

ТЕХНОЛОГИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ:

ЭМПИРИЧЕСКИЕ ОЦЕНКИ ФАКТОРОВ ПРИМЕНЕНИЯ¹



А. В. ТРАЧУК
Доктор экон. наук, профессор, руководитель Департамента менеджмента, научный руководитель факультета менеджмента ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», генеральный директор АО «Гознак». Область научных интересов: стратегия и управление развитием компании, инновации, предпринимательство и современные бизнес-модели в финансовом и реальном секторах экономики, динамика и развитие электронного бизнеса, опыт функционирования и перспективы развития естественных монополий.

E-mail: Trachuk_A_V@goznak.ru

АННОТАЦИЯ

Представлена оценка проблем и перспектив применения технологий распределенной генерации промышленными компаниями. Рассмотрено понятие распределенной генерации и состав включаемых в нее технологий, выявлены источники ключевых конкурентных преимуществ использования технологий распределенной генерации. Для анализа наиболее значимых факторов восприятия технологий распределенной генерации промышленными компаниями проведены глубинные полуструктурированные интервью с представителями 8 крупных промышленных компаний, анкетирование представителей 69 промышленных компаний. Для анализа использована регрессионная модель, позволяющая определить силу и значимость влияния отобранных факторов на принятие компаниями решения о собственной генерации.

Для проанализированных компаний возможность технического подсоединения, стоимость электроэнергии и воспринятые преимущества являются критическими факторами принятия решения об использовании технологий распределенной генерации. Фактор риска оказался незначим. В глубинных интервью респонденты объясняли это тем, что системы распределенной генерации сводят возникновение перечисленных неблагоприятных последствий к минимуму. Получение дешевой электрической и тепловой энергии, постепенное наращивание энергетических мощностей, равномерность капиталовложений с быстрым получением энергии для производственных и хозяйственных нужд на сегодняшний день возможно в связи с использованием энергоэффективных решений на базе технологий распределенной генерации.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ, НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ, ФАКТОРЫ ПРИНЯТИЯ ИННОВАЦИЙ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ.



Н. В. ЛИНДЕР
Кандидат экон. наук, профессор, первый заместитель руководителя Департамента менеджмента ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации». Область научных интересов: стратегия и управление развитием компаний, формирование стратегии развития промышленных компаний в условиях четвертой промышленной революции, инновации и трансформация бизнес-моделей, динамика и развитие электронного бизнеса, стратегии развития компаний энергетического сектора в условиях четвертой промышленной революции, стратегии выхода российских компаний на международные рынки.

E-mail: NVLinder@fa.ru

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня электроэнергетика переживает кардинальную трансформацию, основным драйвером которой выступают технологические нововведения, обуславливающие возможности для перехода к принципиально новому этапу развития. В последние годы произошли изменения, заставившие пересмотреть требования к объектам генерации, к сетевой инфраструктуре и в целом к организации электроэнергетики и электроэнергетических рынков. Нарастающий износ электроэнергетической инфраструктуры, вовлечение в оборот распределенных энергетических ресурсов (в т. ч. возобновляемых), изменение роли традиционных источников энергии и энергоносителей, рост спроса на электроэнергию и трансформация его качественных характеристик, изменение модели поведения потребителей – все это требует изучения факторов распространения новых технологий в электроэнергетике для перехода к следующему энергетическому укладу.

Общемировой тенденцией становится постепенный отказ от централизованного энергоснабжения. Так, по всему миру уже 12,5% крупных производителей пользуются собственными генерирующими источниками. Абсолютным лидером является Дания, где уже больше половины производств перешли на собственные источники. В России таких предприятий пока только около 6%. Тенденция просматривается на уровне крупных потребителей, которые один за другим отказываются от электроэнергии, получаемой из ЕЭС, в пользу установки собственной малой (распределенной) генерации. Соответственно, потребители, подключенные к ЕЭС на низком уровне напряжения (малые и средние предприятия), вынуждены нести дополнительные затраты, связанные с функционированием ЕЭС, и терпят снижение эффективности в связи с ростом цен на электроэнергию.

Сформировались два подхода к создававшемуся дисбалансу:

- сложившееся положение ставит под угрозу дальнейшее существование и развитие ЕЭС;
- развитие собственной малой (распределенной) генерации позволит ЕЭС вывести неэффективные мощности, снизить расход топлива в пиковые часы за счет использования электроэнергии потребительской генерации, снизить объем необходимого и оплачиваемого резерва, что повысит эффективность и надежность функционирования ЕЭС России.

Например, по итогам проведенного Системным оператором (ОАО «СО ЕЭС») в сентябре 2016 года конкурентного отбора мощности (КОМ) на 2015 год невостребованными на оптовом рынке оказались более 15 ГВт. По оценкам Системного оператора, при сохранении действующих правил в 2018 году уже более 20 ГВт не найдут спроса.

Целью настоящего исследования является оценка проблем и перспектив применения технологий распределенной генерации промышленными компаниями.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Определение и состав технологий распределенной генерации

Распределенные энергетические системы независимы от централизованных сетей генерирующих мощностей, предназначены для выработки электроэнергии в непосредственной близости от локальных потребителей с учетом их специфических запросов по объемам и профилю потребления. Академические исследования соответствующей концепции и ее аспектов начались в 1960-х годах в Великобритании. Первые компании, строившие распределенные энергетические системы, открылись в США и Европе в середине 1980-х годов на средства венчурных инвесторов. Вскоре начался бум инвестиций в технологии распределенной генерации, и к концу XX века сформировался рынок поставщиков технологий, доля распределенной генерации стала расти вначале в США и Великобритании, в континентальной Европе. По оценкам консалтинговых агентств, к концу 2020-х годов прирост общего объема генерирующих мощностей на 15–25% будет покрываться за счет распределенных энергетических сетей.

В исследованиях можно встретить разные подходы к самому понятию. Распределенную генерацию понимают как «генерацию в децентрализованной энергосистеме для покрытия потребностей в энергии изолированных (не подключенных к магистральным энергосетям) потребителей» [Bauen A., Hawkes A., 2004; Ackermann T., Anderson G., Soeder L., 2001]. Распределенной генерацией считают производство энергии «на уровне распределенной сети или на стороне потребителя, включенного в сеть» [Guan F. H., 2008]. При этом распределенная генерация может использоваться для выработки как электроэнергии, так и тепла.

К распределенной генерации относят не только собственно генерацию, но и системы распределенного хранения электроэнергии (DESS), программы ценозависимого снижения потребления, мероприятия по повышению энергоэффективности потребителей, микрогриды и электромобили (например, [Frankel D., Wagner A., 2017]). Например, сегодня в США большую часть установленной мощности распределенных энергоресурсов составляет не генерация, а ценозависимое снижение потребления и мероприятия по повышению энергоэффективности. Только программы различных энергокомпаний с целью снизить потребление электроэнергии в часы наибольшего спроса способны сократить пиковое потребление (соответственно, и потребность в дополнительных блоках и сетевой инфраструктуре) на 5–6%, или на несколько десятков гигаватт. Например, компания ConEdison сэкономила более 1 млрд долл. инвестиций, которые должны были пойти на расширение сетевой инфраструктуры в нескольких районах Нью-Йорка. Вместо этого компания запустила масштабную программу по снижению нагрузки на 52 МВт в пиковые часы, ее реализация обошлась в 200 млн долл. Посредством аукцио-

¹ Статья подготовлена на основе результатов исследования «Анализ проблем максимизации выгод и потерь потребителей единой системы энергоснабжения при развитии моделей малой (распределенной) генерации и интеллектуальных энергетических систем», проведенного за счет средств бюджетного финансирования в рамках госзадания Финансового университета, 2017.

на в программу отобрали много разных мер – от замены лампочек на более эффективные до установки накопителей электроэнергии у потребителей и агрегированного управления этим оборудованием.

В России программы ценозависимого управления спросом запущены для крупных потребителей, но пока в них участвует только компания «Русал». По оценкам Энергетического центра бизнес-школы «Сколково», если программы управления спросом получат значительное распространение, то потенциал сокращения потребления электроэнергии составит 6–10 и 2–3 ГВт для первой и второй ценовых зон соответственно. В совокупности это очень значительный объем, в менее плотном графике нагрузки для него потребуется более 30 типовых парогазовых энергоблоков мощностью 400 МВт. Весьма велик и потенциал энергосбережения: замена энергопотребляющего оборудования более эффективным, сокращение потерь электроэнергии при передаче и потреблении. В 2010 году Правительство Российской Федерации оценило потенциал повышения эффективности конечного потребления электроэнергии на уровне 30%. И даже если этот потенциал завышен, а реалистичная часть потенциала уже реализована, то все равно остается значительный ресурс, чтобы сократить потребление электроэнергии.

В более узком смысле распределенная генерация толкуется как строительство и эксплуатация источников электрической (тепловой) энергии потребителями для собственных нужд. Излишки электроэнергии направляются в общую сеть.

К объектам распределенной генерации относят энергоисточники малой мощности, до 25 МВт [Hansen C. J., Bower J., 2004; Стенников В. А., Воропай Н. И., 2014]. К распределенной генерации также отнесены объекты когенерации (совместное производство электроэнергии и тепла), а также системы возобновляемых источников энергии (ВИЭ) [Селляхова О., Тарновская О., Фатеева Е. и др., 2016]. Так, к малой энергетике отнесены объекты мощностью менее 25 МВт [Федеральный закон 2003], к микроэнергетике, по разным источникам, менее 1 МВт.

Итак, распределенная генерация подразумевает выработку электроэнергии по месту ее потребления множеством потребителей, которые производят тепловую и электрическую энергию для собственных нужд, а излишки направляют в общую сеть.

В широком смысле это объекты, которые находятся вблизи конечного потребления, вне зависимости от того, кто является их владельцем. К данной категории относятся:

- *Блок-станции* – источник электрической (иногда тепловой) энергии, расположенный на территории или в непосредственной близости от промышленного предприятия и принадлежащий владельцам этого предприятия на правах собственности или взятый в аренду. Блок-станции, как правило, выгодны, поскольку могут функционировать за счет побочных продуктов основного производства (попутный или доменный газ и т.п.).
- *Теплоэлектроцентрали (ТЭЦ)* – комбинированное производство электроэнергии и тепла, повышающее коэффициент использования топлива (КИТ) в среднем на 30%. Благодаря этому существенные затраты и неудобства при сооружении и эксплуатации теплосетей становятся приемлемыми. Это одна из причин, по кото-

рым когенерация широко пропагандируется и поощряется сейчас на Западе.

- *Объекты малой и средней генерации:* газотурбинные и газопоршневые станции, электростанции на ВИЭ, которые строят потребители [Ряпин И., 2013]. В российской практике проект определения малой распределенной генерации был выработан по итогам обсуждений в рамках заседания экспертного совета технологической платформы «Малая распределенная энергетика» (от 26.06.2012), заседания экспертного совета по энергетике (секции малой энергетике) при Комитете по энергетике Государственной Думы Российской Федерации (от 05.07.2012). «Малая распределенная энергетика – генерирующие объекты мощностью от 1 до 50 МВт, расположенные в непосредственной близости от потребителя с возможностью использования систем накопления энергии и технологий SmartGrid. К распределенной энергетике отнесены объекты, использующие технологии когенерационной выработки энергии и возобновляемые источники энергии, т.е. первичные энергоисточники объектов распределенной генерации, малые энергоустановки могут быть как бестопливными (они работают на солнечной, ветровой, волновой, геотермальной энергии и других ВИЭ), так и топливными (топливом служат уголь, нефть, промышленный газ, биомасса различного происхождения).

Источники конкурентных преимуществ распределенной генерации

Распределенная генерация имеет ряд преимуществ по совокупности показателей надежности, качества и стоимости по сравнению с поставками из распределительной сети (последние остаются запасным вариантом). Самостоятельно инвестируя в распределенную энергетiku, потребители, очевидно, снижают затраты на развитие сетевого комплекса и крупной генерации за счет более гибкой инвестиционной модели реагирования на изменение динамики и размещения спроса. Дополнительно применяется комплекс мер по управлению спросом и децентрализованный энергообмен на основе распределенных источников энергии, что также позволяет отказаться или отложить проекты по сооружению новых мощностей и/или сетевой инфраструктуры большой энергетики.

По своей энергоэффективности (КПД) распределенная генерация сопоставима с крупными электростанциями. Благодаря близости к потребителю она характеризуется сравнительно меньшими сетевыми потерями при распределении электроэнергии. Она также может обеспечить выполнение более высоких требований потребителей по доступности и качеству энергии, надежности энергоснабжения. Распределенность источников энергоснабжения является важным фактором повышения энергетической безопасности, поскольку снижает риски тотальных блэкаутов и позволяет более быстро восстанавливать энергоснабжение потребителей, например после природных катаклизмов, катастроф или кибератак. В этом смысле развитие распределенных источников энергоснабжения как нового формата энергетической инфраструктуры можно сравнить с развитием информационной инфраструктуры на основе систем распределен-

Таблица 1
 Источники конкурентных преимуществ распределенной генерации

Группа	Авторы
Экономические преимущества, в том числе ограничение роста цен на электроэнергию	Frankel D., Wagner A., 2017; Berg A., Krahl S., Paulun T., 2008; Трачук А. В., 2010а; Трачук А. В., Линдер Н. В., 2017; Ховалова Т. В., 2017
Развитие технологий управления, оборудования и сервиса в компаниях	Kazemi A., Sadeghi M., 2009; Wu J., 2009; Ipakchi A., Albuyeh F., 2009; Yingyuan Z., Liuchen C., Meiqin M. et al., 2008; Seo H., Park M., Kim G. et al., 2007; Zhang X. P., 2008; Li H., Leite H., 2008; Трачук А. В., Линдер Н. В., Золотова И. Ю. и др., 2017; Трачук А. В., 2011; Линдер Н. В., Трачук А. В., 2017; Гительман Л. Д., Бокарев Б. А., Гаврилова Т. Б. и др., 2015
Механизм для сокращения выбросов парниковых газов и достижения мировых целей по борьбе с изменением климата	Bhowmik A., Schatz J., Maitra A. et al., 2003; Samuelson S., 2009; Li H., Leite H., 2008; Kumpulainen L., Kauhaniemi K., 2004

ного хранения и обработки данных, превратившейся в итоге во Всемирную паутину. В литературе [You S., Jin L., Hu J. et al., 2015] новый подход к организации энергетических систем называют Интернетом энергии.

Для выявления конкурентных преимуществ распределенной генерации мы проанализировали отчеты консалтинговых компаний, зарубежных энергетических центров, а также исследования отечественных и зарубежных авторов и выделили три группы основных источников конкурентных преимуществ распределенной генерации (табл. 1).

Сочетание распределенной энергетике с современными средствами управления активами, интеллектуализацией сетевой инфраструктуры, развитием потребительских сервисов может привести к значительным экономическим эффектам, в т.ч. к ограничению роста цен на электрическую энергию в долгосрочной перспективе. Развитие производственных мощностей и сфер применения распределенной энергетике стимулирует развитие технологий управления, оборудования и сервиса, обеспечивающих их максимально эффективное использование в контуре энергосистемы и на энергетическом рынке, создает технологическую основу для появления массовых активных потребителей и возможности для выхода на масштабный глобальный рынок.

По всему миру значительную долю новых локальных мощностей составляет микрогенерация на основе возобновляемых источников энергии (прежде всего, это кровельные солнечные панели, все чаще – в комбинации с накопителями) и более экологически эффективные мини-когенерационные установки. Соответственно, распределенная энергетика также является эффективным средством сократить выбросы парниковых газов и предотвратить изменение климата. Таким образом, конкурентные преимущества выделены в трех сферах: экономика (например, ограничение роста цен на электроэнергию), управление (развитие новых технологий управления спросом на электроэнергию, оборудования и сервиса в компаниях) и экология (распределенная генерация служит сокращению выбросов парниковых газов и предотвращению изменения климата).

Факторы применения технологий распределенной генерации

Компании будут строить и использовать собственные источники генерации, когда осознают выгоды их применения и будут готовы к их внедрению. Соответственно, важно

изучить приемлемость технологий распределенной генерации и их восприятие со стороны промышленных компаний. Для этого мы изучили факторы, оказывающие наибольшее влияние на решение компаний внедрить у себя новую технологию.

Факторам принятия новых технологий промышленными компаниями посвящено не так много исследований. Наиболее известны модели факторов принятия технологий компаниями, предложенные [Molla A., Licker P. S., 2002; 2005]:

- модель POER, используемая для измерения внутриорганизационных факторов принятия новых технологий. Эта модель была предложена с целью проанализировать факторы внутриорганизационной среды: склонность сотрудников к принятию новых технологий, систему внутренней помощи в компании, отношение сотрудников к инновациям;
- модель PEER, применяемая для анализа внешних факторов. Модель PEER анализирует факторы конкурентного давления в отрасли, влияние регуляторов и технологические изменения в отрасли.

На принятие новых технологий также влияют специфические характеристики, к которым отнесены скорость, надежность, удовольствие от использования, контроль процесса использования, риск использования [Davis F. D., 1989].

В табл. 2 представлены внутриорганизационные и внешние факторы, влияющие на принятие новых технологий распределенной генерации компаниями.

Гипотеза 1. На восприятие распределенных источников генерации промышленными компаниями оказывают влияние

- внутриорганизационные факторы:
 - а) техническая выполнимость;
 - б) наличие специалистов;
 - в) воспринятые риски;
 - г) воспринятое преимущество;
 - д) стоимость подключения;
 - е) затраты на электроэнергию
- и внешние факторы:
 - ж) давление рынка;
 - з) давление регулятора (органов государственного управления);
 - и) технологические изменения в отрасли.

Для выявления специфических характеристик технологий распределенной генерации, влияющих на их принятие компаниями, мы использовали результаты исследований

Таблица 2
 Факторы, влияющие на принятие компаниями новых технологий

Факторы принятия	Исследование
Внутриорганизационные факторы	
Возможность технического подсоединения (интеграция, масштабируемость, удаленный доступ, инфраструктура, сложность и т.д.)	Wu J., 2009; Трачук А. В., 2010а; Ворожихин В., 2013; Володин Ю. В., Линдер Н. В., 2017
Наличие специалистов	Ворожихин В., 2013; Bhowmik A., Schatz J., Maitra A. et al., 2003
Воспринятые риски (безопасность, инвестиции)	Wu J., 2009; Трачук А. В., 2010 а; Bhowmik A., Schatz J., Maitra A. et al., 2003
Воспринятые преимущества и потребность в альтернативных источниках энергии	Seo H., Park M., Kim G. et al., 2007; Haas R., Loew T., 2012; Davito B., Tai H., Uhlaner R., 2010; Трачук А. В., 2011; Володин Ю. В., Линдер Н. В., 2017
Стоимость (операционный сбор)	Haas R., Loew T., 2012; Davito B., Tai H., Uhlaner R., 2010; Кривошапка И., 2013; Володин Ю. В., Линдер Н. В., 2017; Berg A., Krahl S., Paulun T., 2008
Затраты	Seo H., Park M., Kim G. et al., 2007; HaasR., Loew T., 2012; Трачук А. В., 2011; Berg A., Krahl S., Paulun T., 2008
Внешние факторы	
Изменения на рынке, влияющие на решение компании использовать новые технологии	Subhes C., 2011; Seo H., Park M., Kim G. et al., 2007; Трачук А. В., 2010а; Grubb M., Jamasb T., Pollitt M. G., 2008
Решения регуляторов (органов власти), затрагивающие решение компаний использовать новые технологии	Subhes C., 2011; Grubb M., Jamasb T., Pollitt M. G., 2008; Davito B., Tai H., Uhlaner R., 2010; Трачук А. В., 2011; 2010 а
Технологические изменения в отрасли	Subhes C., 2011; Grubb M., Jamasb T., Pollitt M. G., 2008; Трачук А. В., 2011

[Arndt U., Wagner U., 2003; Picciariello A., Reneses J., Frias P. et al., 2015; Frias P., Gomez T., Cossent R., 2009; Picciariello A., Vergara C., Reneses J. et al., 2015; Dondi P., Bayoumi D., Haederli C. et al., 2002; Ряпин И., 2013; Izadkhast S., Garcia-Gonzalez P., Frias P. et al., 2016] и выделили наиболее значимые специфические факторы (табл. 3).

Гипотеза 2. На принятие решения о переходе на использование распределенных источников генерации оказывают влияние специфические факторы:

- а) наличие побочных продуктов, которые могут быть использованы в качестве топлива;

- б) высокий КПД;
- в) отсутствие затрат на передачу энергии;
- г) отсутствие платы за технологическое присоединение к электрическим сетям;
- д) существующее соотношение цен на электрическую энергию и природный газ;
- е) возможность изменения объемов вырабатываемой электрической и тепловой энергии при изменении экономической ситуации;
- ж) снижение потребности в передаче энергии на значительные расстояния;
- з) повышение доли использования местных энергетических ресурсов.

Таблица 3
 Наиболее значимые специфические факторы для принятия компаниями решения о собственной генерации

Фактор	Исследование
Специфические факторы	
Наличие побочных продуктов, которые могут быть использованы в качестве топлива	Picciariello A., Reneses J., Frias P. et al., 2015
Высокий КПД (при условии, что объект генерации спроектирован с учетом потребности конкретного промышленного производства в электрической и тепловой энергии)	Picciariello A., Vergara C., Reneses J. et al., 2015
Отсутствие затрат на передачу энергии	Izadkhast S., Garcia-Gonzalez P., Frias P. et al., 2016
Отсутствие платы за технологическое присоединение к электрическим сетям (если объект генерации изолирован от энергосистемы)	Picciariello A., Reneses J., Frias P. et al., 2015; Izadkhast S., Garcia-Gonzalez P., Frias P. et al. 2016
Существующее соотношение цен на электрическую энергию и природный газ, свидетельствующее о высоком потенциале газа	Picciariello A., Vergara C., Reneses J. et al. 2015
Возможность изменить объемы вырабатываемой электрической и тепловой энергии при изменении экономической ситуации	Frias P., Gomez T., Cossent R., 2009; Izadkhast S., Garcia-Gonzalez P., Frias P. et al., 2016
Близость производства энергии к потребителям, снижение потребности в передаче энергии на значительные расстояния	Ao-Yang H., Zhe Z., Xiang-Gen Y., 2009; Picciariello A., Reneses J., Frias P. et al., 2015
Повышение доли использования местных энергетических ресурсов	Pepermans G., DriesenJ., Haeseldonckx D. et al., 2005

Барьеры развития распределенной генерации в России и других странах

Для распространения распределенной генерации на практике важно выявить барьеры. Прежде всего, мы рассмотрели барьеры развития технологий распределенной генерации на зарубежных рынках, а затем – на отечественном.

США, штат Калифорния. Развитие распределенной генерации в Калифорнии тесно связано с мерами регулирования, направленными на стимулирование производства электроэнергии на основе ВИЭ. В Калифорнии принят «Стандарт портфеля возобновляемых источников энергии» (RPS): энергокомпания обязана ежегодно повышать объем закупки электроэнергии, произведенной на основе ВИЭ по соответствующим критериям, не менее чем на 1% от общего объема розничного сбыта электроэнергии. В настоящее время законодательные органы Калифорнии разрабатывают нормы, предусматривающие повышение данного показателя до 33% к 2020 году.

Определены три типа барьеров развитию распределенной генерации:

- технические барьеры: технические стандарты подключения установок распределенной генерации к сети, процедуры тестирования и сертификации оборудования, используемого для подключения;
- коммерческие барьеры: стандартные коммерческие условия и практика согласования подключения с энергокомпанией;
- регуляторные барьеры: отсутствие регулируемых тарифов и стимулов для распределенной генерации [Damodaran A., 2008].

Основным барьером для выхода технологий распределенной генерации на рынок являлось отсутствие стандартов подключения к сети. Для решения данного вопроса в 2001 году Комиссия по коммунальным компаниям Калифорнии (CPUC) разработала стандартные правила подключения. В результате генерирующие компании, работающие на оптовом рынке электроэнергии и соответствующие определенным требованиям, получили право подключать системы распределенного производства электроэнергии к сети.

Великобритания. Системы распределенной генерации активно развиваются с начала 1990-х годов. В 1993–1994 годах объем производства на базе распределенной генерации в Англии и Уэльсе составлял 1,2 ГВт. В настоящее время этот объем превышает 15 ГВт. В обзоре, подготовленном Управлением по рынкам газа и электроэнергии, были указаны основные недостатки рынка и системы регулирования:

- несовершенство нормативно-правовой базы: существующие законы и нормы разработаны для системы с централизованным производством электроэнергии и препятствуют развитию распределенной генерации;
- дефицит простой и понятной информации относительно возможностей распределенной генерации [Frankel D., Wagner A., 2017].

Для ликвидации барьеров на пути развития распределенной генерации предлагается реализация совместных программ, осуществляемых под руководством Управления по рынкам газа и электроэнергии и Департамента по разви-

тию бизнеса, инноваций и профессионального образования (BIS). С 2007 года правительство Великобритании стимулирует развитие распределенной генерации. Предусмотрены фискальные стимулы: при внедрении большей части технологий микрогенерации на 5% снижается налог на добавленную стоимость.

Австралия. На национальном рынке электроэнергетики долго преобладала модель централизованного электроснабжения, малая генерация и управление потреблением использовались лишь в частном секторе.

Масштабное комплексное исследование барьеров и преимуществ распределенной генерации в Австралии представлено в отчете, подготовленном Организацией по научным и производственным исследованиям Австралии в рамках осуществления основной программы по реформированию энергетики [McDonaldJ., 2008]. Так, авторы выделяют такие барьеры, как несовершенство нормативно-правовой базы, отсутствие экономических стимулов для перехода к установкам распределенной генерации, отсутствие информации о преимуществах распределенной генерации.

Дания. В Дании распределенная генерация развивается успешнее, чем в других скандинавских странах. Для сравнения: в Норвегии и Швеции мощность установок распределенной генерации составляет 1500 кВт. Там, как и в Финляндии, мало независимых производителей электроэнергии, а значит, нет потребности в разработке подробных рекомендаций и требований к регулированию распределенной генерации.

В 1980 году объем мощностей распределенной генерации составлял 1%. Развитию распределенной генерации в основном способствовало прямое регулирование, которое в Дании действует значительно дольше, нежели в других развитых странах. Основной движущей силой развития распределенной генерации являются инициативы, направленные на увеличение объема производства электроэнергии на основе ВИЭ в соответствии с целями, установленными Европейской комиссией. В 2002 году препятствиями для развития считали отсутствие норм и требований по подключению объектов распределенной генерации, высокую стоимость производства электроэнергии системами распределенной генерации и недостаточное развитие рынка распределенной генерации. По данным Министерства энергетики Дании, в 2005 году примерно 57% генерирующих мощностей составляла когенерация (совместная выработка тепла и электроэнергии) и 31% – ВИЭ.

Успешное развитие сектора распределенной генерации в Дании обусловлено использованием подхода «снизу вверх», подразумевающего тесное сотрудничество большого числа небольших компаний, местных органов власти и кооперативов [SubhesC., 2011].

В табл. 4 показаны барьеры, препятствующие развитию распределенной генерации в европейских странах.

Анализ многочисленных публикаций российских авторов [Трачук А. В., 2011; Селляхова О., Тарновская О., Фатеева Е. и др., 2016; Климовец О. В., Зубакин В. А., 2016] показал барьеры для развития распределенной генерации в России:

- отсутствие четких и однозначно трактуемых требований к технологическому присоединению объектов промышленной генерации к электрическим сетям увеличивает сроки реализации проектов;

Таблица 4
 Барьеры развития распределенной генерации

Барьер	Пояснение
Доминирование традиционной модели организации отрасли	Решения в области энергетики основаны на модели централизованного производства электроэнергии с использованием сети передачи и распределения для поставки электроэнергии потребителям
	Институциональная структура, правила и нормы, требования к монтажу и технические стандарты создают более благоприятные условия для централизованного производства электроэнергии, чем для распределенной генерации
	Исторически затраты на электроэнергию были значительно меньшими в сравнении с другими затратами, чем в настоящее время, развитие альтернативных источников не получало стимула
	Проблемы окружающей среды придали импульс развитию генерирующих объектов различной мощности на основе ВИЭ, однако не обеспечили создание финансовых стимулов
Определение потенциальных возможностей распределенной генерации	Информация о возможностях использования альтернативных источников энергии ограничено доступна для бытовых потребителей
	Нормы, практические руководства и процедуры сертификации поставщиков не согласованы, и их реализация затруднена
	Проблемы, связанные с нормами регулирования, техническими аспектами и мощностью
	Подключение распределенной генерации вызывает сложности, несмотря на наличие норм регулирования
	Микроустановки распределенной генерации предполагают высокие затраты на монтаж
Рентабельность распределенной генерации	Получение разрешений на использование ресурсов и строительство систем распределенной генерации требует значительных затрат времени и средств, для объектов малой генерации требования существенно завышены
	Стоимость электроэнергии от установок распределенной генерации может быть более высокой в сравнении с ценами на электроэнергию, поставляемую из сети
	Применение новой технологии может быть связано с дополнительными затратами и риском
	Энергосбытовые компании редко готовы покупать избыточную электроэнергию, произведенную микроустановками распределенной генерации
Получение инвестиций в распределительные сети	Срок окупаемости систем распределенной генерации слишком велик для бытовых потребителей
	Распределительные компании могут не иметь достаточных стимулов для инвестирования в поддержку распределенной генерации

- присоединенные к сети генерирующие объекты мощностью 25 МВт и более обязаны продавать произведенную электроэнергию на оптовом рынке (за исключением случаев, установленных Правительством РФ). Электроэнергию для собственного потребления они должны покупать по рыночным ценам, оплачивая услуги по передаче. Владельцы объектов распределенной генерации мощностью 25 МВт и более вынуждены искать способы, как получить подтверждение о нераспространении на данный объект требований оптового рынка (выдается НП «Совет рынка») и оставаться в статусе участника розничного рынка. Для того чтобы избежать необходимости присутствовать на оптовом рынке, нужно изначально строить генерирующие объекты мощностью менее 25 МВт или планировать изолированную работу генерирующих объектов, которые не будут подключены к электрической сети;
- отсутствие у заинтересованных лиц четкого представления о выгодах промышленной распределенной генерации замедляет оформление и получение разрешительной документации.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для анализа наиболее значимых факторов восприятия технологий распределенной генерации промышленными компаниями мы провели исследование в два этапа:

- *качественный этап:*
 - о проведение глубинных полуструктурированных интервью с представителями 8 крупных промышленных компаний с целью определить взаимосвязи между факторами и принятием решения о строительстве собственной генерации и дополнительно обосновать разработку анкеты, позволяющей проанализировать наиболее значимые для положительного решения факторы;
 - о определение непараметрических коэффициентов корреляции Спирмена (ρ_s) для ранжированных данных с целью признания значимой связи между компонентами модели, отбор специфических характеристик факторов для дальнейшего тестирования;

- *количественный этап:*
 - о составление анкеты и анкетирование представителей промышленных компаний (69 компаний, табл. 5);
 - о формирование регрессионной модели, позволяющей определить силу и значимость влияния отобранных для анкеты факторов на принятие решения о строительстве собственной генерации.

Таблица 5

Характеристика компаний в выборке: контрольные переменные

Характеристика	Количество компаний	
	абс., ед.	отн., %
Сектор		
Промышленность	61	92
ЖКХ	8	8
Срок жизни компании, лет		
Менее 5	11	16
5–10	17	25
Больше 10	41	59
Численность персонала, чел.		
От 500 до 1000	4	5
От 1001 до 1500	19	28
Более 1500	46	67
Выручка от реализации, млн руб.		
Менее 50	9	8
От 50 до 500	21	35
Более 500	39	57

Таблица 6

Упоминание внутриорганизационных и внешних факторов восприятия распределенной генерации компаниями

Фактор	Доля упоминаний, %
Внутриорганизационные факторы	
Возможность технического подсоединения и использования (интеграция, масштабированность, удаленный доступ, инфраструктура, сложность и т.д.)	61,6
Наличие специалистов	19,3
Воспринятые риски (безопасность, инвестиции)	45,9
Воспринятые преимущества и потребность в альтернативных источниках энергии	76,3
Стоимость электроэнергии	74,1
Затраты на строительство и установку источников распределенной генерации	81,5
Внешние факторы	
Изменения на рынке, влияющие на решение компании об использовании инновации	62,7
Решения регуляторов (органов власти), затрагивающие решения компаний об использовании новых технологий	96,3
Технологические изменения в отрасли	73,5

Таблица 7

Упоминание специфических факторов технологий распределенной генерации

Фактор	Доля упоминаний, %
Наличие побочных продуктов, которые могут быть использованы в качестве топлива	41,5
Высокий КПД (объект генерации спроектирован с учетом потребности конкретного промышленного производства в электрической и тепловой энергии)	48,4
Отсутствие затрат на передачу энергии	58,9
Отсутствие платы за технологическое присоединение к электрическим сетям (если объект генерации изолирован от энергосистемы)	79,4
Цена на природный газ более низкая, чем на электроэнергию	42,6
Возможность варьировать объемы вырабатываемой электрической и тепловой энергии при изменении экономической ситуации	41,2
Производство энергии в непосредственной близости от точек потребления и снижение потребности в передаче энергии на значительные расстояния	34,6
Повышение доли использования местных энергетических ресурсов	55,6

На следующем этапе был рассчитан индекс для основных внутренних и внешних факторов, влияющих на принятие решения о строительстве собственной генерации путем суммирования упоминаний индивидуальных пунктов из анкеты (табл. 6). Аналогично рассчитана частота упоминания специфических факторов (табл. 7). Затем были рассчитаны непараметрические коэффициенты корреляции Спирмена ρ_s для ранжированных данных. Для признания связи между компонентами модели значимой коэффициент корреляции должен был превышать пороговое значение 0,50.

Описание переменных

На количественном этапе исследования были сформулированы утверждения анкеты, измеряющие наиболее значимые факторы. Респондентам предлагалось ответить на вопрос: «Насколько вы согласны с приведенными ниже утверждениями?» Степень согласия оценивали по шкале Лайкерта от 1 до 7 баллов (1 – «совершенно не согласен», 4 – «не знаю, согласен или не согласен», 7 – «полностью согласен») (табл. 8, 9).

Для измерения фактора «техническая выполнимость» взяли шкалу с двумя вопросами. Они призваны определить, есть ли у компании возможность установить объекты распределенной генерации с учетом существующей инфраструктуры. Для оценки фактора «воспринятое преимущество» оценивались более высокие показатели КПД распределенной генерации, чем услуги Единой национальной электрической сети. Фактор «затраты на строительство и установку источников распределенной генерации» был измерен с помощью двух вопросов, которые характеризуют необходимость окупить строительство собственной генерации в среднесрочной

Таблица 8

Индикаторы измерения характеристик принятия технологий распределенной генерации промышленными компаниями

Обозначение	Измерение	Источник	Альфа Кронбаха
Внутриорганизационные характеристики <i>Возможность технического подсоединения</i> <i>(интеграция, масштабируемость, удаленный доступ, инфраструктура, сложность и т.д.)</i>			
T ₁	У нашей компании есть понимание того, какие виды распределенной генерации наиболее подходят и применимы к нашему бизнесу	Wu J., 2009; Трачук А. В., 2010а; Ворожихин В., 2013; Володин Ю. В., Линдер Н. В., 2017	0,79
T ₂	Наша компания подключится к объектам распределенной генерации, если существующие у нас системы могут быть настроены на их использование		
<i>Восприимчивые риски (безопасность, инвестиции)</i>			
RK ₁	Наша компания подключится к объектам распределенной генерации, если это повысит безопасность и эффективность нашей энергосистемы	Wu J., 2009; Трачук А. В., 2010а; Bhowmik A., Schatz J., Maitra A. et al., 2003	0,79
RK ₂	Наша компания перейдет на распределенную генерацию, если риски использования источников собственной энергии не будут высокими		
<i>Восприимчивые преимущества и потребность в альтернативных источниках электроэнергии</i>			
UR ₁	Наша компания перейдет на собственную генерацию, если будет уверена, что они отвечают всем потребностям технологического цикла	Seo H., Park M., Kim G. et al., 2007; Haas R., Loew T., 2012; Davito B., Tai H., Uhlaner R., 2010; Трачук А. В., 2011; Володин Ю. В., Линдер Н. В., 2017	0,92
UR ₂	Наша компания перейдет на собственную генерацию, если в качестве топлива мы сможем использовать имеющиеся у нас побочные продукты		
<i>Стоимость электроэнергии</i>			
COST ₁	Наша компания перейдет на собственную генерацию, если стоимость электроэнергии будет ниже других альтернативных вариантов	Haas R., Loew T., 2012; Davito B., Tai H., Uhlaner R., 2010; Кривошапка И., 2013; Володин Ю. В., Линдер Н. В., 2017; Berg A., Krahl S., Paulun T., 2008	0,91
COST ₂	Наша компания перейдет на собственную генерацию, если это позволит нам иметь дополнительные источники дохода от продажи электроэнергии в сеть		
<i>Затраты на строительство и установку источников распределенной генерации</i>			
C ₁	Наша компания перейдет на собственную генерацию, если затраты на установку и строительство источников собственной генерации окупятся в течение 5 лет	Seo H., Park M., Kim G. et al., 2007; Haas R., Loew T., 2012; Трачук А. В., 2011; Berg A., Krahl S., Paulun T., 2008	0,93
C ₂	Наша компания перейдет на собственную генерацию, если строительство и использование источников собственной генерации не увеличат значимо себестоимость изготавливаемой продукции		
MARK ₁	Наши партнеры подталкивают нас к использованию собственных источников генерации энергии, т.к. это существенно снизит долю расходов на электроэнергию в структуре себестоимости нашей продукции	Subhes C., 2011; Seo H., Park M., Kim G. et al., 2007; Трачук А. В., 2010 а; Grubb M., Jamasb T., Pollitt M. G., 2008	0,86
MARK ₂	Продукция, произведенная на отечественных предприятиях, порой не в состоянии конкурировать с иностранными аналогами из-за высокой доли энергоресурсов в себестоимости, несовершенных технологий производства и расточительства энергоресурсов		
<i>Технологические изменения в отрасли</i>			
TR ₁	Наша компания перейдет на собственную генерацию, если обслуживание и ремонт смогут производиться в условиях открытой площадки и не требуют значительных материальных и человеческих ресурсов.	Subhes C., 2011; Grubb M., Jamasb T., Pollitt M. G., 2008; Davito B., Tai H., Uhlaner R., 2010; Трачук А. В., 2011; 2010а	0,76
TR ₂	Переход нашей компании на источники распределенной генерации связан с невозможностью обеспечить необходимую потребность в электричестве на удаленных объектах, на объектах, где часто возникают перебои в централизованном электроснабжении, в ситуациях, когда пиковые нагрузки на энергосистему достаточно велики.		
<i>Решения регуляторов (органов власти), затрагивающие решения компаний об использовании новых технологий</i>			
GR ₁	Наша компания перейдет на собственную генерацию, если ввод в эксплуатацию таких установок будет требовать значительно меньшего количества согласований в контролирующих органах	Subhes C., 2011; Grubb M., Jamasb T., Pollitt M. G., 2008; Трачук А. В., 2011	0,78
GR ₂	Наша компания перейдет на собственную генерацию, если ввод в эксплуатацию таких установок будет поддерживаться органами власти		

Таблица 9

Специфические факторы для принятия решения об использовании собственной генерации

Фактор	Обозначение	Измерение	Источник	Альфа Кронбаха
Наличие побочных продуктов, которые могут быть использованы в качестве топлива	PROD ₁	Мы имеем побочные продукты и рассматриваем возможность перехода на технологии распределенной генерации	Walczuch R., Van Braven G., Lundgren H., 2000; Ao-Yang H., Zhe Z., Xiang-Gen Y., 2009	0,78
	PROD ₂	У нас нет побочных продуктов, но это не является решающим фактором для перехода на собственную генерацию		
Высокий КПД (при условии, что объект генерации спроектирован с учетом потребности конкретного промышленного производства как в электрической, так и в тепловой энергии)	KPD ₁	КПД технологий распределенной генерации в режиме когенерации достигает 90% и более, что делает переход на эти установки рентабельным	Ao-Yang H., Zhe Z., Xiang-Gen Y., 2009; Walczuch R., Van Braven G., Lundgren H., 2000	0,81
	KPD ₂	На крупномасштабных объектах строительства надежность электроснабжения и высокое качество энергии являются критичными для бесперебойной работы оборудования и исключения технических остановок		
	KPD ₃	Дополнительным аргументом в пользу автономной генерации является возможность использовать энергию выхлопных газов турбин для получения тепла, что позволяет существенно увеличить общий КПД электростанции.		
Отсутствие затрат на передачу энергии	USE ₁	Использование технологий распределенной генерации позволяет получать стабильную высококачественную электроэнергию без затрат на передачу электроэнергии	Davis F. D., 1989; Walczuch R., Van Braven G., Lundgren H., 2000; Ao-Yang H., Zhe Z., Xiang-Gen Y., 2009	0,77
	USE ₂	Использование технологий распределенной генерации в промышленности является исключительно эффективным средством экономии затрат и решения вопросов использования ныне бросовых ресурсов		
Отсутствие платы за технологическое присоединение к электрическим сетям (если объект генерации изолирован от энергосистемы)	EASE ₁	Энергообеспечение от централизованных источников становится все более дорогим и ненадежным. Более простым и перспективным в производстве может быть использование систем децентрализованного энергоснабжения	Davis F. D., 1989; Walczuch R., Van Braven G., Lundgren H., 2000; Ao-Yang H., Zhe Z., Xiang-Gen Y., 2009	0,89
	EASE ₂	Получение дешевой электрической и тепловой энергии, постепенное наращивание энергетических мощностей, равномерность капиталовложений с быстрым получением энергии для производственных и хозяйственных нужд на сегодняшний день возможно в связи с использованием энергоэффективных решений на базе малых и микротурбин		
Цена на природный газ более привлекательна, чем на электрическую энергию	SEC ₁	Ежегодно во всем мире сжигается более 100 млрд м ³ энергосодержащих газов, которые являются отходами каких-либо производств. В регионах добычи нет возможностей для транспортировки и переработки газов, сопровождающих нефть и выделяющихся при ее добыче. Это делает привлекательным переход на собственную генерацию	Davis F. D., 1989; Walczuch R., Van Braven G., Lundgren H., 2000; Ao-Yang H., Zhe Z., Xiang-Gen Y., 2009	0,86
	SEC ₂	Технология сжигания топлива в камерах сгорания турбогенератора обеспечивает низкий уровень выбросов в атмосферу, что делает технологии распределенной генерации экологически чистыми		
Возможность варьировать объемы вырабатываемой электрической и тепловой энергии при изменении экономической ситуации	ECO ₁	Двухрежимный контроллер позволяет осуществлять мониторинг состояния электрической сети и при пропадании внешней сети переводить установку в автономный режим. Таким образом, технологии распределенной генерации могут использоваться для питания системы бесперебойного энергоснабжения без излишних затрат на присоединение к электрическим сетям	Ao-Yang H., Zhe Z., Xiang-Gen Y., 2009	
Производство энергии в непосредственной близости от точек потребления и, следовательно, снижение потребности в передаче энергии на значительные расстояния	CON ₁	Газотурбинные электростанции, использующие попутный газ в качестве топлива, размещаются в непосредственной близости от участков нефтедобычи. В связи с этим не требуется строительство объектов газосбора, трубопроводов, компрессорных станций	Davis (1989); Walczuch R., Van Braven G., Lundgren H., 2000; Ao-Yang H., Zhe Z., Xiang-Gen Y., 2009	0,88

перспективе или отсутствие существенного влияния затрат на строительство на структуру себестоимости продукции компании.

Для измерения внешних факторов, влияющих на принятие технологий распределенной генерации, задействованы три группы вопросов. Давление рынка измерялось в соответствии с ответами на вопросы о конкурентном давлении, сравнении используемых технологий. Технологические изменения в отрасли измерялись как оценка того, насколько возможно провести ремонт оборудования и обеспечить работу оборудования в пиковые часы нагрузки. Значимость решений регуляторов оценивали по уверенности в том, что нет административных препятствий и есть поддержка внедрения распределенной генерации.

Аналогично была сформирована анкета для анализа специфических факторов принятия технологий распределенной генерации (табл. 9).

Описание процедуры анализа данных

При проведении анализа сначала были оценены коэффициенты надежности (альфа Кронбаха) для всех переменных, измеряемых на основе шкал из нескольких вопросов. Рассчитанные коэффициенты соответствовали рекомендуемому минимуму уровня надежности – 0,75 (см. табл. 8, 9). На следующем этапе был проведен факторный анализ методом главных компонент для 9 вопросов, описывающих четыре аспекта внутриорганизационных факторов, и 6 вопросов, описывающих три аспекта внешних факторов.

Анализ специфических факторов, влияющих на принятие технологий распределенной генерации компаниями сети распространения, был проведен при помощи 15 вопросов.

В целом четыре специфических фактора объясняли 73,8% вариации в ответах на вопросы компаниями, что соответствует рекомендациям об объяснении 70% вариации в структурных моделях.

Факторный анализ на основе метода главных компонент с ортогональным вращением выявил наличие четырех внутриорганизационных факторов и двух факторов внешней среды, которые описывали в общей сложности 72,8% вариации в вопросах. Значения полученных факторов использовались для формирования итогового набора факторов, которые влияют на принятие технологий распределенной генерации компаниями и которые затем были включены в регрессионный анализ.

Результаты факторного анализа применялись для расчета силы влияния факторов на восприятие технологий распределенной генерации компаниями:

$$Z_i = \beta_0 + \beta_1 T_i + \beta_2 RK_i + \beta_3 UR_i + \beta_4 COST_i + \beta_5 C_i + \beta_6 MARK_i + \beta_7 TR_i + \beta_8 GR_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

где Z_i – показатель принятия технологий распределенной генерации компаниями (бинарная переменная, где 1 – технологии распределенной генерации приняты для использования компанией; 0 – не приняты); T_i – возможность технической выполнимости для использования установок распределенной генерации; RK_i – воспринятые компаниями риски, связанные с использованием технологий распределенной генерации; UR_i – воспринятые компанией преимущества использования технологий распределенной генерации; $COST_i$ –

себестоимость собственной электроэнергии; C_i – затраты на строительство и установку источников распределенной генерации; $MARK_i$ – давление рынка, влияющее на принятие технологий распределенной генерации; TR_i – технологические изменения в отрасли, способствующие принятию технологий распределенной генерации; GR_i – решения регуляторов (органов власти), затрагивающие решения компаний об использовании новых технологий распределенной генерации.

Анализ специфических факторов восприятия технологий распределенной генерации компаниями был проведен и по следующей модели:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 PRDOD_i + \beta_2 KPD_i + \beta_3 USE_i + \beta_4 EASE_i + \beta_5 SEC_i + \beta_6 CON_i + \beta_7 ECO_i + \varepsilon_i \quad (2)$$

где Y_i – показатель восприятия технологий распределенной генерации компаниями (бинарная переменная, где 1 – технологии распределенной генерации приняты для использования компанией; 0 – не приняты); $PRDOD_i$ – наличие побочных продуктов, которые могут быть использованы в качестве топлива; KPD_i – высокий КПД; USE_i – отсутствие затрат на передачу энергии; $EASE_i$ – отсутствие платы за технологическое присоединение к электрическим сетям; SEC_i – существующее соотношение цен на электрическую энергию и природный газ говорит о высоком потенциале газа; CON_i – производство энергии происходит в непосредственной близости от точек потребления, что приводит к снижению потребности в передаче энергии на значительные расстояния; ECO_i – возможность варьировать объемы вырабатываемой электрической и тепловой энергии при изменении экономической ситуации.

С помощью метода максимального правдоподобия были определены стандартизированные и нестандартизированные коэффициенты регрессии. Нестандартизированные коэффициенты использовались для тестирования гипотез, а стандартизированные – для определения факторов, которые в большей степени влияли на принятие технологий распределенной генерации компаниями.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Влияние факторов на принятие технологий распределенной генерации

Регрессионный анализ показал влияние различных факторов принятия технологий распределенной генерации компаниями (внутриорганизационных характеристик компании и факторов влияния внешней среды), а также влияние специфических факторов (табл. 10–12). Мы оценили влияние этих независимых переменных на принятие технологий распределенной генерации, используя метод максимального правдоподобия.

В целом результаты регрессионного анализа подтвердили гипотезы исследования. Модели на основе уравнений (1) и (2) смогли объяснить 63% вариации внутриорганизационных и внешних факторов при принятии технологий распределенной генерации компаниями и 57% вариации специфических факторов.

Моделирование принятия технологий распределенной генерации компаниями (табл. 10) показало, что техническая

Таблица 10
 Принятие технологий распределенной генерации компаниями: влияние внутриорганизационных характеристик и факторов внешней среды

Независимый показатель	Гипотеза	Коэффициент	
		нестандартизированный	стандартизированный
Константа β_0		0,191 (0,0134)	
Внутриорганизационные характеристики			
Техническая выполнимость (интеграция, масштабируемость, инфраструктура, сложность, и т.д.) T_i	1 (а)	0,264*** (0,098)	0,281***
Воспринятые риски (безопасность, инвестиции) RK_i	1 (в)	0,166*** (0,015)	0,185
Воспринятые преимущества и потребность в альтернативных источниках генерации UR_i	1 (г)	0,451** (0,104)	0,454**
Стоимость электроэнергии $COST_i$	1 (д)	0,598*** (0,062)	0,599***
Затраты на строительство и установку источников распределенной генерации C_i	1 (е)	-0,387*** (0,209)	-0,385***
Факторы внешней среды			
Давление рынка $EASE_i$	1 (ж)	-0,196** (0,118)	-0,394**
Технологические изменения в отрасли TR_i	1 (з)	0,153*** (0,201)	0,254***
Решения регуляторов (органов власти), затрагивающие решения компаний об использовании новых технологий GR_i	1 (и)	-0,393*** (0,023)	-0,194***
Скорректированный R^2	—	0,709	
Количество наблюдений	—	69	

* $p < 0,10$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$. В скобках даны стандартные ошибки.

Таблица 11
 Принятие технологий распределенной генерации: влияние специфических факторов

Независимый показатель	Гипотеза	Коэффициент	
		нестандартизированный	стандартизированный
Константа β_0	—	0,216 (0,031)	
Наличие побочных продуктов, которые могут быть использованы в качестве топлива	2 (б)	0,421*** (0,023)	0,419***
Высокий КПД (объект генерации спроектирован с учетом потребности конкретного промышленного производства как в электрической, так и в тепловой энергии)	2 (г)	0,324*** (0,127)	0,327*
Отсутствие затрат на передачу энергии	2 (д)	0,378** (0,212)	0,381***
Отсутствие платы за технологическое присоединение к электрическим сетям (если объект генерации изолирован от энергосистемы)	2 (з)	0,321** (0,041)	0,323
Цена на природный газ более привлекательна, чем на электрическую энергию	2 (ж)	0,016*** (0,091)	0,009***
Возможность изменения объемов вырабатываемой электрической и тепловой энергии при изменении экономической ситуации	2 (и)	0,163* (0,037)	0,168*
Производство энергии в непосредственной близости от точек потребления и, следовательно, снижение потребности в передаче энергии на значительные расстояния	2 (к)	0,211*** (0,009)	0,209***
Скорректированный R^2	—	0,628	
Количество наблюдений	—	69	

* $p < 0,10$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$. В скобках даны стандартные ошибки.

выполнимость ($\beta = 0,264$; $p < 0,05$), сравнительное преимущество использования распределенной генерации ($\beta = 0,451$; $p < 0,10$), стоимость электроэнергии ($\beta = 0,598$; $p < 0,10$) позитивно влияют на принятие технологий распределенной генерации. Воспринятые риски ($\beta = 0,166$; $p = 0,01$) не оказывает значимого влияния на рост числа пользователей распределенной генерацией. Затраты на строительство и установку источников распределенной генерации» ($\beta = -0,387$; $p < 0,10$) оказывают отрицательное влияние на принятие решения об использовании технологий распределенной генерации.

Среди внешних факторов решения регуляторов оказывают значимое влияние на принятие компаниями технологий распределенной генерации ($\beta = 0,393$; $p < 0,05$). Давление рынка и технологические изменения в отрасли оказывают незначительное отрицательное влияние на показатель принятия компаниями технологий распределенной генерации. Таким образом, техническая выполнимость, сравнительное преимущество и стоимость электроэнергии выступают основными факторами роста числа компаний, использующих распределенную генерацию в исследованной выборке.

В табл. 11 приведены результаты регрессионного анализа влияния специфических факторов на процесс принятия технологий распределенной генерации. Содержание гипотез см. выше.

Все специфические факторы оказывали положительный эффект на принятие компаниями технологий распределенной генерации с вероятностью ошибки $p \leq 0,05$. Факторы имели следующие коэффициенты β :

- КПД: $\beta = 0,324$ ($p < 0,01$);
- отсутствие затрат на передачу энергии: $\beta = 0,378$ ($p < 0,05$);
- отсутствие платы за технологическое присоединение к электрическим сетям: $\beta = 0,321$ ($p < 0,05$).

В то же время существующее соотношение цен на электрическую энергию ($\beta = 0,016$; $p > 0,10$) и возможность изменения объемов вырабатываемой электрической и тепловой энергии при изменении экономической ситуации ($\beta = 0,163$; $p > 0,10$) не оказывали значимого влияния.

Результаты анализа барьеров принятия распределенной генерации

Как показал регрессионный анализ, отрицательное влияние на принятие решения о переходе на собственные источники электроэнергии оказывают затраты на строительство и установку источников распределенной генерации, решения регуляторов (органов власти), затрагивающие решения компаний об использовании новых технологий, и давление рынка.

Таблица 12
Частота упоминания барьеров распространения распределенной генерации

Барьер	Упоминание, %
<i>Затраты на строительство и установку источников распределенной генерации</i>	
Существующие тарифы на передачу электроэнергии вместе с правилами оптового рынка препятствуют инвестированию в распределенную генерацию в случаях, если электрическая мощность генерирующей установки составляет 25 МВт и более	74,8
Продажа тепловой энергии для центрального теплоснабжения считается в России нерентабельной из-за низких цен, устанавливаемых государством	66,5
Неопределенность в отношении будущих цен на топливо и электроэнергию и возможности заключения договоров	45,9
Решения регуляторов (органов власти), затрагивающие решения компаний об использовании новых технологий	
Неопределенность в отношении возможных изменений правового поля может оказаться препятствием для инвестиций в распределенную генерацию	74,1
Процесс получения разрешительной документации для объектов генерации средней и большой мощности занимает в России длительное время	37,9
Отсутствие единых технических требований к технологическому присоединению к электрической сети. Процесс длительный, плата за присоединение зачастую очень высока	71,5
Отсутствие единой политики, регламентирующей развитие промышленной распределенной генерации, и конфликт интересов заинтересованных сторон создают помехи при переговорах на предмет получения разрешительной документации	44,7
Энергосервисные компании, работающие по толлинговому контракту, обязаны получить специальное разрешение на использование газа для ввода в эксплуатацию	49,1
Давление рынка	
Согласно законодательству РФ, договора на поставку электроэнергии считаются недействительными до момента ввода установки в эксплуатацию, что повышает риски инвестора	52,9
Промышленные предприятия могут столкнуться с недостатком собственного персонала, компетентного в области энергетики. Существует потребность в установлении профессиональных контактов, обмене опытом и привлечении внешних экспертов	50,7
Для генерирующей установки может оказаться невозможным согласование достаточных лимитов природного газа, отпускаемых ОАО «Газпром» по низкой регулируемой цене	39,7

Для более глубокого понимания барьеров, формирующих отрицательное влияние данных факторов, мы провели полуструктурированные интервью с 14 экспертами, входящими в НП «Совет рынка». Далее мы свели упомянутые экспертами барьеры и частоту их упоминания в табл. 13. Индекс для основных барьеров развития распределенной генерации рассчитан путем суммирования упоминаний индивидуальных пунктов из анкеты. Выявленные барьеры позволяют нам сформулировать меры для развития промышленной распределенной генерации в России на федеральном уровне.

ВЫВОДЫ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Результаты тестирования гипотез

Гипотеза 1 описывала факторы, влияющие на восприятие технологий распределенной генерации компаниями. Гипотеза подтверждена частично для внутриорганизационных факторов:

- а) возможность технического подсоединения ($\beta = 0,264$; $p < 0,05$);
- г) воспринятые преимущества ($\beta = 0,451$; $p < 0,01$);
- д) стоимость электроэнергии ($\beta = 0,598$; $p < 0,05$), и факторов внешней среды: (и) решение регулятора ($\beta = 0,396$; $p < 0,05$).

Негативное влияние на принятие технологий распределенной генерации оказывают:

- е) затраты на строительство и установку источников распределенной генерации ($\beta = -0,387$; $p < 0,01$);
- ж) давление рынка ($\beta = -0,196$; $p < 0,01$).

Гипотеза не подтверждена для факторов:

- з) воспринятые риски ($\beta = 0,166$; $p < 0,01$);
- и) возможность изменения объемов вырабатываемой электрической и тепловой энергии ($\beta = 0,153$; $p < 0,01$)

Согласно гипотезе 2, на восприятие компаниями технологий распределенной генерации оказывают влияние специфические факторы. Эта гипотеза подтверждена частично для общих факторов:

- б) наличие побочных продуктов, которые могут быть использованы в качестве топлива ($\beta = 0,421$; $p < 0,01$);
- г) высокий КПД ($\beta = 0,324$; $p < 0,10$);
- д) отсутствие затрат на передачу энергии ($\beta = 0,316$; $p < 0,01$);

- з) отсутствие платы за технологическое присоединение к электрическим сетям ($\beta = 0,363$; $p < 0,01$).

Не подтверждено влияние факторов:

- ж) существующее соотношение цен на электрическую энергию и природный газ ($\beta = 0,016$; $p < 0,01$);
- з) возможность изменения объемов вырабатываемой электрической и тепловой энергии ($\beta = 0,163$; $p = 0,45$);
- к) снижение потребности в передаче энергии на значительные расстояния ($\beta = 0,211$; $p < 0,01$).

Предложенная нами модель анализа является успешной, описывает различные факторы принятия технологий распределенной генерации компаниями. Стандартизированные коэффициенты не только позволяют протестировать гипотезы, но и могут быть использованы для сравнения влияния раз-

личных характеристик установок распределенной генерации на вероятность принятия их компаниями.

Таким образом, при принятии решения о собственной генерации компаниями основными факторами выступают возможность технического подсоединения ($\beta = 0,421$), воспринятые преимущества ($\beta = 0,363$), стоимость электроэнергии ($\beta = 0,324$) и решение регуляторов ($\beta = -0,309$). Следовательно, для проанализированных компаний возможность технического подсоединения, стоимость электроэнергии и воспринятые преимущества являются критическими факторами принятия решения об использовании технологий распределенной генерации. Фактор риска оказался незначим ($\beta = 0,209$), при проведении глубинных интервью компании этот факт объясняли тем, что системы распределенной генерации сводят возникновение перечисленных неблагоприятных последствий к минимуму. Получение дешевой электрической и тепловой энергии, постепенное наращивание энергетических мощностей, равномерность капиталовложений, быстрое получение энергии для производственных и хозяйственных нужд на сегодняшний день возможны в связи с использованием энергоэффективных решений на базе технологий распределенной генерации.

ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Мы не опрашивали всю генеральную совокупность российских компаний из-за ограниченных возможностей побору данных. Тем не менее наша выборка компаний репрезентативна по секторам, выручке от реализации и размеру компаний. В будущем исследователи могут проанализировать факторы принятия технологий распределенной генерации на большей выборке компаний.

Результаты исследования выборки подтверждают целесообразность комплексной оценки факторов принятия технологий распределенной генерации. В рамках данного исследования выделенные факторы – внутриорганизационные, внешние и специфические – были измерены эмпирически и использованы для анализа принятия технологий распределенной генерации компаниями.

Качественный этап исследований позволил сделать первоначальные выводы о значимости отдельных аспектов принятия технологий распределенной генерации. Так, в соответствии с результатами анализа теоретической базы эмпирически было подтверждено, что при принятии распределенной генерации компаниями наибольшее значение имели стоимость электроэнергии и техническая совместимость на качественном этапе исследования. Большинство респондентов называли именно эти аспекты как наиболее важные.

ЛИТЕРАТУРА

1. Володин Ю. В., Линдер Н. В. (2017). Тарифная политика и перекрестное субсидирование в электро- и теплоэнергетике // Стратегии бизнеса. № 1. С. 37–47.
2. Ворожжихин В. (2013). Организационно-экономические механизмы развития энергетики. Saarbrücken: LAPLAMBERT Academic Publishing. 245 с.

3. Гительман Л.Д. (2013). Экономика и бизнес в электро-энергетике. М.: Экономика. 432 с.
4. Гительман Л.Д., Бокарев Б.А., Гаврилова Т.Б. и др. (2015). Антикризисные решения для региональной энергетики. Экономика региона. № 3. С. 173–188.
5. Долматов И., Золотова И. (2015). Сколько стоит избыточная мощность генераторов? // ЭнергоРынок. № 8. С. 21–28.
6. Журавлева С.Н., Попов К.А., Лисицын И.М. (2014). Развитие системы ценообразования в строительстве объектов электроэнергетики // Надежность и безопасность энергетики. № 15. С. 42–49.
7. Кривошапка И. (2013). Распределенная генерация в России: конкурент большой энергетике или способ залезть в карман потребителей? // Энергетика и промышленность России. № 5 (217).
8. Климовец О.В., Зубакин В.А. (2016) Методы оценки эффективности инвестиций в собственную генерацию в условиях риска // Эффективное Антикризисное Управление. № 2 (95). С. 78–84.
9. Лундер Н.В., Трачук А.В. (2017) Влияние перекрестного субсидирования в электро- и теплоэнергетике на изменение поведения участников оптового и розничного рынков электро- и теплоэнергии // Эффективное Антикризисное Управление. № 2 (101). С. 78–86.
10. Обоскалов В.П., Паниковская Т.Ю. Управление энергопотреблением в конкурентном рынке электроэнергии // ФГБУН «Институт систем энергетики им. А.Л. Мелентьева» Сиб. отд. РАН. URL: <http://www.sei.irk.ru/symp2010/papers/RUS/S4-14r.pdf>.
11. Основные результаты функционирования объектов электроэнергетики в 2015 году (2016)/Под ред. А.В. Черезова. М. 72 с.
12. Рятин И. (2013) Риски «большой» электроэнергетики: уход потребителей на самостоятельное обеспечение электроэнергией как результат недоработки реформы/Энергетический центр Московской школы «Сколково». М. 117 с.
13. Селляхова О., Фатеева Е. (2012) Перекрестное субсидирование и социальная норма электропотребления // Эффективное Антикризисное Управление. № 6. (75). С. 32–79.
14. Стенников В.А., Воронай Н.И. (2014). Централизованная и распределенная генерация – не альтернатива, а интеграция // Известия РАН. Энергетика. № 1. С. 64–73.
15. Селляхова О., Тарновская О., Фатеева Е. и др. (2016) Виртуальная электростанция // Энергорынок. № 2 (137). С. 43–50.
16. Трачук А.В. (2010 а) Реформирование электроэнергетики и развитие конкуренции. М.: Магистр. 280 с.
17. Трачук А.В. (2010 б) Риски роста концентрации на рынке электроэнергии // Энергорынок. № 3. С. 28–32.
18. Трачук А.В. (2011) Реформирование естественных монополий: цели, результаты и направления развития. М.: Экономика. 320 с.
19. Трачук А.В., Лундер Н.В. (2017) Перекрестное субсидирование в электроэнергетике: подходы к моделированию снижения его объемов // Эффективное Антикризисное Управление. № 1 (100). С. 24–35.
20. Трачук А.В., Лундер Н.В., Золотова И.Ю. и др. (2017) Перекрестное субсидирование в электроэнергетике: проблемы и пути решения. СПб.
21. ТЭК России – 2015 (2016) // Аналитический центр при Правительстве Российской Федерации. URL:<http://ac.gov.ru/files/publication/a/9162.pdf>.
22. Ховалова Т.В. (2017). Моделирование эффективности перехода на собственную генерацию // Эффективное Антикризисное Управление. № 3 (102). С. 44–57.
23. Федеральный закон «Об электроэнергетике» от 26.03.2003 № 35-ФЗ // КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_41502/.
24. Assessment of Demand Response and Advanced Metering (2010)/Federal Energy Regulatory Commission, Washington
25. Arndt U., Wagner U. (2003) Energiewirtschaftliche Auswirkungen eines Virtuellen Brennstoffzellen-Kraftwerks // VDI-Berichte 1752, VDI-GET-Fachtagung Stationäre Brennstoffzellen am 01./02.04.2003. Düsseldorf: VDI-Verlag. S. 165–179.
26. Ao-Yang H., Zhe Z., Xiang-Gen Y. (2009) The Research on the Characteristic of Fault Current of Doubly-Fed Induction Generator // Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference; 27–31 March 2009. P. 1–4.
27. Berg A., Krahl S., Paulun T. (2008). Cost-efficient integration of distributed generation into medium voltage networks by optimized network planning // CIRED Seminar 2008: SmartGrids for Distribution. P. 1–4. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/4591855/>.
28. Bhowmik A., Schatz J., Maitra A. et al. (2003). Determination of allowable penetration levels of distributed generation resources based on harmonic limit considerations // IEEE Transactions on Power Delivery. Vol. 18, № 2. P. 619–624.
29. Bresler St. F. (2009) Demand Response in the PJM Electricity Markets // PJM. Vol. 32, № 6. P. 1306–1315.
30. Carley S. (2009) Distributed generation: an empirical analysis of primary motivators // Energy Policy. Vol. 37. P. 1648–1659.
31. Damodaran A. (2008) Strategic Risk Taking: a framework for risk management. New Jersey: Pearson Prentice Hall. 388 p.
32. Davito B., Tai H., Uhlaner R. (2010) The smart grid and the promise of demand-side management // McKinsey & Company. URL: http://www.calmac.com/documents/MoSG_DSM_VF.pdf.
33. Demand Dispatch – Intelligent Demand for a More Efficient Grid (2011)/National Energy Technology Laboratory //U. S. Department of Energy Office of Electricity Delivery and Energy Reliability. URL: https://www.netl.doe.gov/File%20Library/Research/Energy%20Efficiency/smart%20grid/DemandDispatch_08112011.pdf.
34. Demand Side Response: A Discussion Paper (2010)/OFGEM. London.
35. Davis F.D. (1989) Perceived use fullness, perceived ease of use and user acceptance of information technology // MIS Quarterly. Vol. 13, № 3. P. 319–340.
36. Dondi, P., Bayoumi D., Haederli C. et al. (2002) Network integration of distributed power generation // Journal of Power Sources. Vol. 106. P. 1–9.
37. Estimating the Costs and Benefits of the Smart Grid. A Preliminary Estimate of the Investment Requirements and the Resultant Benefits of a Fully Functioning Smart Grid (2011)/The Electric Power Research Institute. Palo Alto.
38. European Technology Platform SmartGrids (2010). Brussels. URL: www.smartgrids.eu/documents/SmartGrids_SDD_FINAL_APRIL2010.pdf.
39. Evaluating Policies in Support of the Deployment of Renewable Power // IRENA. URL: http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Evaluating_policies_in_support_of_the_deployment_of_renewable_power.pdf.
40. Frankel D., Wagner A. (2017) Battery storage: The next disruptive technology in the power sector // McKinsey. URL: <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resource-productivity/our-insights/battery-storage-the-next-disruptive-technology-in-the-power-sector>.
41. Frias, P., Gomez T., Cossent R. et al. (2009) Improvement in current European network regulation to facilitate the integration of distributed generation // Int. J. Electr. Power Energy Syst. Vol. 31. P. 445–451.
42. Faria P., Vale Z. (2011) Demand response in electrical energy supply: An optimal real time pricing approach // Energy. Vol. 36. P. 5374–5384.
43. Flick T., Morehouse J. (2011) Attacking Smart Meters // Securing the Smart Grid: Next Generation Power Grid Security. Boston: Syngress. P. 211–232.
44. GB Demand Response. Report 2 Strategic Issues and Action Planning (2011) // KEMA, Commissioned by the Energy Network Association. URL: http://www.energynetworks.org/modx/assets/files/electricity/futures/smart_meters/KEMA_CUE_Report_Strategic_Issues_and_Action_Planning_March2011.pdf.
45. Global trends in renewable energy investment (2013)/UNEP Collaborating Centre, Frankfurt School of Finance and Management. Frankfurt am Main. URL: http://fs-unep-centre.org/system/files/globaltrendsreportlowres_0.pdf.
46. Grubb M., Jamasb T., Pollitt M. G. (2008) Delivering a Low Carbon Electricity System. Technologies, Economics and Policy. Cambridge: Cambridge University Press. 536 p.
47. Gudi N., Wang L., Devabhaktuni V. (2012) A demand side management based simulation platform incorporating heuristic optimization for management of household appliances // Electrical Power and Energy Systems. Vol. 43. P. 185–193.
48. Haas R., Loew T. (2012) Die Auswirkungen der Energiewende auf die Strommärkte und die Rentabilität von konventionellen Kraftwerken // nachhaltigkeitsbericht. URL: http://www.nachhaltigkeit.wienerstadtwerke.at/fileadmin/user_upload/Downloadbereich/Haas-Loew-Auswirkungen-Energiewende-auf-Energiemaerkte2012.pdf.
49. Hansen C. J., Bower J. (2004) An economic evaluation of small-scale distributed electricity generation technologies/Oxford Institute for Energy Studies. Oxford, 2004.
50. Hogan W. (2010) Demand response pricing in organized wholesale markets/IRC Comments, Demand Reponse Notice of Proposed Rulemaking. FERC Docket RM10-17-000. URL:https://sites.hks.harvard.edu/fs/whogan/Hogan_IRC_DR_051310.pdf.
51. Implementation Proposal for The National Action Plan on Demand Response: Report to Congress Prepared by staff of the Federal Energy Regulatory Commission and the U. S. Department of Energy (2011) // Office of electricity delivery & energy reliability. URL: <https://www.energy.gov/oe/downloads/implementation-proposal-national-action-plan-demand-response-july-2011>
52. Ipakchi A., Albuyeh F. (2009). Grid of the future // IEEE Power and Energy Magazine. Vol. 7, № 2. P. 52–62.
53. Jasim S. Kunz C. Erneuerbare Energien im Strommarkt. Renew Kompakt // Agentur für Erneuerbare Energien. URL: http://www.unendlich-viel-energie.de/media/file/276_AEE_RenewsKompakt_Strommarkt_dez13.pdf.
54. Jiang B., Fei Y. (2011) Dynamic Residential Demand Response and Distributed Generation Management in Smart Microgrid with Hierarchical Agents // Energy Procedia. Vol. 12. P. 76–90.
55. Kazemi A., Sadeghi M. (2009). Distributed generation allocation for loss reduction and voltage improvement // Power and Energy Engineering Conference, 2009. APPEEC 2009. Asia-Pacific.
56. Kumpulainen L., Kauhaniemi K. (2004). Analysis of the impact of distributed generation on automatic reclosing // Power Systems Conference and Exposition, 2004. IEEE PES. P. 603–608.
57. Li H., Leite H. (2008). Increasing distributed generation using automatic voltage reference setting technique // IEEE PES General Meeting – Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century, 2008 IEEE. 20 Jul 2008–24 Jul 2008. P. 1–7.
58. Lujano-Rojas J. M., Monteiro C., Duflo-Lopez R. et al. (2012) Optimum residential load management strategy for real time pricing demand response programs // Energy Policy. Vol. 45. P. 671–679.
59. Markets (2010)/Mossavar-Rahmani Center for Business and Government, John F. Kennedy School of Government Harvard University. Cambridge, MA.
60. McDonald J. (2008) Adaptive intelligent power systems: active distribution networks // Energy Policy. Vol. 36. P. 4346–4351.
61. Mietzner D., Reger G. (2005) Advantages and disadvantages of scenario approaches for strategic foresight // International Journal of Technology Intelligence and Planning. Vol. 1, № 2. P. 220–239.
62. Modelling Load Shifting Using Electric Vehicles in a Smart Grid Environment: Working paper/OECD/IEA. (2010) // IEA. URL: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/modelling-load-shifting-using-electric-vehicles-in-a-smart-grid-environment.html>.
63. Molla A., Licker P.S. (2002) PERM: A Model of e-Commerce Adoption in Developing Countries // Issues and Trends of Information Technology Management in

- Contemporary Organizations/Ed. M. Khosrowpour. Seattle: Idea Group Publishing. P. 527–530.
64. *Molla A., Licker P.S.* (2005) Perceived e-Readiness Factors in e-Commerce Adoption: An Empirical Investigation in a Developing Country // *International Journal of Electronic Commerce*. Vol. 10, № 1. P. 83–110.
65. *National Action Plan on Demand Response* (2010)/Federal Energy Regulatory Commission, Washington.
66. *Pontikakis D., Lin Y., Demirbas D.* (2006) History matters in Greece: The adoption of Internet-enabled computers by small and medium sized enterprises // *Inf. Econ. Policy*. Vol. 18. P. 332–358.
67. *Pepermans G., Driesen J., Haeseldonckx D. et al.* (2005) Distributed Generation: definition, benefits and issues // *Energy Policy*. Vol. 33. P. 787–798.
68. *Picciariello A., J. Reneses, P. Frias, L. Söder* (2015). Distributed generation and distribution pricing: Why do we need new tariff design methodologies? // *Electricpower systems research*. Vol. 119. P. 370–376.
69. *Picciariello A., Vergara C., Reneses J. et al.* (2015). Electricity distribution tariffs and distributed generation: Quantifying cross-subsidies from consumers to prosumers // *Utilities Policy*. Vol. 37. P. 23–33.
70. *Izadkhast S., Garcia-Gonzalez P., Frias P. et al.* (2016). An aggregate model of plug-in electric vehicles including distribution network characteristics for primary frequency control // *IEEE Transactions on Power Systems*. Vol. 31, № 4. P. 2987–2998.
71. *Samuelson S.* (2010). Development and Analysis of a Progressively Smarter Distribution System // *CSI RD&D Grant Solicitation Package: PV Grid Integration*. UC–Irvine Advanced Power and Energy Program/PG&E. Leiden, theNetherlands 9–11 September 2010.
72. *Seo H., Park M., Kim G. et al.* (2007). A study on the performance analysis of the grid-connected pv-af system // *Proceeding of International Conference on Electrical Machines and Systems*. Toronto, Ontario, Canada 1–3 November 2007/TheInstituteofElectricalandElectronicsEngineers, Inc. Toronto.
73. *Subhes C.* (2011) *Bhattacharyya Energy Economics Concepts, Issues, Markets and Governance/University of Dundee*. London: Springer. 645 p.
74. *Wu J.* (2009). Control technologies in distributed generation system based on renewable energy // *3rd International Conference on Power Electronics Systems and Applications*. 20–22 May 2009/PESA. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/document/5228652/>.
75. *Walczuch R., VanBraven G., Lundgren H.* (2000) Internet adoption barriers for small firms in the Netherlands // *Eur. Manag. J.* Vol. 18. P. 561–572.
76. *Yingyuan Z., Liuchen C., Meiqin M. et al.* (2008). «Study of energy management system for distributed generation systems // *3rd International Conference on Deregulation and Restructuring and Power Technologies*. P. 2465–2469. URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/mostRecentIssue.jsp?punumber=4511470>.
77. *You S., Jin L., Hu J. et al.* (2015). The Danish Perspective of Energy Internet: From Service-oriented Flexibility Trading to Integrated Design, Planning and Operation of Multiple Cross-sectoral Energy Systems // *ZhongguoDianjiGongchengXuebao*. Vol. 35, № 14. P. 3470–3481.
78. *Zhang X.P.* (2008). A framework for operation and control of smart grids with distributed generation // *Power and Energy and Society General Meeting–Conversion and Delivery of Electrical Energy in the 21st Century* Pittsburgh. P. 1–5.

ПОДПИСАТЬСЯ НА ЖУРНАЛ

стратегические решения & риск-менеджмент

Подписка через редакцию

СТОИМОСТЬ ПОДПИСКИ:

на 6 месяцев – 1180 рублей (2 номера)

на 12 месяцев – 2360 рублей (4 номера)

В стоимость включены почтовая доставка и НДС

на PDF-версию на год (с НДС) – 1416 руб. (журнал будет приходить на ваш mail).

Всем студентам и преподавателям скидка 50% при подписке на печатную или PDF-версию журнала

Подписка через агентства.

- Агентство «Роспечать», каталог «Газеты. Журналы» – подписной индекс 33222 Интернет-магазин подписки на периодику Presscafe
- Агентство «АРЗИ», каталог «Пресса России» – подписной индекс 88671 Подписка на журналы и газеты через интернет-каталог
- Агентство «МАП», каталог «Почта России» – подписной индекс 35851 Онлайн-версия: каталог российской прессы «Почта России»
- Агентство ООО «Урал-Пресс» во всех регионах РФ Подписка на электронную версию через сайт Delpress.ru, ЛитРес, Пресса.ру
- Агентство ЗАО «ПРЕССИНФОРМ», г. Санкт-Петербург

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ:

ТЕЛ. +7 (812) 346-50-15 (-16)

ФАКС: +7 (812) 325-20-99

Е-MAIL: podpiska@jsdrm.ru

WWW. jsdrm.ru

