групп (WG) и проектных команд (PT, MT) (рис. 9).

Это связано с тем, что участие в рабочих группах по разработке стандартов позволяет продвигать национальные инновационные технологии и создавать благоприятные условия для экспансии созданной на их основе инновационной продукции на международные рынки. Однако такое участие связано с определенны-

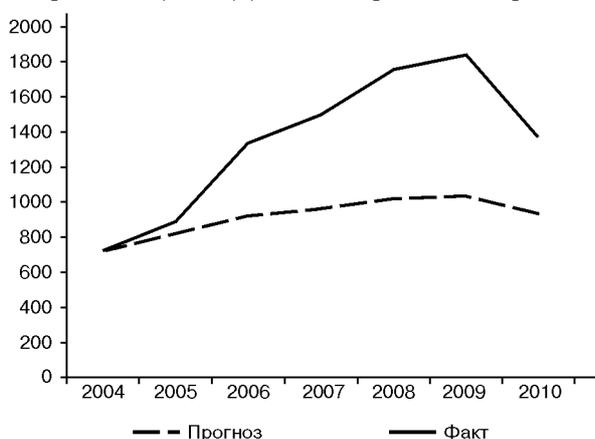


Рис. 6. Прогнозные (при постоянных ценах) и фактические значения стоимости наземного ветропарка (\$/кВт мощности): Дания

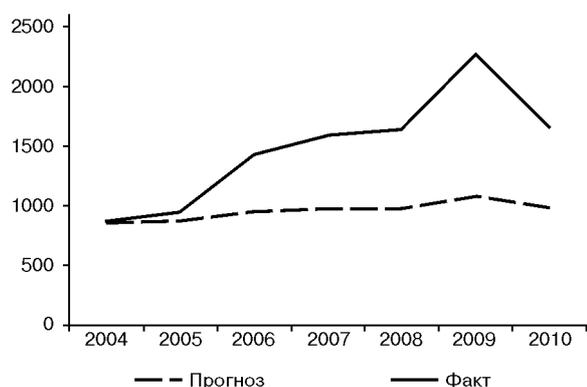


Рис. 7. Прогнозные (при постоянных ценах) и фактические значения стоимости наземного ветропарка (\$/кВт мощности): Греция

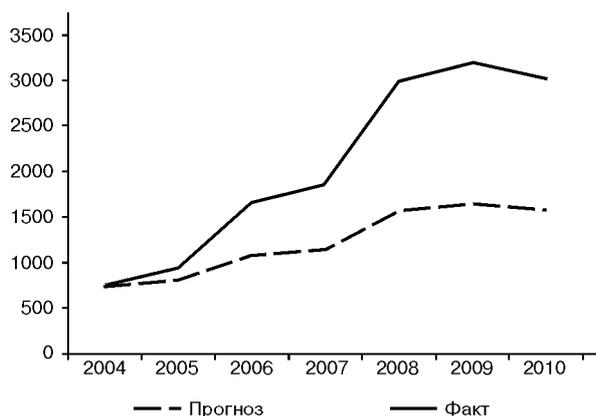


Рис. 8. Прогнозные (при постоянных ценах) и фактические значения стоимости наземного ветропарка (\$/кВт мощности): Япония

ми затратами, которые могут финансироваться как из бюджета государства, так и из средств заинтересованных компаний, в первую очередь, компаний – производителей оборудования и комплектующих для ветропарков.

Для стран, не принимающих активного участия в процессе разработки, но внедряющих стандарты серии IEC 61400 путем гармонизации их с национальной нормативно-правовой базой, положительные социально-экономические эффекты состоят в снижении технических, информационных и частично организационных (поведенческих) барьеров, а именно в следующем:

- снижении удельных затрат на проектирование, строительство, обслуживание, эксплуатацию ветроэнергетических объектов;
- сокращении затрат на НИОКР и разработку стандартов;
- росте удельных энергетических характеристик объектов;
- повышении надежности эксплуатируемого оборудования;
- снижении затрат при выводе продукции на международный рынок;
- снижении экологических рисков внедрения новых технологий [8].

В частности, анализируя аспект надежности ветроэнергетического оборудования, можно обратиться к

Таблица 3

Серия стандартов IEC 61400
(Страны перечислены в порядке указания их представителей в списках рабочих групп и проектных команд.
Первой указывается страна, представитель которой возглавляет рабочую группу)

Составлено авторами по данным официального сайта IEC

Стандарт	Период разработки	Страны – участницы рабочих групп, проектных команд и команд поддержки	Область примерения
1	2	3	4
IEC 61400-1 Требования к проектированию	1999–2005	Дания, Испания, США, Германия, Нидерланды, Китай, Франция, Великобритания, Япония, Корея, Финляндия, Италия, Канада, Израиль, Швеция, Чехия (MT 1)	Основные требования к конструкции ВЭУ, закладываемые на стадии проектирования. Обеспечивают структурную целостность ВЭУ в процессе эксплуатации и гарантированный уровень надежности при всех возможных рисках, в течение жизненного цикла ВЭУ
IEC 61400-2 Малая ветроэнергетика	1996–2005	Великобритания, Швеция, Ирландия, Испания, США, Дания, Канада, Япония, Корея, Германия, Израиль, Франция, Чехия, Австралия (MT 2)	Упрощенная версия стандарта IEC 61400-1, устанавливающая принципы обеспечения качества, безопасности, и структурной целостности малых ВЭУ
IEC 61400-3 Требования к проектированию офшорных турбин	2000–2009	Великобритания, Германия, Корея, Япония, Нидерланды, США, Дания, Швеция, Испания, Россия, Япония, Норвегия (WG 3)	Обеспечение соответствующего уровня защиты от возможных рисков в ходе эксплуатации, инженерной целостности структурных компонентов прибрежных ветровых турбин, подсистем, таких, как механизмы контроля и защиты, внутренние электрические и механические системы
IEC 61400-4 Требования к проектированию коробки передач ветровой турбины	2005–2010	Дания, США, Корея, Бельгия, Германия, Испания, Великобритания, Япония, Франция, Швеция, Финляндия, Россия (JWG 1)	Общие и специфические критерии и планы испытаний для всех элементов, которые необходимо тестировать в редукторах ветровых турбин, подробные рекомендации относительно обслуживания, ремонта и проверки, ввода в эксплуатацию, хранения, транспортировки.
IEC 61400-5 Лопасти ветровой турбины	2008–2010	Китай, Германия, Дания, США, Великобритания, Россия, Испания, Корея, Япония, Нидерланды (PT 61400-5)	Конструирование лопастей ВУ, с учетом экологических условий, аэродинамики конструкции, расчетных нагрузок, требований к материалам, зданиям и сооружениям. Стандарт содержит такие требования к производству лопастей, как калибровка, контроль качества, определение допустимых отклонений, производство и заключительный контроль, воздействие на окружающую среду

Таблица 3 (окончание)

1	2	3	4
IEC 61400-11 Способы измерения акустического шума	2005–2011	Испания, Великобритания, Корея, Дания, США, Япония, Германия, Китай (MT 11)	Смягчение действия характеристик шума турбины по отношению к диапазону скоростей ветра и его направления, по средствам внедрения методики выполнения измерения акустических шумов, характерных для ВУ
IEC 61400-12 Испытания ветровой турбины	1998–2005	Дания, Германия, Финляндия, Великобритания, Франция, Италия, Швеция, США, Испания, Канада, Япония, Китай (MT 12-1)	Обеспечение последовательности, точности и воспроизводимости результатов измерения и анализа эксплуатационных показателей мощности ветровых турбин, по средствам внедрения методологии, учитывающей влияние таких факторов, как изменение направления и силы ветра, турбулентность
IEC 61400-13 Измерения механических нагрузок	1998–2001	США, Германия, Китай, Испания, Япония, Корея, Нидерланды, Дания (MT 13)	Измерение механических нагрузок на больших (>40 м ²) ветровых турбинах с горизонтальной осью вращения
IEC 61400-15 Оценка ветровых условий	2002–2005	США, Германия, Испания, Великобритания, Франция, Италия, Дания, Япония (WG 15)	Определяет принципы оценки и измерения ветровых характеристик в специфических условиях
IEC 61400-21 Измерения и оценка мощностных характеристик присоединенной к сети турбины	2001–2008	Дания, Испания, США, Германия, Нидерланды, Португалия, Япония, Корея, Китай, Норвегия, Финляндия (MT 21)	Определение и уточнение количественных характеристик мощности, определение и контроль качества присоединенных к сети ветровых турбин, процедуры оценки соответствия электроэнергии требованиям качества, в том числе оценка качества электроэнергии, полученной от ВУ
IEC 61400-22 Проверка соответствия и сертификация	1995–2001	Дания, Япония, Швеция, Корея, Германия, Испания, США, Нидерланды, Китай, Израиль (MT 22)	Общая основа для сертификации ВУ, создание оснований для принятия органов по сертификации и контролю, взаимное признание сертификатов. Стандарт включает правила и процедуры сертификации ветровых турбин, включая определение элементов сертификации, оценку соответствия правила для ведения документации, требования к сертификации инспекционных органов и испытательных лабораторий
IEC 61400-23 Полномасштабное тестирование лопастей турбины	1998–2001	Нидерланды, Дания, Корея, Германия, США, Россия, Корея, Испания, Япония (MT 23)	Указания по полномасштабному испытанию конструкции лопастей ветряных турбин (статические испытания на прочность, усталостные испытания) и интерпретации и оценки результатов.
IEC 61400-24 Молниезащита Ветровых турбин	2002–2010	Дания, Германия, Великобритания, Испания, Япония (MT 24)	Руководство содержит принципы для ведения статистики и отчетности, определяет требования к защите лопастей, и других структурных компонентов, электрических систем от прямого и косвенного воздействия молнии
IEC 61400-25 Коммуникационный протокол	2008–2010	Корея, Япония, Германия, Норвегия, Дания, Швеция, Швейцария, Австрия, США, Испания (JWG 25)	Стандарт определяет условия и модели обмена информацией для мониторинга ветровых электростанций
IEC 61400-26 Работоспособность по временному критерию для генерирующих систем ветровых турбин	2011–2012	США, Дания, Германия, Испания, Норвегия, Великобритания, Япония, Корея, Россия, ЮАР, Австрия (PT 61400-26)	Стандарт определяет показатели, терминологию и общие условия отчетности о работе ветровых генераторов. Регулирует области отчетности – экологические ограничения, жизненный цикл, рекомендации по ремонту и профилактическим работам с указанием временных интервалов
IEC 61400-27 Имитационные модели генерации энергии	2009-2011	Австрия, Китай, Дания, Франция, Финляндия, Германия, Великобритания, Ирландия, Япония, Корея, Нидерланды, Норвегия, Россия, Испания, Швеция и США (WG 27)	Стандартизация процесса анализа стабильности ветровых энергосистемы (ВЭС) посредством моделирования работы ветряных турбин и других элементов ВЭС, предназначенных для эксплуатации в крупных энергосистемах.

статистическим данным по затратам на ремонт и обслуживание ветропарков за период раннего развития технологий (1998–2003 гг.) и более позднего (2004–2009 гг.), в течение которого процесс внедрения стандартов серии IEC 64000 вошел в свою активную фазу (рис. 10).

Из диаграммы, представленной на рис. 10 нетрудно сделать вывод о том, что куммулятивные затраты на поддержание ветроустановок в рабочем состоянии со времени запуска процесса стандартизации существенно сократились.

Отдельно хотелось бы отметить достаточно активное участие России в процессе разработке международных стандартов в ветроэнергетике (рис. 9). Для страны, которая не является на настоящий момент лидером в данной отрасли, но обладает, тем не менее, существенным научно-производственным потенциалом, это открывает хорошие возможности не только для реализации стратегии имитации и «ввоза» новых технологий, но и для продвижения собственных инновационных разработок. Однако в данной связи не

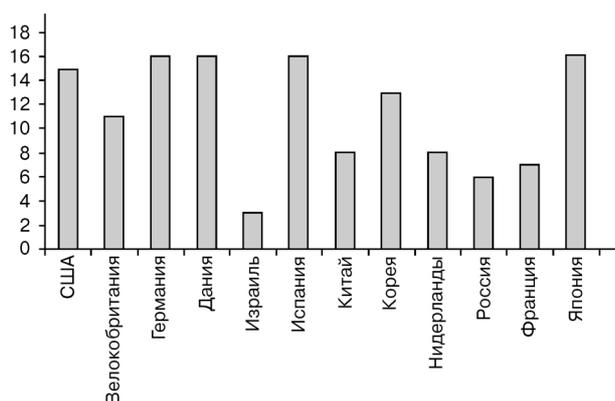


Рис. 9. Участие некоторых стран в работе проектных групп и команд поддержки по разработке и внедрению стандартов в области ветроэнергетики

Составлено авторами по данным официального сайта МЭК

понятно, почему, являясь одним из крупных производителей оборудования для малой ветроэнергетики [9], Россия не входит в состав рабочей группы МТ 2 по разработке и продвижению стандартов в этом секторе (табл. 3).

Выводы. Проведенный анализ эмпирических данных по ветроэнергетической отрасли позволяет сделать вывод о том, что в настоящее время кластер базовых технологий находится на завершающем этапе «первой волны» своего развития. Усилиями стран – лидеров данной отрасли и компаний-новаторов технические барьеры для диффузии технологий за последние 20 лет значительно снизились, что позволило обеспечить рост куммулятивной инсталлированной мощности ветроустановок по всему миру, несмотря на неблагоприятные внешние условия (значительный рост цен на сырье для производства ветрогенераторов в 2006–2008 гг.). Одним из эффективных инструментов снижения технических барьеров явилась международная стандартизация. Введение международных стандартов в ветроэнергетике уже позволило добиться существенного снижения затрат на ремонт и обслуживание ветроэнергетических установок, а также снижения удельных затрат на проектирование и строительство в странах – реципиентах ветровых технологий.

Кроме того, международная стандартизация отрасли позволила снизить не только технические, но и частично информационные, нормативно-правовые и поведенческие барьеры в странах – реципиентах данного кластера новых технологий, создавая общественные предпосылки для их диффузии от одной страны к другой. Это наблюдение позволяет уточнить гипотезу Грублера–Фетисова о двухэтапном характере роста эффективности новых технологий при смене технологических укладов и внести предположение о наличии пространственных эффектов на плато между первой и второй волнами роста (рис. 1). На этом промежуточном этапе дальнейшее развитие кластера новых технологий зависит от того, насколько быстрым и интенсивным будет процесс их распространения на новые национальные рынки – от стран с низкими институциональными и поведенческими барьерами к странам с высокими барьерами нетехнического харак-

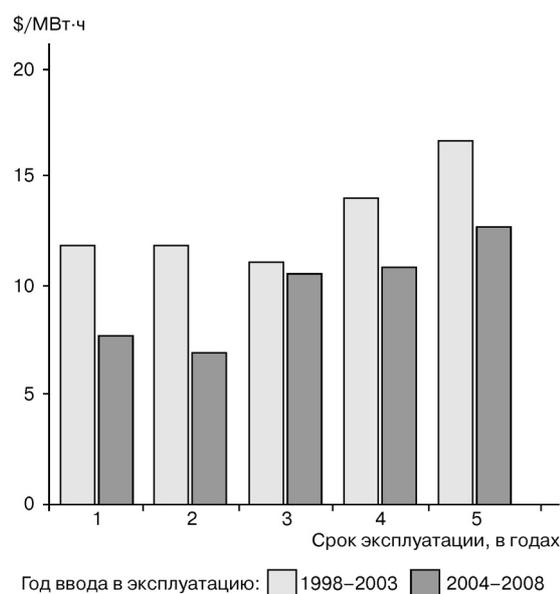


Рис. 10. Стоимость эксплуатации ветрогенераторов в зависимости от года инсталляции

Источник [4]

тера. В качестве одного из эффективных инструментов диффузии на данном этапе может быть использована международная стандартизация отрасли.

* * *

Работа выполнена при поддержке РФФИ, проект №13-06-00169 «Моделирование стратегии развития энергетических кластеров в ситуации технологического разрыва».

Список использованных источников

- С. Ю. Глазьев. Теория долгосрочного технико-экономического развития. М.: ВладДар, 1993.
- Р. М. Нижегородцев. Основы теории инноваций. М.: Доброе слово, 2011.
- Barriers for Technology Diffusion: The Case of Solar Thermal Technology. Cedric Philibert, International Energy Agency, 2006.
- Renewable Energy Technologies: Cost Analysis Series. Wind Power. IRENA, Abu Dhabi, 2012.
- С. В. Ратнер, В. В. Иосифов. Стоимостные барьеры диффузии технологий альтернативной энергетики в России // Экономический анализ: теория и практика, № 40, 2013. <http://www.eonenergy.com>.
- <http://www.eonenergy.com>.
- С. В. Ратнер, В. В. Иосифов. Формирование рынков энергетического машиностроения в Китае и Индии // Вестник УРФУ. Серия «Экономика и управление», № 3, 2013.
- В. А. Зубакин. Стандартизация в ветроэнергетике. Материалы Второй национальной конференции Российской ассоциации ветроиндустрии, 2011. <http://www.zubakin.com>.
- WWEA, Small Wind Report Summary. Bonn, 2012.

Diffusion of new energy technologies: international standardization as a tool to reduce non-technical barriers

S. V. Ratner, Doctor of economic, leading researcher in laboratory of economical dynamic and management of innovation in Control Science Institute of RAS, Moscow, professor of Kuban State University, Krasnodar.

Yu. M. Panchenko, student of Kuban State University, Krasnodar.

In this paper the patterns of development of the cluster core technology of wind power as one of the most mature industries of alternative energy are examined based on theoretical analysis and empirical evidence. Particular attention is paid to international standardization as a tool to reduce technical and socio-economic barriers to the diffusion of new technologies. The hypothesis of Grubler–Fetisov on the nature of the growth performance of the cluster core technology wind energy industry is proved based on the analysis of empirical data.

Keywords: innovative technologies, diffusion, barriers, technological structure, wind energy, alternative energy, standardization.