

Интернет-журнал «Наукоедение» ISSN 2223-5167 <http://naukovedenie.ru/>

Том 8, №3 (2016) <http://naukovedenie.ru/index.php?p=vol8-3>

URL статьи: <http://naukovedenie.ru/PDF/97EVN316.pdf>

Статья опубликована 06.06.2016.

Ссылка для цитирования этой статьи:

Купреев Д.А. Барьеры и стимулы развития распределенной энергетики в России на основе отечественного оборудования // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 8, №3 (2016)

<http://naukovedenie.ru/PDF/97EVN316.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ.

УДК 338.45

Купреев Даниил Андреевич

ФГОБУ ВО «Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации», Россия, Москва¹

Аспирант кафедры «Инвестиции и инновации»

E-mail: kupreevdanil@gmail.com

Барьеры и стимулы развития распределенной энергетики в России на основе отечественного оборудования

Аннотация. В настоящее время в России и во всем мире уделяется большое внимание развитию распределенной энергетики, в том числе на основе возобновляемых источников энергии и инновационных технологий интеллектуальной энергетики smart-grid. Развитие распределённой энергетики в России обусловлено необходимостью энергоснабжения удаленных, технологически изолированных от Единой национальной энергосистемы объектов, а так же добровольным уходом потребителей от централизованного энергоснабжения и строительством собственных источников энергии с целью снижения затрат на теплоэлектроэнергию.

В статье рассмотрены существующие барьеры организационного и экономического характера, тормозящие инновационное развитие распределенной энергетики. Одной из основных проблем автором выделяется незаинтересованность в ее развитии со стороны централизованной энергетики, поскольку при реализации электроэнергии в сеть объектами распределенной энергетики они становятся конкурентами на рынке. В свою очередь появляющиеся инновации в распределенной энергетике способны повысить эффективность централизованной энергетики. Автором рассмотрена возможность применения инновационных газотурбинных установок с переменной частотой вращения малой мощности для обеспечения экономии топлива крупными энергообъектами. Заинтересованность в повышении эффективности со стороны централизованной энергетики может привести к росту спроса на такое инновационное оборудование, в результате чего, с учетом эффектов обучения, увеличение объемов производства обеспечит снижение его стоимости, что, в конечном счете, приведет к дополнительному росту эффективности внедрения инноваций.

Ключевые слова: электроэнергетика; распределенная энергетика; централизованная энергетика; инновации; барьеры развития; газотурбинные электростанции; сравнение эффективности

¹ Москва, Волгоградский проспект, 113, корп. 3, кв. 19

В настоящее время в России и во всем мире уделяется большое внимание развитию распределенной энергетики, в том числе на основе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), и технологий интеллектуальной энергетики smart-grid.

Под объектами распределенной энергетики (генерации) понимаются объекты, производящие энергию в местах ее потребления независимо от технологий или топлива, как в автономном режиме, так и параллельно с сетью. При этом, некоторые авторы [1, 2] в качестве ограничения мощности таких источников выделяет уровень 25-50 МВт, в то время как другие источники, в частности Международное энергетическое агентство, указывают на отсутствие принципиальной необходимости выделять мощность в отдельный критерий распределенной энергетики. Однако для удобства классификации и учета таких объектов, целесообразно при их работе параллельно с Единой национальной энергосистемой (ЕНЭС) ограничиться уровнем 25 МВт, в связи с требованием Федерального закона от 26.03.2003 N 35-ФЗ "Об электроэнергетике» реализовывать всю производимую на таком объекте электрическую энергию на оптовом рынке, что автоматически переводит его в разряд объектов централизованной энергетики. При автономном энергоснабжении такого ограничения нет, и ограничением мощности, исходя из опыта зарубежных стран, является уровень 100 МВт. [3, 4]

Развитие распределённой энергетики в России обусловлено необходимостью энергоснабжения удаленных, технологически изолированных от Единой национальной энергосистемы (ЕНЭС) объектов, а так же добровольным уходом потребителей от централизованного энергоснабжения с целью снижения затрат на теплоэлектроэнергию. [5] Различные прогнозы развития распределенной энергетики в России свидетельствуют о том, что она обладает высокой, перспективной емкостью рынка (согласно проекту Энергетической стратегии России до 2035 года только в нише когенерации потребуется ориентировочно 2 тыс. ГТУ электрической мощностью 6–9 МВт и 25 тыс. микротурбин единичной мощностью 60–1000 кВт) для внедрения отечественного инновационного оборудования, которое позволит повысить эффективность энергоснабжения таких потребителей, а так же обеспечит снижение зависимости от импортного оборудования [6], которое, согласно данным Минпромторга России, по некоторым позициям достигает 100%.

Однако существует ряд барьеров, как экономического, так и организационного характера, препятствующих инновационному развитию распределённой энергетики.

Организационные барьеры заключаются, в первую очередь, в отсутствии комплексного подхода внедрения инновационного оборудования в распределенной энергетике. Созданная Технологическая платформа «Малая распределенная энергетика (ТП МРЭ) в качестве одних из основных целей ставила создание национальной научно-технологической и производственно-инжиниринговой базы, способной обеспечить масштабное создание систем распределенной энергетики на основе передовых технологий, а так же формирование внутреннего спроса на инновационные решения в этой сфере. Однако в настоящее время ТП МРЭ практически прекратила свою деятельность и не выполняет поставленных задач.

Другим, не менее важным фактором, препятствующим инновационному развитию распределенной энергетики, являются проблемы ее функционирования, которые проявляются в отсутствие нормативной базы и ограниченности доступа объектов распределенной энергетики к электрическим сетям и на розничные рынки электроэнергии для продажи излишков вырабатываемой энергии. Проблемы функционирования распределенной энергетики постоянно обсуждаются на многочисленных конференциях и форумах, в том числе с привлечением органов законодательной власти. Так, в 2012 году подкомитетом Госдумы по малой энергетике сформирована и начала функционировать рабочая группа по вопросам развития и решению проблем нормативного регулирования распределенной

энергетики. [7] В свою очередь созданный подкомитет С6 Российского национального комитета Международного Совета по большим электрическим системам высокого напряжения (РНК СИГРЭ) «Системы распределения электроэнергии и распределенная генерация» на базе ЗАО «Техническая инспекция ЕЭС» работает над созданием и устранением технических проблем, которые могут возникать при интеграции объектов распределенной энергетики в ЕНЭС. [8]

К экономическим факторам можно отнести высокую капиталоемкость строительства объектов распределенной энергетики и отсутствие стимулов к приобретению и эксплуатации отечественного инновационного оборудования в распределенной энергетике, за исключением Постановления Правительства РФ от 28.05.2013 N 449 (ред. от 10.11.2015) "О механизме стимулирования использования возобновляемых источников энергии на оптовом рынке электрической энергии и мощности". Это приводит к возникновению значительных инвестиционных рисков строительства таких объектов. В свою очередь, высокая стоимость энергооборудования обусловлена большой длительностью и огромными затратами на его разработку и производство. Необходимость привлечения значительного объема денежных средств делает актуальной задачу поиска схем финансирования как внедрения инновационного энергооборудования, так и его создания, которыми могут выступать привлечение проектного финансирования, энергосервисные контракты, лизинговые схемы и др.

Помимо указанных барьеров, существует также проблема отсутствия заинтересованности и даже противодействия развитию распределенной энергетики со стороны централизованной энергетики. [9] Так, при внедрении концепции интеллектуальных энергосистем smart grid, предполагается, что они будут функционировать на основе тесного взаимодействия между централизованной и распределенной энергетикой, повышая надежность, безопасность, доступность и экономическую эффективность энергоснабжения. [10] Одной из характеристик таких энергосистем является наличие активного потребителя, который при наличии у него собственных мощностей может реализовывать свою энергию на рынке. При этом такой потребитель, очевидно, станет конкурировать с крупными электроэнергетическими компаниями, которые будут лишены части рынка. Таким образом, крупные энергокомпании в настоящее время не заинтересованы в комплексном развитии распределенной энергетики и видят в ней преимущественно конкурента на рынке.

Однако ее применение возможно и для повышения эффективности крупной энергетики. Так, разрабатываемое в последние годы инновационное энергооборудование может обеспечить повышение эффективности централизованной энергосистемы, тем самым стимулируя заинтересованность крупных энергокомпаний в развитии собственных объектов распределенной энергетики, что в свою очередь будет способствовать более быстрому переходу к инновационному развитию электроэнергетики на базе концепции smart grid.

Крупные электроэнергетические компании в настоящее время не заинтересованы в комплексном развитии собственной распределенной энергетики, поскольку она объективно проигрывает централизованной энергетике в силу более низкого КПД (современная газотурбинная установка (ГТУ) мощностью 10 МВт имеет КПД 34,5% при удельной капиталоемкости 1300-1500 \$/кВт, в то время как КПД ГТУ 110 МВт составляет 35,5%, при удельной капиталоемкости 900-1000 \$/кВт).²

² По данным сайта компании «Новая генерация» <http://www.manbw.ru/> и сайта единой информационной системы в сфере закупок <http://zakupki.gov.ru/>.

Однако, разрабатываемые в последние годы инновационные энергоустановки для распределенной энергетики с переменной частотой вращения генератора, в отличие от традиционных технологий с постоянной частотой, используемых в централизованной энергетике, позволяют добиваться нужного качества электроэнергии независимо от частоты вращения, практически не снижая эффективность при изменении относительной мощности [11]. На рисунке 2 изображено принципиальное преимущество такого рода генераторов.

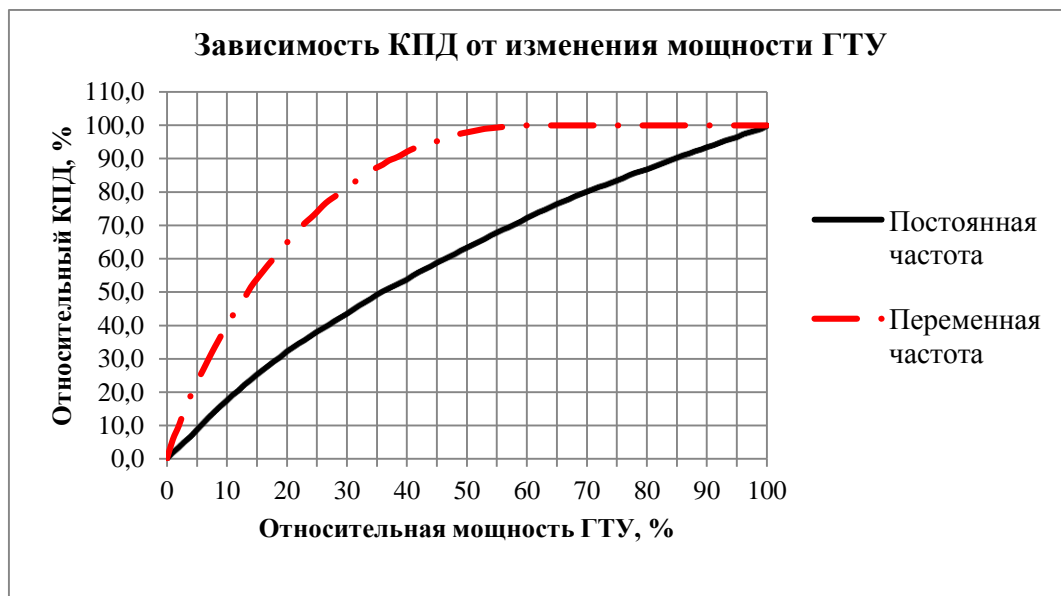


Рисунок 1. Зависимость изменения КПД от изменения относительной мощности ГТУ (источник: составлено автором по данным [11] и [12])

Для определения перспектив применения инновационных технологий распределенной энергетики для повышения эффективности централизованной было проведено сравнение экономической эффективности строительства двух вариантов условной электростанции 220 МВт (таблица 1).

Таблица 1

Варианты строительства условной электростанции 220 МВт

Параметр	Традиционный вариант	Инновационный вариант
Оборудование	2 энергоустановки ГТУ-110 МВт	2 энергоустановки GE 6FA мощностью 80 МВт 6 установок ГТУ-10 МВт
КПД	ГТУ-110: КПД = 35,5%	GE 6FA: КПД = 35,5% ГТУ-10: КПД = 34,5%
Тип установки	ГТУ-110: установки с постоянной частотой вращения	GE 6FA: установки с постоянной частотой вращения ГТУ-10: установки с переменной частотой вращения

При этом инновационный вариант предполагает, что ГТУ-80 МВт работает преимущественно на номинальном режиме, а установки распределенной энергетики осуществляют регулирование мощности в течение суток с возможностью их полной остановки при достижении 50% загрузки.

В качестве информации об изменении мощности ГТУ в течение интервала расчета были использованы данные Системного оператора Единой энергетической системы (СО ЕЭС)

о суточных изменениях мощности генерации по месяцам для Центрального Федерального округа за 2015 год (рисунок 2).

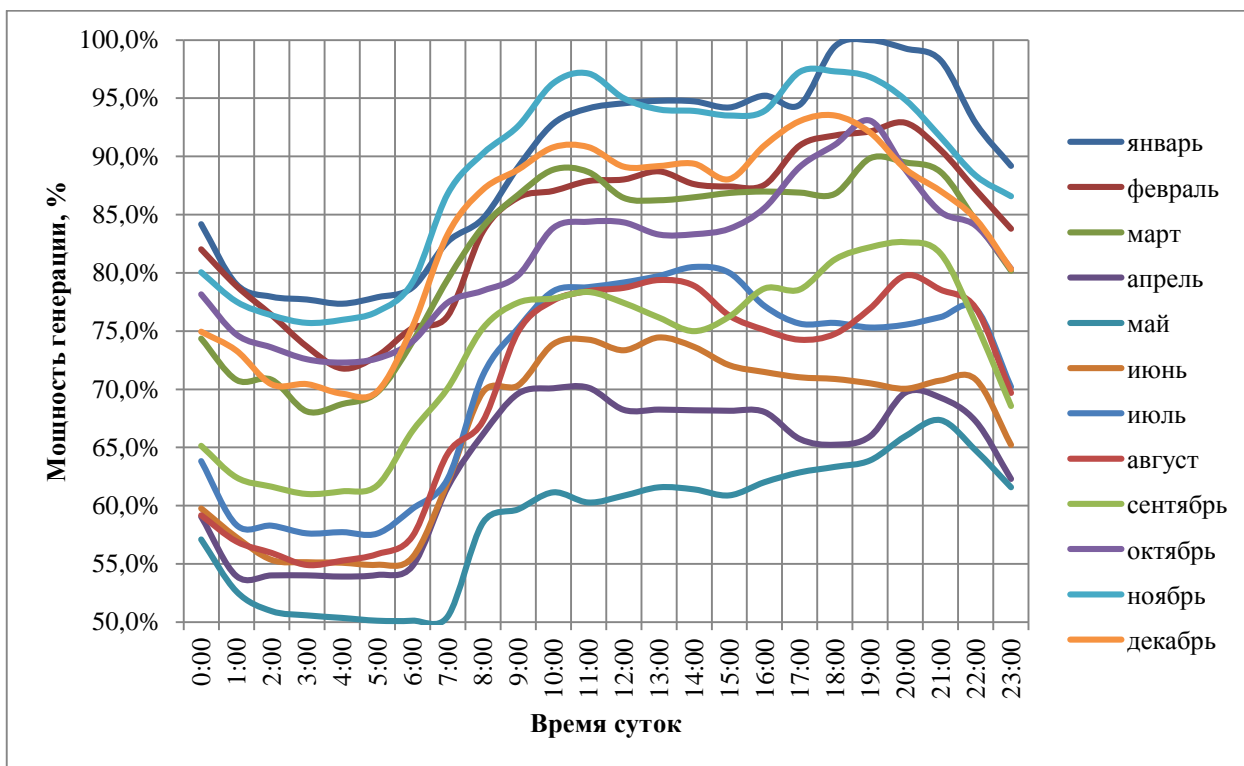


Рисунок 2. Суточные изменения мощности генерации по месяцам для Центрального Федерального округа за 2015 год (источник: СО ЕЭС)

На основании данных о суточных изменениях мощности генерации по месяцам для Центрального Федерального округа за 2015 год была рассчитана среднемесячная мощность генерации по вариантам реализации (рисунок 3).

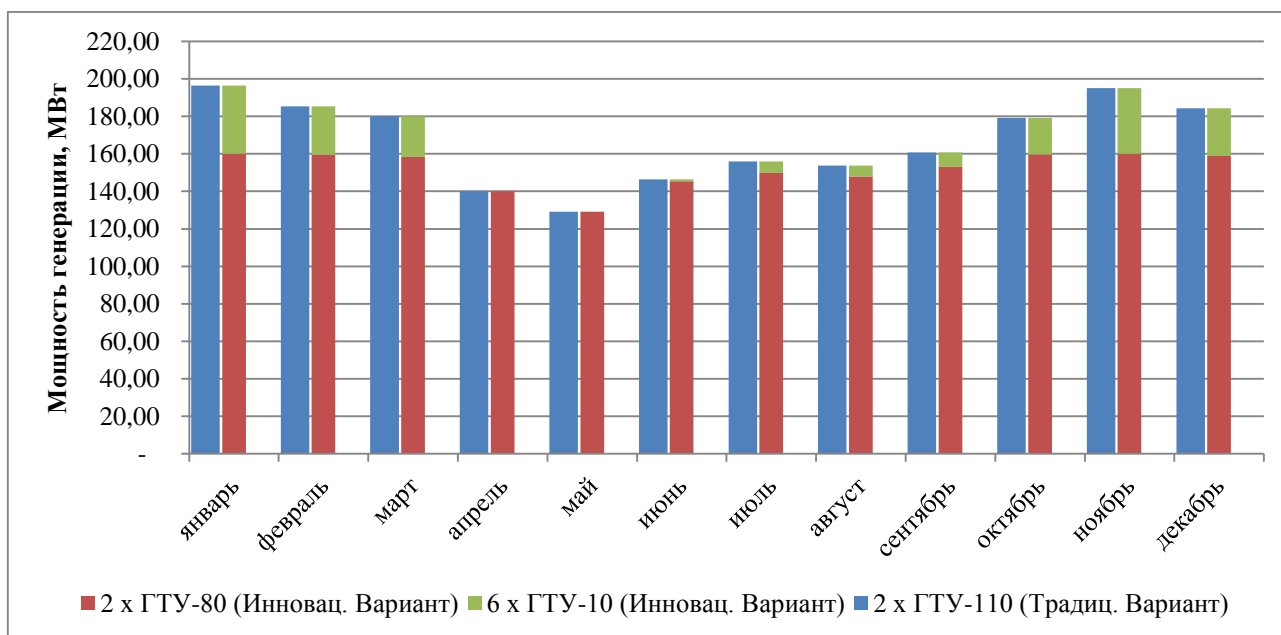


Рисунок 3. Среднемесячная мощность генерации по вариантам реализации (источник: составлено автором)

С учетом информации о зависимости КПД рассматриваемых установок от изменения мощности была определена динамика изменения КПД при изменении суточных нагрузок в течение года для ГТУ-110 МВт и для ГТУ-80 МВт (6FA) (рисунок 4).

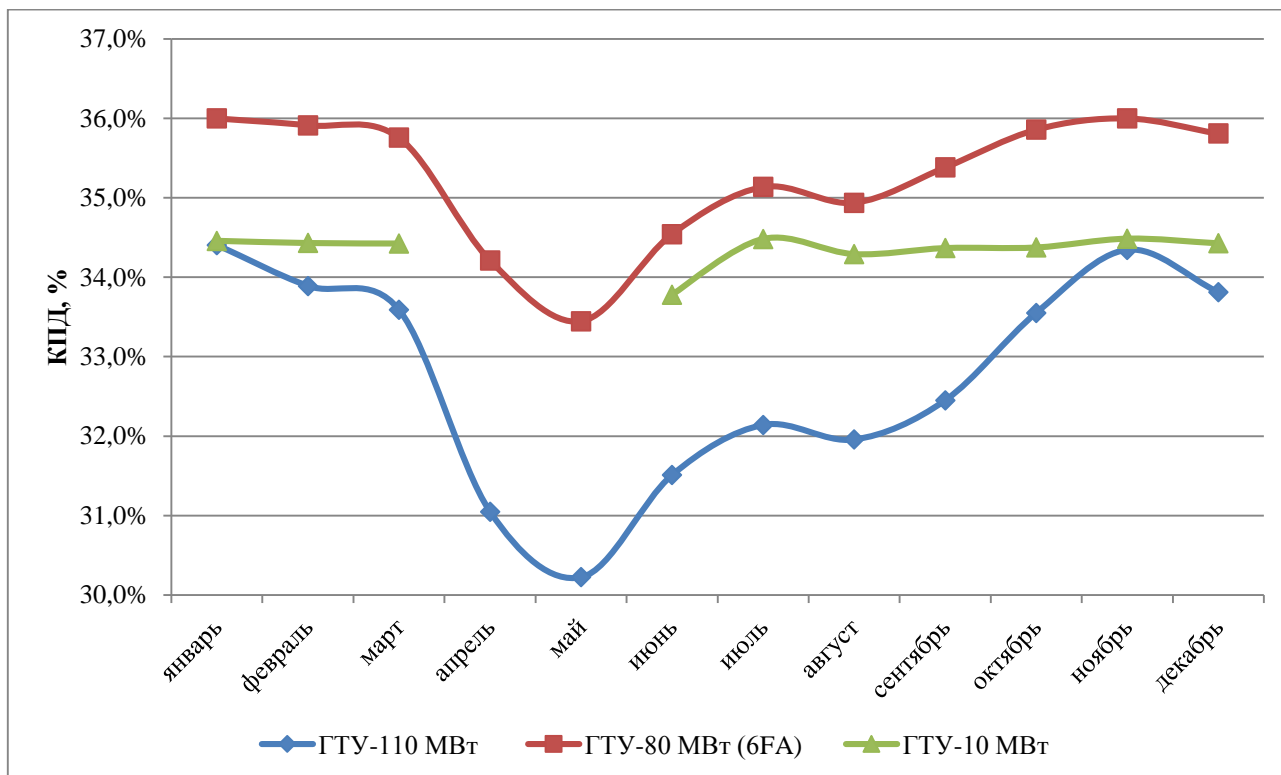


Рисунок 4. График изменения среднемесячного КПД установок ГТУ-110 МВт, ГТУ-80 МВт (6FA) и ГТУ-10 МВт при изменении суточных нагрузок в течение года (источник: составлено автором)

На основании данных об изменении КПД соответствующих вариантов и исходя из рассматриваемых графиков электрической нагрузки и средней цены на природный газ для ЦФО 4500 руб./тыс. м³ были определены месячные затраты на топливо для традиционного и инновационного вариантов (рисунок 5).

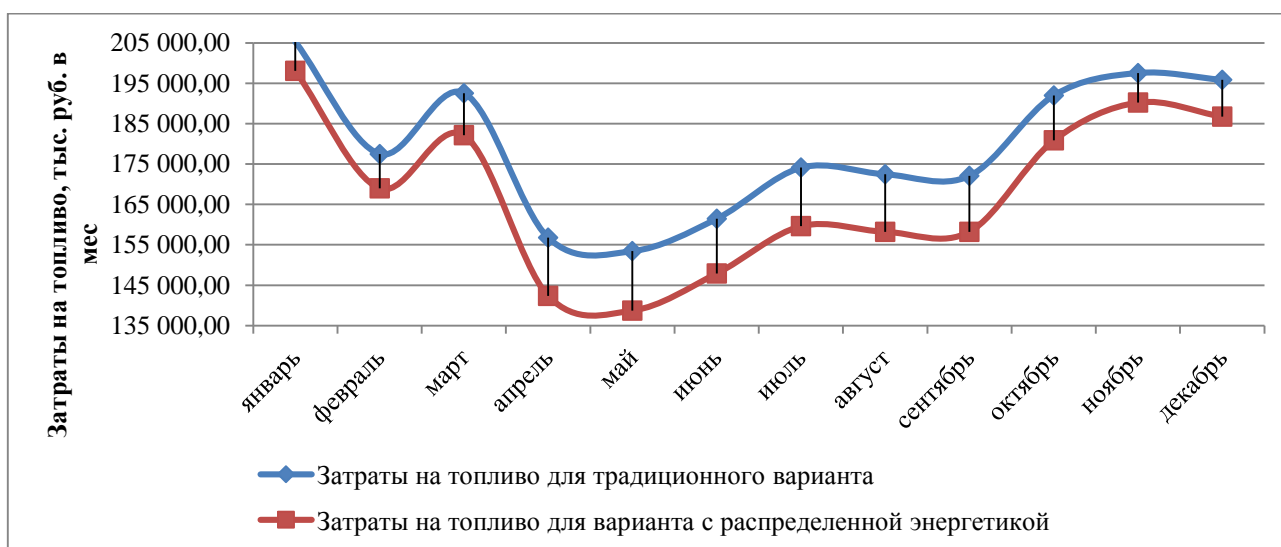


Рисунок 5. Затраты на топливо по вариантам строительства, тыс. руб. в месяц (источник: составлено автором)

В результате применения инновационного варианта строительства годовые затраты на топливо составят 2 011,76 млн. руб., в то время как при традиционном варианте затраты на топливо составляют 2 150,844 млн. руб. Таким образом годовая экономия топлива составляет 6,9%. При использовании другого оборудования с иными значениями КПД экономия топлива может значительно варьироваться. В таблице 2 приведены возможные значения экономии топлива при различных КПД энергоустановок с постоянной и переменной частой вращения для рассматриваемых графиков нагрузки.

Таблица 2

Экономия топлива при различных КПД энергоустановок с постоянной и переменной частой вращения (источник: составлено автором)

КПД пост. / КПД перем.	30,5%	31,5%	32,5%	33,5%	34,5%	<u>35,5%</u>	36,5%	37,5%	38,5%	39,5%	40,5%
30,5%	15,8%	13,6%	11,5%	9,5%	7,5%	<u>5,6%</u>	3,8%	2,0%	0,3%	-1,3%	-2,9%
31,5%	16,2%	14,0%	11,9%	9,8%	7,9%	<u>6,0%</u>	4,1%	2,4%	0,7%	-1,0%	-2,6%
32,5%	16,5%	14,3%	12,2%	10,2%	8,2%	<u>6,3%</u>	4,5%	2,7%	1,0%	-0,7%	-2,3%
33,5%	16,8%	14,6%	12,5%	10,5%	8,5%	<u>6,6%</u>	4,8%	3,0%	1,3%	-0,4%	-2,0%
<u>34,5%</u>	<u>17,1%</u>	<u>14,9%</u>	<u>12,8%</u>	<u>10,8%</u>	<u>8,8%</u>	<u>6,9%</u>	<u>5,1%</u>	<u>3,3%</u>	<u>1,6%</u>	<u>-0,1%</u>	<u>-1,7%</u>
35,5%	17,4%	15,2%	13,1%	11,1%	9,1%	<u>7,2%</u>	5,4%	3,6%	1,9%	0,2%	-1,4%
36,5%	17,7%	15,5%	13,4%	11,3%	9,4%	<u>7,5%</u>	5,6%	3,9%	2,1%	0,5%	-1,1%
37,5%	18,0%	15,8%	13,6%	11,6%	9,6%	<u>7,7%</u>	5,9%	4,1%	2,4%	0,7%	-0,9%
38,5%	18,2%	16,0%	13,9%	11,8%	9,9%	<u>8,0%</u>	6,1%	4,3%	2,6%	1,0%	-0,7%
39,5%	18,5%	16,3%	14,1%	12,1%	10,1%	<u>8,2%</u>	6,4%	4,6%	2,9%	1,2%	-0,4%
40,5%	18,7%	16,5%	14,3%	12,3%	10,3%	<u>8,4%</u>	6,6%	4,8%	3,1%	1,4%	-0,2%

Очевидно, что в диапазоне КПД установок с постоянной частотой до 40,5% применение установок распределенной генерации в рассматриваемых условиях может обеспечивать снижение затрат на топливо.

Однако, остается открытым вопрос соотношения рассматриваемых вариантов с точки зрения окупаемости возникающих дополнительных затрат доходом от потенциальной экономии топлива. Дополнительными затратами при инновационном варианте будет увеличение капитальных затрат, а так же дополнительных затрат на обслуживание установок распределенной энергетики. Однако развитие технологий в энергетическом машиностроении развиваются в направлении повышения степени автоматизации и все более широкого использования программных средств, [13] в связи с чем затраты на обслуживание установок малой мощности становятся сопоставимыми с объектами крупной генерации. Поэтому в связи с принимаемым условным равенством остальных затратных параметров рассматриваемых вариантов необходимо определить возможность достижения окупаемости дополнительных капитальных затрат.

Результаты расчетов, представленные в таблице 3, показывают, что получаемая экономия топлива при применении инновационного варианта и заданных показателях КПД позволяет окупить 38,6 \$/кВт разницы в капитальных затратах в год. Т.е. при удельных капитальных затратах 1000 \$/кВт на установки ГТУ-110 и ГТУ-80 и 1300 \$/кВт для установок ГТУ-10, возникающая экономия топлива окупит дополнительные затраты за 7,77 лет: $(1300 \text{ $/кВт} - 1000 \text{ $/кВт}) / 38,6 \text{ $/кВт}$.

Таблица 3

Результаты расчета величины дополнительной удельной капиталоемкости, которую возможно окупить возникающей экономией топлива за год при различных сочетаниях КПД (источник: составлено автором)

КПД пост. / КПД перем.	30,5%	31,5%	32,5%	33,5%	34,5%	<u>35,5%</u>	36,5%	37,5%	38,5%	39,5%	40,5%
30,5%	94,9	80,6	67,3	54,7	42,9	<u>31,8</u>	21,2	11,3	1,8	-7,2	-15,7
31,5%	96,7	82,5	69,2	56,6	44,8	<u>33,7</u>	23,1	13,1	3,7	-5,3	-13,9
32,5%	98,5	84,3	70,9	58,4	46,6	<u>35,4</u>	24,9	14,9	5,4	-3,6	-12,1
33,5%	100,2	85,9	72,6	60,0	48,2	<u>37,1</u>	26,5	16,6	7,1	-1,9	-10,4
<u>34,5%</u>	<u>101,7</u>	<u>87,5</u>	<u>74,1</u>	<u>61,6</u>	<u>49,8</u>	<u>38,6</u>	<u>28,1</u>	<u>18,1</u>	<u>8,7</u>	<u>-0,3</u>	<u>-8,9</u>
35,5%	103,2	89,0	75,6	63,1	51,3	<u>40,1</u>	29,6	19,6	10,1	1,1	-7,4
36,5%	104,6	90,4	77,0	64,5	52,6	<u>41,5</u>	31,0	21,0	11,5	2,5	-6,0
37,5%	105,9	91,7	78,3	65,8	54,0	<u>42,8</u>	32,3	22,3	12,8	3,8	-4,7
38,5%	107,1	92,9	79,6	67,0	55,2	<u>44,1</u>	33,5	23,5	14,1	5,1	-3,4
39,5%	108,3	94,1	80,8	68,2	56,4	<u>45,3</u>	34,7	24,7	15,3	6,3	-2,3
40,5%	109,5	95,3	81,9	69,3	57,5	<u>46,4</u>	35,8	25,9	16,4	7,4	-1,1

Однако, с учетом дисконтирования по ставке $E = 15\%$ и при горизонте планирования 15 лет дополнительные капитальные затраты не окупаются. По результатам расчетов, для того, что бы реализация инновационного варианта была эффективной (Внутренняя норма доходности (ВНД) $\geq E$), необходимо, что бы разница в капитальных затратах не превышала 226 \$/кВт.

В настоящее время, как было указано ранее, эта разница колеблется в районе 300...500 \$/кВт для сопоставимых технологий, но существующие тенденции показывают, что в энергетическом машиностроении, как и в других высокотехнологичных отраслях, величина затрат на производство энергооборудования, и, как следствие, его стоимость, с ростом объема производства имеет тенденцию к снижению, которая называется «эффектом обучения». Впервые феномен обучения был изучен в 20-х годах XX века американским авиаконструктором Т.П. Райтом, которым было обнаружено снижение стоимости производства самолетов при увеличении объемов выпуска. [14] В дальнейшем обнаруженные им зависимости были успешно применены в производстве энергетического оборудования. [15]

Исходя из этого, использование инновационного варианта за счет дополнительного спроса на такие технологии со стороны традиционной энергетики должно привести к снижению их удельной капиталоемкости, и как следствие, к дальнейшему увеличению получаемых экономических эффектов. Помимо этого, применение инновационных технологий распределенной энергетики может стать стимулом для привлечения инвестиций со стороны крупных игроков электроэнергетического рынка непосредственно в разработку и производство таких инноваций, что также приведет к уменьшению их конечной стоимости. Участие крупных электроэнергетических компаний в развитии распределенной энергетики также позволит решить ряд других обозначенных ранее барьеров инновационного развития, в первую очередь, экономического характера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вертешев А.С., Зибров В.П. Развитие распределенных энергетических систем в регионе // Труды ППИ. 2011. №15.3. С. 300-305.
2. Хабачев Л.Д., Плоткина У.И. Экономические методы поддержки развития объектов малой распределенной энергетики // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Сер.: Экономические науки: научное издание / М-во образования и науки Российской Федерации. – Санкт-Петербург, 2014. – №6 (209) – С. 26-33.
3. Manuel Sánchez Jiménez. Smart Electricity Networks Based on Large Integration of Renewable Sources and Distributed Generation. Zugl.: Kassel, Univ., ISBN: 978-3-89958-257-4, 2007, 152 Pages.
4. Thomas Ackermann, Goran Andersson, Lennart Soder. Distributed generation: a definition. Electric Power Systems Research - 57 (2001). 195–204.
5. Купреев, Д.А. Управление инновационным развитием распределенной энергетики в России // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2015. №(82), 10/2015. <http://uecs.ru/ru/innovacii-investicii/item/3738-2015-10-08-07-50-28>, (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус.
6. Купреев, Д.А. Инновационный потенциал российской распределенной энергетики / Д.А. Купреев // Экономика и предпринимательство. – 2015. - №12. ч.3. (65-3) 2015 г. - С. 83-86.
7. Липатов Ю.А. Развитие малой распределенной энергетики. / Федеральный справочник. Топливо-энергетический комплекс России. – 2014 - С. 169 – 172.
8. Илюшин П.В. Проблемные технические вопросы работы объектов распределенной генерации в составе энергосистемы и подходы к их решению / Энергоэксперт - №1, 2015 г. – С. 72-76.
9. Ньюшлосс Дж., И. Ряпин, доклад «Развитие распределенной генерации» энергетического центра Сколково, Московская школа управления Сколково, 2012 г. URL: <http://energy.skolkovo.ru> (дата обращения: 20.05.2015).
10. Волкова И.О., Кобец Б.Б. Роль распределенной генерации в реализации концепции Smart Grid // ЭКО. 2011. №4. С. 87-93.
11. Иванов И.В., Струговец С.А., Чечулин А.Ю. Перспективы использования газотурбинных технологий в энергетике России // Вестник УГАТУ. 2009. №1. С. 26-31.
12. Мошкарин А.В., Мельников Ю.В., Торгов В.В. Анализ показателей работы ПГУ-325 на частичных нагрузках // Вестник ИГЭУ - №2 - 2009 г. – С. 1-8 (7).
13. Ахмедзянов Д. А., Михайлова А. Б., Михайлов А. Моделирование изменения нагрузки на электрогенераторе малоразмерной энергетической газотурбинной установки // Молодой ученый. - 2011. - №1. - С. 18-21.
14. Wright, T.P., 1936. Factors affecting the cost of airplanes / J. Aeronaut. Sci. 3, 122–128.
15. Edward S. Rubin, Inês M.L. Azevedo, Paulina Jaramillo, Sonia Yeh. A review of learning rates for electricity supply technologies // Energy Policy. 86 (2015). 198–218.

Kupreev Daniil Andreevich

Financial university under the government of the Russian Federation, Russia, Moscow
E-mail: kupreevdanil@gmail.com

Barriers and incentives for the development of distributed energy in Russia on the basis of domestic equipment

Abstract. At the present time in Russia and in the world big attention is paid to development of distributed energy, including renewable energy sources and innovative energy technologies smart-grid. Russia's development distributed energy due to the need of power supply facilities remote and technologically isolated from the United Power System, as well as the voluntary departure of customers from the centralized energy supply and construction of own sources of energy in order to reduce power generation costs.

The article deals with institutional and economic barriers that hinder the innovative development of distributed energy. One of the main problems the authors identified a lack of interest in its development by the centralized power, since objects of distributed power that sale electricity to the network become competitors in the market. In turn, emerging innovations in distributed energy can improve the efficiency of centralized. The author examined the possibility of using innovative low-power gas turbines with variable frequency rotation to provide large-scale power with fuel saving. Interest in increasing the efficiency by centralized power can lead to an increase in demand for such innovative equipment. As a result, increase in production will ensure a decrease in its cost, taking into account the effects of learning that will lead to a further increase in the efficiency of innovation.

Keywords: electric power; distributed energy; centralized energy; innovation; development barriers; gas turbine power plants; comparison of efficiency

REFERENCES

1. Verteshev A.C., Zibrov V.P. Razvitie raspredelennykh energeticheskikh sistem v regione // Trudy PPI. 2011. №15.3. S. 300-305.
2. Khabachev L.D., Plotkina U.I. Ekonomicheskie metody podderzhki razvitiya ob"ektov maloy raspredelennoy energetiki // Nauchno-tekhnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politekhnicheskogo universiteta. Ser.: Ekonomicheskie nauki: nauchnoe izdanie / M-vo obrazovaniya i nauki Rossiyskoy Federatsii. – Sankt-Peterburg, 2014. – №6 (209) – S. 26-33.
3. Manuel Sánchez Jiménez. Smart Electricity Networks Based on Large Integration of Renewable Sources and Distributed Generation. Zugl.: Kassel, Univ., ISBN: 978-3-89958-257-4, 2007, 152 Pages.
4. Thomas Ackermann, Goran Andersson, Lennart Soder. Distributed generation: a definition. Electric Power Systems Research - 57 (2001). 195–204.
5. Kupreev, D.A. Upravlenie innovatsionnym razvitiem raspredelennoy energetiki v Rossii // Upravlenie ekonomicheskimi sistemami: elektronnyy nauchnyy zhurnal. 2015. №(82), 10/2015. <http://uecs.ru/ru/innovacii-investicii/item/3738-2015-10-08-07-50-28>, (dostup svobodnyy). Zagl. s ekrana. Yaz. rus.

6. Kupreev, D.A. Innovatsionnyy potentsial rossiyskoy raspredelennoy energetiki / D.A. Kupreev // *Ekonomika i predprinimatel'stvo*. – 2015. - №12. ch.3. (65-3) 2015 g. - S. 83-86.
7. Lipatov Yu.A. Razvitie maloy raspredelennoy energetiki. / *Federal'nyy spravochnik. Toplivno-energeticheskiy kompleks Rossii*. – 2014 - S. 169 – 172.
8. Ilyushin P.V. Problemnye tekhnicheskie voprosy raboty ob"ektov raspredelennoy generatsii v sostave energosistemy i podkhody k ikh resheniyu / *Energoekspert* - №1, 2015 g. – S. 72-76.
9. Nyushloss Dzh., I. Ryapin, doklad «Razvitie raspredelennoy generatsii» energeticheskogo tsentra Skolkovo, Moskovskaya shkola upravleniya Skolkovo, 2012 g. URL: <http://energy.skolkovo.ru> (data obrashcheniya: 20.05.2015).
10. Volkova I.O., Kobets B.B. Rol' raspredelennoy generatsii v realizatsii kontseptsii Smart Grid // *EKO*. 2011. №4. S. 87-93.
11. Ivanov I.V., Strugovets S.A., Chechulin A.Yu. Perspektivy ispol'zovaniya gazoturbinnnykh tekhnologiy v energetike Rossii // *Vestnik UGATU*. 2009. №1. S. 26-31.
12. Moshkarin A.V., Mel'nikov Yu.V., Torgov V.V. Analiz pokazateley raboty PGU-325 na chastichnykh nagruzkakh // *Vestnik IGEU* - №2 - 2009 g. – S. 1-8 (7).
13. Akhmedzyanov D. A., Mikhaylova A. B., Mikhaylov A. Modelirovanie izmeneniya nagruzki na elektrogeneratore malorazmernoy energeticheskoy gazoturbinoy ustanovki // *Molodoy uchenyy*. - 2011. - №1. - S. 18-21.
14. Wright, T.P., 1936. Factors affecting the cost of airplanes / *J. Aeronaut. Sci.* 3, 122–128.
15. Edward S. Rubin, Inês M.L. Azevedo, Paulina Jaramillo, Sonia Yeh. A review of learning rates for electricity supply technologies // *Energy Policy*. 86 (2015). 198–218.