

**Г.Г. НАЛБАНДЯН**

Аспирант Департамента менеджмента, ассистент ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Область научных интересов: стратегии развития промышленных компаний, выход компаний на международные рынки, межфирменное сотрудничество, трансформация моделей бизнеса.

E-mail: GGNalbandyan@fa.ru

**С.С. ЖОЛНЕРЧИК**

К.э.н., доцент. Область научных интересов: оценка принятия управленческих решений, экономика и управление электроэнергетической отраслью, эффективность энергетических компаний

E-mail: 6479585@mail.ru

# КЛЮЧЕВЫЕ ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ<sup>1</sup>

**АННОТАЦИЯ**

Снижение стоимости технологий распределенной генерации влечет за собой все большую децентрализацию производства электроэнергии и масштабное развитие распределенных источников во всем мире. Эта тенденция ключевым образом меняет как характеристики потребления электроэнергии – оно становится все более гибким и мобильным, так и модели поведения потребителей на рынке электроэнергии. Потребители электроэнергии при реализации проектов распределенной генерации одновременно становятся ее поставщиками, что не соответствует существующим в нашей стране нормам регулирования рынка электроэнергии.

Цель статьи – оценить влияние распределенной генерации на экономику как предприятий, так и страны в целом на основании анализа применения указанной генерации.

Для выявления эффектов внедрения технологий распределенной генерации использован метод анализа практических кейсов. Эмпирический анализ проводился на базе двенадцати российских компаний, которые используют собственные источники энергии. Выбранные для исследования компании принадлежат к отраслям промышленного производства, ЖКХ, розничной торговли, строительства, пищевой промышленности.

В результате проведенного исследования были выявлены технологические, экономические и социальные эффекты. К технологическим эффектам можно отнести: повышение надежности энергоснабжения потребителей; энергобезопасность за счет внедрения бестопливных технологий и расширения номенклатуры видов топлива, вовлечения местных энергоресурсов, снижения зависимости от привозных видов топлива;

оптимизация управления нагрузкой и создание необходимых технологических резервов с учетом производственных циклов конкретного предприятия; обеспечение технологической составляющей функции гибкости «умных сетей» (в части генерации); снижение нагрузки на окружающую среду, в том числе выбросов CO<sub>2</sub>. К экономическим и социальным эффектам относятся: энергоэффективность за счет ряда факторов, в частности оптимизации графика нагрузки; применение когенерации, сочетание видов топлива, в том числе продуктов и отходов основного производства; обеспечение потребителей электроэнергией заданного качества; снижение технологических потерь в сетях, соответствующее снижение стоимости электроэнергии; повышение доступности энергоснабжения для потребителей, в том числе находящихся на изолированных территориях, вне Единой энергосистемы страны.

Выявленные в процессе исследования эффекты внедрения технологий распределенной генерации позволяют говорить о преимуществах такой генерации. В заключение формулируются рекомендации относительно комплекса мер для развития распределенной генерации в России.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА**

ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, РАСПРЕДЕЛЕННАЯ ГЕНЕРАЦИЯ, ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ, ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННАЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА, КОГЕНЕРАЦИЯ, ТРИГЕНЕРАЦИЯ

**ВВЕДЕНИЕ**

Сегодня ключевой характеристикой развития электроэнергетической отрасли является существенное снижение стоимости установок источников распределенной генерации, в том числе возобновляемых источников электроэнергии. Такие источники позволяют проводить децентрализацию производства электроэнергии и масштабное развитие распределенных источников во всем мире [Трачук А.В., Линдер Н.В., Зубакин В.А. и др., 2017]. Эта тенденция ключевым образом меняет как характеристики потребления электроэнергии, так и модели поведения потребителей на рынке электроэнергии. Потребление становится все более гибким и мобильным. Потребители электроэнергии могут одновременно становиться ее поставщиками, что требует, в свою очередь, пересмотра норм сложившейся системы регулирования рынка электроэнергии (EnergyDemocracy) [Faria P., Vale Z., 2011; Волкова И.О., Сальникова Е.А., Шувалова Д.Г., 2011; Трачук А.В., Линдер Н.В., 2017].

Генерирующие мощности разных категорий имеют свои преимущества и недостатки в определенных экономических условиях. В данном исследовании поставлена цель:

- провести анализ тенденций развития малой (распределенной) генерации;
- определить основные категории объектов малой и средней генерации, которые принадлежат не электроэнергетическим компаниям, а потребителям;
- исследовать эффекты реализации проектов распределенной генерации;
- оценить эффект масштабного применения распределенной генерации для страны в целом и рекомендовать ряд мер и действий для развития промышленной распределенной генерации в России.

**ТЕХНОЛОГИИ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ**

В литературе часто противопоставляется собственная генерация компаний-потребителей и централизованное энергоснабжение [Hansen C.J., Bower J., 2004; A A., Hawkes A., 2004; Трачук А.В., 2010 а]. Вместе с тем, генерирующие

мощности разных категорий в определенных экономических условиях имеют свои преимущества и недостатки.

В большинстве исследований распределенная генерация понимается как выработка электроэнергии множеством местных потребителей, которые производят тепловую и электрическую энергию для собственных нужд, а профицит направляют в энергосистему через общую сетевую инфраструктуру [Селляхова О., 2012; Трачук А.В., 2010 б]. Основные определения распределенной генерации в мировой практике приведены в табл. 1.

**Технологии распределенной генерации.** Технологии распределенной генерации, как правило, предназначены для установок малой мощности (до 25 МВт), включая возобновляемые источники электроэнергии (ВИЭ). Наиболее полная классификация технологий распределенной генерации приведена в работе [Стенникова В.А., Воропай Н.И., 2014] (рис. 1).

Рис. 1. Состав технологий распределенной генерации [Стенникова В.А., Воропай Н.И., 2014].



Анализ показывает, что большинство технологий, используемых для установок распределенной генерации, основано на прямом сжигании твердого топлива (угля, биомассы и твердых бытовых отходов). Сжигание природного газа используют газотурбинные установки, газопоршневые агрегаты, парогазовые и другие установки. Ветряные электростанции, малые гидроэлектростанции, солнечные электростанции и фотоэлектрические установки, станции солнечного теплоснабжения, а также гибридные установки задействуют соответствующие возобновляемые источники

Таблица 1

Определения понятия распределенной генерации

Источник	Определение
Всемирный Союз распределенной энергетики	Распределенная генерация (Distributed Generation) часто используется наравне с термином «децентрализованная энергетика» (Decentralized Energy). При этом под термином «распределенная генерация» понимается только генерация электроэнергии, в то время как «децентрализованная энергетика» включает в себя производство и тепловой энергии, и электроэнергии. [McDonald, 2005]
Международное энергетическое агентство	«Распределенная генерация – это генерирующий объект, вырабатывающий электроэнергию в месте нахождения потребителя или обеспечивающий поддержку распределительной сети, подключенный к сети при напряжении уровня распределения» [IEA, 2002].
Союз распределенной энергетики Америки	«Распределенная генерация – это генерирующий объект малой мощности с использованием технологий любого типа, производящий электроэнергию ближе к потребителю по сравнению с генерирующими объектами централизованного энергоснабжения» [Rújula et al., 2005].
Министерство энергетики США	«Распределенная генерация – модульные генерирующие объекты малой мощности, расположенные вблизи от потребителя, – позволяет избежать дорогостоящих инвестиций в системы передачи и распределения, а также обеспечивает надежную подачу электроэнергии лучшего качества» [Rújula, 2005.]

<sup>1</sup> 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

энергии. Тепловые насосы используют низкопотенциальное тепло как для теплоснабжения, так и для холодоснабжения. Атомные станции малой мощности как автономные источники электрической и тепловой энергии используются в изолированных энергорайонах.

Перспективными представляются топливные элементы, включающие газопоршневые агрегаты, микротурбины, двигатели Стирлинга, накопители энергии (химические, инерционные, гравитационные и другие), роторно-лопастные двигатели, чиллеры (аппараты для охлаждения воздуха).

Основные источники распределенной генерации имеют разные технические характеристики (табл. 2) и разную экономическую эффективность как технологические направления, так:

- двигатели на газовом топливе (газотурбинные установки, микротурбины, парогазовые установки малой мощности, газопоршневые двигатели внутреннего сгорания) отличаются высоким качеством и обеспечивают эффективность энергоснабжения;
- роторно-лопастные двигатели внешнего сгорания на других видах топлива, как и технологии получения газового топлива на месте производства электроэнергии, обеспечивают снижение топливных рисков и затрат относительно тарифицированных видов электроснабжения;
- малые когенерационные установки дают возможность повысить коэффициент полезного использования топлива до 80–90 процентов;
- топливные элементы нового поколения (в частности, область развития – водородная энергетика) эффективны при снабжении изолированных территорий и мобильных потребителей.

Распределенная генерация наиболее часто используется:

- в качестве автономных источников электроэнергии, тепла (в режиме когенерации) и холода (в режиме тригенерации);
- для снятия пиковых нагрузок в режимах параллельной работы с системой централизованного энергоснабжения;
- в проектах ко- и тригенерации, основанных на использовании альтернативного топлива: биогаза, попутного нефтяного газа, шахтного метана и других видов;

– в проектах со специфическими требованиями по качеству энергии, надежности, срокам запуска, экологии, которые в конкретных условиях не могут быть обеспечены централизованными энергосистемами [McDonald, 2005; Трачук, 2011 а].

**Автономные источники.** Распределенную генерацию на базе автономных источников используют промышленные предприятия, офисные центры, объекты социальной инфраструктуры в случае, если централизованное технологическое присоединение недоступно по каким-либо причинам. К таким причинам относятся, в частности: территориальная удаленность объектов, дефицит установленной мощности в регионе, ограниченная пропускная способность сетевой инфраструктуры. Кроме того, централизованное электроснабжение может быть экономически неэффективно (высокая цена за присоединение, высокие тарифы, другие причины) или может не соответствовать требованиям потребителя по срокам присоединения с учетом планов реконструкции и развития сетей и генерации. В связи с этим новые или реконструируемые средние и малые предприятия различных отраслей все чаще выбирают распределенную генерацию в качестве альтернативы присоединения к сетям энергосистемы страны.

Распределенные системы, в том числе объединенные в локальную сеть, могут использоваться для энергоснабжения комплексно застраиваемых микрорайонов и даже городов, возводимых в рамках национальной программы «Доступное и комфортное жилье» [Энергоэффективный мегаполис – Smart City «Новая Москва», 2015]. Такое строительство может планироваться на территориях, не обеспеченных соответствующей инфраструктурой. Распределенная генерация позволяет вводить энергетические мощности поэтапно, по мере роста электропотребления, например для механизации строительных работ или в соответствии с очередностью ввода в эксплуатацию жилых и инфраструктурных объектов [Decentralised generation, 2002]. Таким образом обеспечивается эффективность инвестиций, снижаются риски простоя во время работ.

**Параллельная работа с энергосистемой.** При изменении объемов производства или перепрофилировании объекта, особенно при неравномерном суточном профиле потребления энергии, возможен как дефицит, так и профицит поставок электроэнергии от центральной энергосистемы.

Таблица 2  
Основные технические характеристики источников распределенной генерации

Характеристика	Дизельный генератор	Газотурбинная установка	Парогазовая установка	Малые ГЭС	Солнечная установка	Ветряной генератор
Топливо	Продукты переработки нефти	Природный и биогаз	Природный и биогаз	Энергия воды	Энергия солнечного света	Энергия ветра
Возможность работы по графику	Возможна	Возможна	Возможна	Возможна	Ограничена	Ограничена
Возможность регулирования	Высокая	Высокая	Высокая	Низкая	Низкая	Низкая
Установленная мощность, МВт	От 6	0,1–30 и более	0,3–10	0,1–30	До 3	0,1–2,5
КПД, %	30–45	30–45	20–40	30–50	6–30	1–35

Таблица 2  
Основные технические характеристики источников распределенной генерации

Компания	Оборудование и/или технология	Распределенная генерация	
		Отрасль/основные эффекты	
<b>ЖКХ</b>			
ОАО «Мытищинская теплосеть», Мытищи	Когенерация	Создание городского коммунального рынка энергообеспечения; развитие и экономически эффективное использование децентрализованных источников; доступ потребителей к более дешевой тепловой и электрической энергии; обеспечение потребности города в дополнительных мощностях; аварийное снабжение жизненно важных объектов городской инфраструктуры; решение экологических проблем; оптимизация графика нагрузки, снижение технологических потерь в процессе распределения энергии; применение когенерации, сочетание видов топлива	
<b>Розничная торговля</b>			
ЗАО «Аптеки 36,6», Москва	12 микротурбин Capstone, тригенерация	Обеспечение нужд нового административного здания и складских помещений: налаженное аварийное снабжение; обеспечение прогнозируемых затрат на энергоснабжение; снижение затрат на электроэнергию; оптимизация графика нагрузки, снижение технологических потерь в процессе распределения энергии	
<b>Крупномасштабное строительство</b>			
Московский международный деловой центр «Москва-Сити», Москва	Газотурбинная установка (ГТУ) OPRA, вторая очередь мини-ТЭЦ (вторая ГТУ OPRA мощностью 1,8 МВт), микротурбины	Энергоснабжение механизации строительства; стабильная поставка высококачественной электроэнергии от микротурбин; мониторинг состояния электрической сети; возможность работы микротурбин в автономном режиме; питание системы бесперебойного энергоснабжения	
<b>Нефтегазовая промышленность</b>			
ОАО «Оренбургнефть» (Вахитовское нефтяное месторождение)	6 энергоблоков OPRA, автономный режим	Использование попутного нефтяного газа; обеспечение инфраструктуры месторождения дешевой энергией; отсутствие необходимости строить объекты газосбора, трубопроводы, компрессорные станции; низкий уровень выбросов в атмосферу, соблюдение экологических требований	
ООО «Лукойл-север» (Тэдинское нефтяное месторождение)	2 ГТУ OPRA, когенерация	Использование попутного нефтяного газа – вовлечение местных энергоресурсов, обеспечение инфраструктуры месторождения дешевой энергией; отсутствие необходимости строить объекты газосбора, трубопроводы, компрессорные станции; низкий уровень выбросов в атмосферу, соблюдение экологических требований, снижение нагрузки на окружающую среду	
ООО «Нарьянмарнефтегаз» (Тобойское нефтяное месторождение)	Мобильная электростанция на базе 2 микротурбин Capstone C60 общей мощностью 120 кВт, параллельный режим (дизельный генератор)	Автономное энергоснабжение объектов инфраструктуры месторождения; сравнительно простая установка и эксплуатация энергоблока; оптимальное число согласований в контролирующих органах; экономичное обслуживание и ремонт в условиях открытой площадки; снижение нагрузки на окружающую среду	
<b>Пищевая промышленность</b>			
ООО «АМА» (кондитерская фабрика), Московская область, Долгопрудный	Электростанция на базе 6 микротурбин Capstone, тригенерация	Налаженное аварийное снабжение; обеспечение прогнозируемых затрат на энергоснабжение; снижение затрат на электроэнергию; оптимизация графика нагрузки в зависимости от производственного цикла; снижение технологических потерь в процессе распределения энергии	
<b>Санаторно-курортное обслуживание</b>			
Горнолыжный курорт «Игора», Ленинградская область	Электростанция на базе 30 микротурбин Capstone C60 и 8 микротурбин Capstone C65, под управлением сервера Capstone CPS-100	Обеспечение экологических стандартов: малые выбросы, низкий уровень шума генерирующего оборудования; использование энергии выхлопных газов турбин для получения тепла – снижение нагрузки на окружающую среду; экономия затрат на электроэнергию за счет ряда факторов	
Горнолыжный курорт «Красная Поляна», Адлерский район, село Эсто-Садок	6 ГТУ OPRA мощностью 1,8 МВт	Постоянное, бесперебойное электроснабжение. Обеспечение экологических стандартов: низкий уровень выбросов, низкий уровень шума. Обеспечение сейсмостойкости до 9 (MSK-64)	
<b>Производство</b>			
ООО «Ека-97» (завод нетканых материалов), Рязань	Распределенная электростанция на базе 6 микротурбин Capstone C 60 общей мощностью 360 кВт	Возможность постепенного наращивания энергетических мощностей; качество и надежность поставок электроэнергии; снижение производственных издержек и затрат на электро- и теплоэнергию; оптимизация графика нагрузки, снижение технологических потерь в процессе распределения энергии; оптимизация управления нагрузкой и создание необходимых технологических резервов с учетом производственных циклов	
<b>Связь</b>			
ОАО «Уралсвязьинформ» (радиорелейная станция связи), Ханты-Мансийск	Микротурбины Capstone C30 мощностью 30 кВт, когенерация, тригенерация	Эффективное электроснабжение, поставки тепла и холода для потребителей, не подключенных к централизованной электрической сети; комплектация с учетом потребностей предприятия; удобная транспортировка и обслуживание; сокращение затрат на электроснабжение	

мы. Во время пиковых нагрузок распределенная система может передавать излишки мощности при присоединении к центральной энергосистеме и наоборот, экономически эффективно может оказаться проектировать мощности распределенных систем, исходя из величины постоянного потребления, а пиковые нагрузки покрывать за счет центральной энергосистемы.

**Когенерация и тригенерация.** Когенерация – процесс совместной выработки электроэнергии и тепла с использованием единого источника первичной энергии (в случае тригенерации добавляется выработка холода). Когенерация является наиболее эффективным решением, если проводится реконструкция котельных, которые переводят на газ или перепрофилируют в мини-ТЭЦ. Когенерация и тригенерация – это одно из самых экономичных решений для энергоснабжения офисных зданий, торгово-развлекательных центров, спортивных сооружений [Ackermann T., Anderson G., Soeder L., 2001].

При реализации указанных технологий могут использоваться альтернативные виды топлива. Как правило, они используются при решении комплексной задачи: улучшения экологической ситуации и удовлетворения собственных потребностей предприятий в тепло- и электроэнергии. Например, попутный нефтяной газ – при обустройстве новых нефтяных месторождений, шахтный метан – при создании эффективных систем взрывобезопасности, биогаз – при улучшении экологической ситуации в районах городских свалок и очистных сооружений.

**Специализированные решения.** Специализированные решения при проектировании систем распределенной генерации могут применяться в зависимости от отрасли и особенностей территории, на которой расположено предприятие. Так, при энергоснабжении теплиц может выделяться при генерации углекислый газ; животноводческие фермы используют биогаз; экономная тригенерация эффективна при энергоснабжении бассейнов и аквапарков. Необходимость соблюдения жестких экологических требований по выбросам вредных веществ, шуму, вибрациям на горнолыжных курортах и в охотничьих хозяйствах приводят к использованию при проектировании системы распределенной генерации специального оборудования. То же касается мобильных источников энергии, особенностей энергоснабжения удаленных необслуживаемых энергосистем, таких, как радиорелейные станции на линиях дальней связи, системы химзащиты трубопроводов, метеостанции.

**Технические решения – микротурбины и турбины малой мощности.**

В течение продолжительного времени, с 60-х до 90-х годов XX века, масштабное строительство распределенных энергетических систем сдерживалось, в частности, отсутствием адекватной технологической базы. Практической реализации концепции распределенных систем генерации содействовало коммерческое производство совершенно нового класса энергетического оборудования – микротурбин (15 кВт – 1 МВт) и радиальных турбин малой мощности (2 МВт). В настоящее время некоторым международным компаниям удалось наладить массовый выпуск надежных, простых и относительно недорогих газовых малых и микротурбин [Massel A., Massel L., 2015]. Проектирование подобной

генерации осуществляется в соответствии со специфическими требованиями конкретных потребителей, энергоблоки комплектуются в зависимости от целей, задач и вариантов использования, в том числе для выработки тепла и охлаждения.

Основными достоинствами малых и микротурбин являются компактность, соответствие экологическим требованиям, низкий уровень шума и вибраций, техническая возможность оперативного изменения нагрузки без существенного снижения КПД, высокая надежность, а также большая эффективность в режимах когенерации и тригенерации по сравнению с оборудованием других классов. [Ховалова Т. В., 2017]. Эти и другие характеристики повлияли на увеличение скорости распространения малой и средней генерации в мире [European Smart Grid, 2006]. Так, например, в странах ЕС распределенная генерация составляет в среднем около 10% от общего объема производства электроэнергии.

В США эксплуатируется около 12 млн установок малой распределенной генерации (мощность отдельных установок – до 60 МВт, общая установленная мощность – свыше 220 ГВт, прирост – порядка 5 ГВт в год). Часть объектов распределенной генерации используется как аварийный резерв (около 84 ГВт) в случае аварийных перерывов электроснабжения, остальные используются в качестве основного источника электроснабжения. Коалиция распределенной энергетики США (The Distributed Power Coalition of America) прогнозирует, что в ближайшие два десятилетия 20% новых генерирующих мощностей будут объектами распределенной генерации [Grid 2030, 2003].

## МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исходя из вышеизложенного, нами сформулирован исследовательский вопрос: «Какие эффекты от внедрения распределенной генерации оказывают влияние на деятельность компаний различных отраслей и как они могут повлиять на экономику России?»

Эмпирический анализ проводился на базе 12 российских компаний, которые работают в разных отраслях (промышленное производство, ЖКХ, розничная торговля, строительство, пищевая промышленность) и каждая из которых использует собственную генерацию.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ: ЭФФЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ

Исходные данные для исследования приведены в табл. 3. **Эффекты применения распределенной генерации для предприятий**

С помощью анализа представленных данных выявлен ряд эффектов внедрения распределенной генерации для предприятий различных отраслей. При проведении исследования не ставилась задача оценить влияние масштабного внедрения распределенной генерации на рынок электроэнергии (мощности).

Выявленные эффекты можно обобщить и разделить на две большие группы.

Таблица 3  
Эффекты внедрения распределенной генерации на предприятиях различных отраслей

Результаты применения распределенной генерации	Оценка эффекта применения распределенной генерации для страны
Энергоэффективность	Экономия энергоресурсов на государственном уровне, обеспечение конкурентоспособности экономики страны
Использование локальных энергетических ресурсов	Повышение конкурентоспособности страны, оптимизация потребления энергоресурсов, поддержание энергобезопасности страны
Повышение надежности энергоснабжения	Повышение эффективности работы предприятий и соответствующей налоговой базы, снижение государственных расходов на устранение последствий аварий в электроэнергетике, повышение социальной стабильности
Использование высокотехнологичного оборудования	Рост инвестиций в инновационные сферы исследований и производства в энергомашиностроении и электротехнической промышленности страны
Снижение объемов инвестиций, необходимых для поддержания и развития сетевой инфраструктуры	Снижение тарифной нагрузки на потребителей, поддержание социальной стабильности

К технологическим эффектам можно отнести:

- повышение надежности энергоснабжения потребителей (в случае, если распределенная генерация присоединена к централизованному энергоснабжению, то в аварийных ситуациях такая система поддерживает надежность электроснабжения, снижает или предотвращает ущерб);
- энергобезопасность за счет внедрения бестопливных технологий и расширения номенклатуры видов топлива, вовлечения местных энергоресурсов, снижения зависимости от привозных видов топлива;
- оптимизация управления нагрузкой и создание необходимых технологических резервов с учетом производственных циклов конкретного предприятия;
- обеспечение технологической составляющей функции гибкости «умных сетей» (в части генерации);
- снижение нагрузки на окружающую среду, в том числе выбросов CO<sub>2</sub> (значимо снижение выбросов углекислого газа и иных загрязняющих веществ (CO, SO<sub>2</sub> ...) в атмосферу, в частности для санаторно-курортной отрасли в целом и нефтегазовой отрасли при сжигании попутного нефтяного газа «на факелах»).

К экономическим и социальным эффектам отнесены:

- энергоэффективность за счет следующих факторов: оптимизация графика нагрузки, снижение технологических потерь в процессе распределения энергии, (размещение объектов распределенной генерации в территориальной близости от потребителя позволяет обходиться без сооружения региональных электростанций и реко струкции или строительства сетевой инфраструктуры);
- для собственников распределенной генерации себестоимость энергии обычно ниже регулируемых тарифов на электроэнергию для предприятий, затраты на эксплуатацию установок стабильны и хорошо прогнозируются, что позволяет осуществлять долгосрочное планирование производства; присоединение к системе централизованного энергоснабжения при этом осуществляется на основании расчетов, в которых учитывается как плата за технологическое присоединение, так и оценка рисков снижения надежности электроснабжения);

- применение когенерации, сочетание видов топлива (общий КПД современной установки комбинированного производства электрической и тепловой энергии составляет 85–90%, в то время как при традиционном использовании вырабатываемой только электроэнергию конденсационной электростанции более половины выделяемой при сгорании топлива энергии теряется за счет отведения излишков тепла в окружающую среду);
- за счет когенерации КПД производства энергии и тепла увеличивается на 30%, что особенно привлекательно в случаях, когда предприятие обладает побочными продуктами, которые служат топливом для генерации; эффективные и испытанные технологии комбинированного производства электрической энергии и тепловой энергии могут быть использованы в объектах любого масштаба);
- обеспечение потребителей электроэнергией заданного качества;
- снижение технологических потерь в сетях, соответствующее снижение стоимости электроэнергии;
- оптимизация, в ряде случаев существенная экономия, стоимости электроэнергии за счет ряда факторов (отсутствие платы за технологическое присоединение, оптимизация топливной составляющей, минимизация инвестиций в сетевую инфраструктуру, применение инновационных технологий, применение специализированных технологических решений для конкретного предприятия; при этом соответствующая инвестиционная составляющая в тарифе на электроэнергию отсутствует, то есть тарифная нагрузка в части инвестиционных программ сетевого комплекса на всех потребителей региона снижается);
- повышение доступности энергоснабжения для потребителей, в том числе находящихся на изолированных территориях, вне Единой энергосистемы страны.

Следует отметить, что проекты распределенной генерации могут быть экономически целесообразны при любом их масштабе [Трачук, 2011 б], но в настоящее время производство энергии на объектах распределенной генерации, имеющих статус участника оптового рынка, представляется невыгодным потребителям, поскольку действующие пра-

вила обязывают продавать генерируемую электроэнергию на оптовый рынок, покупая ее для потребления, то есть оплачивая услуги инфраструктурных организаций. Вследствие этого рентабельность объектов распределенной генерации обеспечивается при изолированном режиме работы. Проекты распределенной генерации электрической мощностью меньше 25 МВт, как правило, признаются экономически целесообразными (с учетом региональных различий). То есть развитие распределенной генерации требует корректировки регуляторной среды, что будет отмечено в выводах.

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ, ЭКОНОМИЧЕСКИХ И СОЦИАЛЬНЫХ ЭФФЕКТОВ ПРИМЕНЕНИЯ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА ЭКОНОМИКУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Эффекты применения распределенной генерации для предприятий, выявленные в ходе исследования, могут оказать влияние на экономику страны в целом, как в настоящее время, так и в будущем. По мере увеличения масштабов распределенной генерации будут увеличиваться и эффекты. Часть эффектов транслируется непосредственно с уровня предприятия, часть возникает в масштабе страны.

При этом база данных для исследования не позволяет количественно оценить все возможные эффекты масштаба и риски такого влияния, но позволяет указать на определенные тренды, которые приведены ниже.

Таким образом страновые эффекты, достигаемые в результате внедрения распределенной генерации, позволяют сделать вывод об эффективности реорганизации российской электроэнергетики как организационной и бизнес-системы в сеть интегрированных в Единую энергосистему локализованных кластеров производителей и потребителей энергии, которые могут использовать общую инфраструктуру и поддерживать надежное электроснабжение в масштабах страны. Основой такой парадигмы в электроэнергетике является распределенная генерация.

Безусловно, соответствующее изменение регуляторной среды требует предварительной количественной и качественной оценки стоимости и последствий такого преобразования.

## ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

По результатам проведенного исследования можно рекомендовать ряд мер для развития промышленной распределенной генерации в России.

В среднесрочном периоде:

- разработку стратегии развития распределенной генерации в Российской Федерации, в том числе с учетом реализации проектов комбинированной выработки элект-

рической энергии и тепловой энергии.

В краткосрочном периоде:

- корректирование регуляторной среды, в частности правил, согласно которым присоединенные к сети электростанции мощностью 25 МВт и более обязаны продавать электроэнергию на оптовом рынке, что препятствует развитию распределенной генерации, повышению порога уровня мощности таких станций;
- упрощение процедуры получения разрешительной документации для реализации проектов распределенной генерации;
- создание законодательных условий, допускающих вступление в силу договоров поставки природного газа и электрической энергии до ввода объекта в эксплуатацию;
- проведение информационных кампаний и разработка программ мотивации, повышение уровня осведомленности заинтересованных лиц;
- обеспечение стабильности регуляторной среды после ее формирования для поддержания и развития распределенной генерации, что будет способствовать снижению инвестиционных рисков по отдельным проектам и повышению стабильности энергетических рынков в целом.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Веселов Ф. В., Федосова А. В. (2011) SmartGrid – умный ответ на вызовы «умной» экономики // ЭнергоРынок. № 5. С. 52–58.
2. Волкова И. О., Сальникова Е. А., Шувалова Д. Г. (2011) Активный потребитель в интеллектуальной энергетике // Академия энергетике. № 2 (40). С. 50–57.
3. Линдер 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. С. 24–35
4. Селляхова О. (2012) Перекрестное субсидирование и социальная норма электропотребления // Эффективное Антикризисное Управление. № 6. С. 32–48
5. Стенников В. А., Воронай Н. И. (2014). Централизованная и распределенная генерация – не альтернатива, а интеграция // Известия РАН. Энергетика. № 1. С. 64–73.
6. Трачук А. В. (2010 а). Риски роста концентрации на рынке электроэнергии // Энергорынок. № 3. С. 28–32.
7. Трачук А. В. (2010 б). Оценка состояния конкурентной среды на оптовом рынке электроэнергии // Экономические науки. № 66. С. 124–130.
8. Трачук А. В. (2011 а) Реформирование естественных монополий: цели, результаты и направления развития. М.
9. Трачук А. В. (2011 б). Развитие механизмов регулирования электроэнергетики в условиях ее реформирования // Экономика и управление. № 2 (64). С. 60–63
10. Трачук А. В., Линдер Н. В. (2017). Перекрестное субсидирование в электроэнергетике: подходы к моделированию снижения его объемов // Эффективное Антикри-

зисное Управление. № 1 (100). С. 24–35.

11. Трачук А. В., Линдер Н. В., Зубакин В. А. и др. (2017) Перекрестное субсидирование в электроэнергетике: проблемы и пути решения. СПб. 121 с. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29835475>
12. Ховалова Т. В. (2017). Моделирование эффективности перехода на собственную генерацию // Эффективное Антикризисное Управление. № 3 (102). С. 44–57.
13. Энергоэффективный мегаполис – Smart City «Новая Москва» (2015)/под ред. В. В. Бушуева, П. А. Ливинского – М.: ИД «Энергия», 76 стр URL: [http://www.energystrategy.ru/editions/docs/Smart\\_Sity.pdf](http://www.energystrategy.ru/editions/docs/Smart_Sity.pdf)
14. Ackermann T., Anderson G., Soeder L. (2001) Distributedgeneration: a definition // Electric Power Systems Research. Vol. 57. P. 195–204.
15. Active distribution networks (2008) // EnergyPolicy. 2008. Vol. 36, № 6. P. 4346–4351.
16. Bauen A., Hawkes A. Decentralised generation – technology and market perspectives. IEA, Paris, 2004. 18 p.
17. Bayand Rujula A. A et. Al (2005), Definitions for Distributed Generation: a revision, RE&PQJ, Vol. 1, No.3 <https://doi.org/10.24084/repqj03.295>
18. Decentralised generation technologies: potentials, success factors and impacts in the liberalized EU energy markets. Finalreport, DECENT. October (нужно указать место издания, издательство) 2002. 234 p.
19. European Smart Grid technology platform: Vision and strategy for Europe's networks of the future (2006)/European Commission. Brussels. 23 p.
20. Faria P., Vale Z.. (2011) Demand response in electrical energy supply: An optimal real time pricing approach // Energy. Vol. 36. P. 5374–5384.
21. Grid 2030: A national vision for electricity's second 100 years (2003)/Office of Electric Transmission and Distribution, US StateDepartmentofEnergy. Washington. 36 p.
22. Hansen C. J., Bower J. (2004) An economic evaluation of small-scale distributed electricity generation technologies. Oxford Institute forEnergy Studies & Dept. of Geography. OxfordUniversity. 59 p.
23. IEA (2002), Distributed Generation in Liberalised Electricity Markets, OECD Publishing, Paris. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264175976-en>
24. Massel A., Massel L. (2015) The current state of cyber security in Russia's energy systems and the proposed activities for situation improving // Proceedings of the International Conference on Problems of Critical Infrastructures, 6th International Conference on Liberalization and Modernization of Power Systems/Ed. Z. A. Styczynskiand N. I. Voropai. Saint-Petersburg. P. 183–189.
25. McDonald J. (2005) Adaptive intelligent power systems: World survey of decentralized energy 2005/WADE. Edinburgh. 45 p. URL: [http://www.localpower.org/documents\\_pub/report\\_worldsurvey05.pdf](http://www.localpower.org/documents_pub/report_worldsurvey05.pdf).
26. 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 // Zhongguo Dianji Gongcheng Xuebao. Vol. 35, № 14. P 3470–3481.
27. Zhang X. (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. 20th – 24th July 2008/IEEE, Pittsburgh. P. 1–5