

Оценка потенциала технологий распределенной энергетики в качестве компенсации потребности в генерирующих мощностях до 2035 года

Галина С. Армашова-Тельник¹ atgs@ya.ru  0000-0001-9370-5875

¹ Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, ул. Большая Морская, 67, г. Санкт-Петербург, 190000, Россия

Аннотация. Глобальный рынок технологий распределенных энергоресурсов (малой распределенной генерации, управления спросом, накопителей, энергоэффективности и др.) растет темпами приблизительно около 6-9% в год. Ожидается, трехкратное повышение ввода объема мощностей распределенной генерации относительно централизованной к 2025 году. Распределенная энергетика сможет обеспечивать до 75% новых подключений в ходе глобальной электрификации до 2030 г., по оценке Международного энергетического агентства. Определены современные тенденции развития технологий распределенной энергетики в России и мире, проанализированы степень влияния технологий распределенной энергетики относительно субъектов ЕЭС России, рассмотрен потенциал применения технологий распределенной энергетики.

Ключевые слова: эффективность, электроэнергетика, когенерация, технологии распределенной энергетики

Assessment of the potential of distributed energy technologies as a compensation for the need for generating capacities until 2035

Galina S. Armashova-Telnik¹ atgs@ya.ru  0000-0001-9370-5875

¹ St. Petersburg State University aerospace instrumentation, St. Petersburg, 190000, Russia

Abstract. The global market for distributed energy technologies (small distributed generation, demand management, storage, energy efficiency, etc.) is growing at a rate of about 6-9% per year. A threefold increase in the commissioning of the volume of distributed generation capacities is relatively centralized by 2025. Distributed energy will be able to provide up to 75% of new connections during global electrification until 2030, according to the International Energy Agency. The current trends in the development of distributed energy technologies in Russia and the world are identified, the degree of influence of distributed energy technologies relative to the subjects of the UES of Russia is analyzed, the potential for the use of distributed energy technologies is considered.

Keywords: efficiency, electric power, cogeneration, distributed energy technologies

Введение

Прогноз изменения спроса на электрическую энергию, выполненный институтом энергетических исследований Российской академии наук (далее ИНЭИ РАН), основан на базовом и консервативном варианте перспективного планирования социально-экономического развития российской экономики до 2035 года, представленный министерством экономического развития Российской Федерации (далее МЭР). В которых предполагается замедление темпов роста мировой экономики с 3,2% до 2,8% в период с 2016 до 2020 года, и последующем нахождении темпа роста в пределах 2,5–2,9% для базового сценария, и 1,8% до 2025 года с возрастанием значения до 2,6% к 2035 году для консервативного. Данная тенденция обуславливается замедлением экономической динамики роста развивающихся и развитых стран, в особенности экономики Китая [5].

Однако для формирования более точной оценки изменения спроса на электроэнергию ИНЭИ РАН воспользовался комплексной моделью «SCANER» с уточнением макроэкономических параметров разных видов отраслей, деятельности субъектов, динамики производства и инвестиций в РФ, ввиду отсутствия требуемых данных в отчете МЭР [1]. Результат прогноза для двух сценариев базового и консервативного развития представлен на рисунках 1, 2.

Согласно базовому варианту прогноза прирост ВВП России относительно показателя 2016 года составит 35% со среднегодовым темпом роста в 1,6%, а также повышение спроса на электрическую энергию около 25% со среднегодовым темпом роста 1,2% к 2035 году. Аналогично данные показатели консервативного варианта прогноза составят 26% со среднегодовым темпом роста 1,2% и 18% со среднегодовым темпом роста 0,9% соответственно.

Для цитирования

Армашова-Тельник Г.С. Оценка потенциала технологий распределенной энергетики в качестве компенсации потребности в генерирующих мощностях до 2035 года // Вестник ВГУИТ. 2020. Т. 82. № 1. С. 409–418. doi:10.20914/2310-1202-2020-1-409-418

For citation

Armashova-Telnik G.S. Assessment of the potential of distributed energy technologies as a compensation for the need for generating capacities until 2035. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2020. vol. 82. no. 1. pp. 409–418. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2020-1-409-418

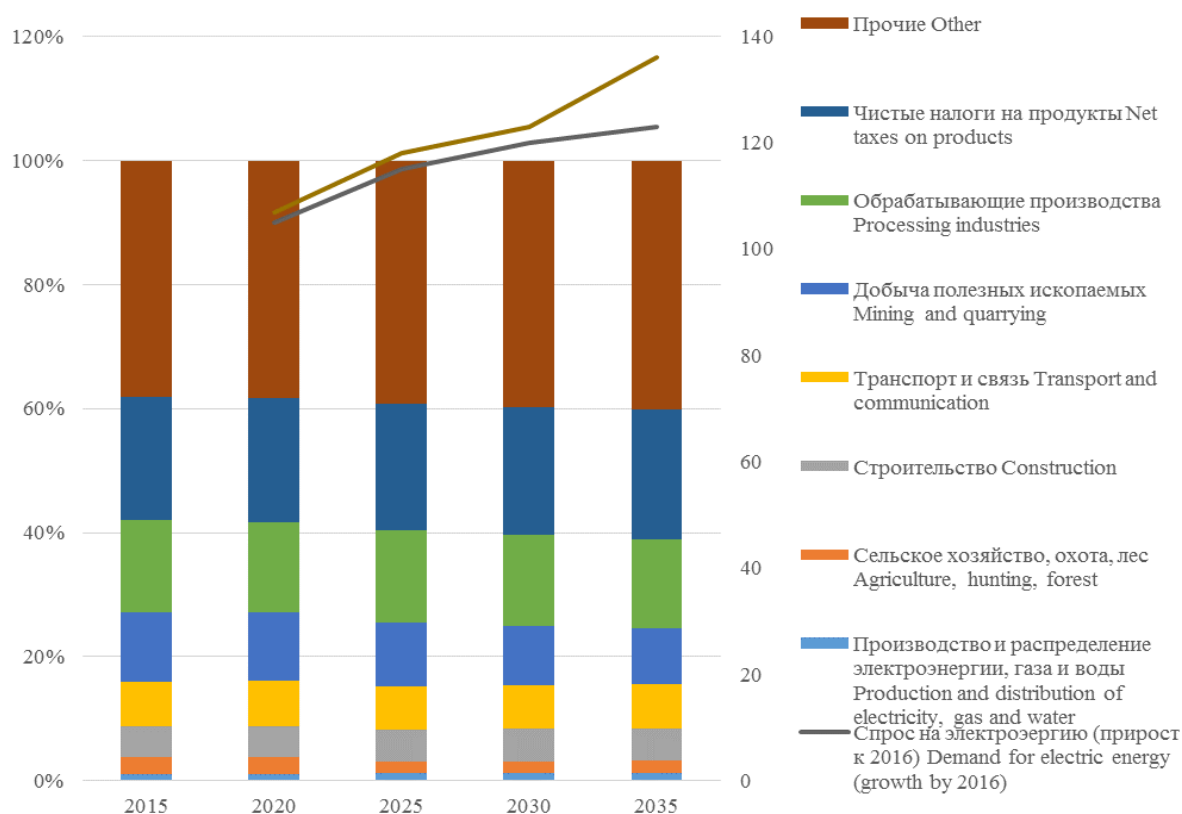


Рисунок 1. Прогноз роста ВВП и спроса электроэнергии в России на период 2016–2035 годов по базовому варианту
Figure 1. The forecast of GDP growth and electricity demand in Russia for the period 2016–2035 according to the base case (in%)

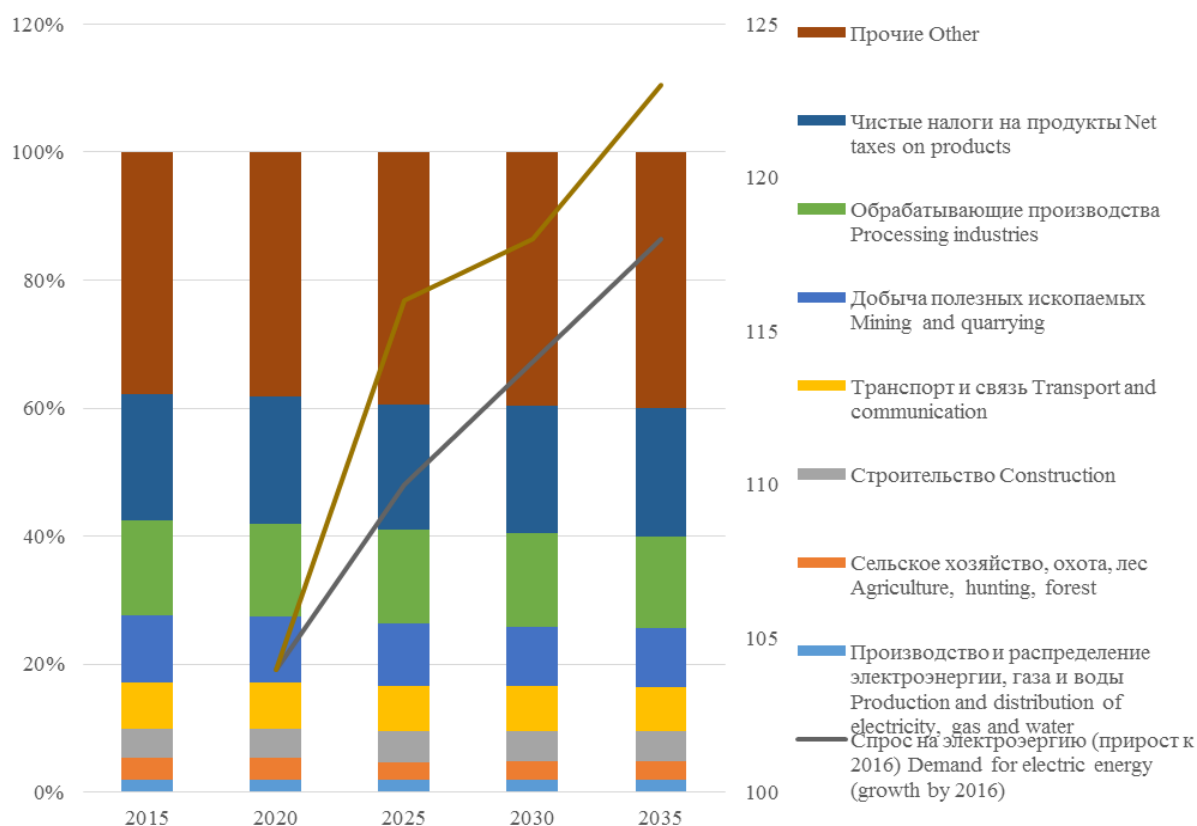


Рисунок 2. Прогноз роста ВВП и спроса электроэнергии в России на период 2016–2035 годов по консервативному варианту
Figure 2. The forecast of GDP growth and electricity demand in Russia for the period 2016–2035 according to the conservative option (in%)

На различия в прогнозе спроса базового и консервативного варианта влияют ряд тенденций, относимых как к общему росту ВВП России, так и к структурным преобразованиям экономической отрасли и видов ее деятельности, что в итоге отражается и на разности темпов повышения энергетической эффективности [2, 3].

Согласно данным Федеральной службы государственной статистики на 2016 год из 255 ГВт общей установленной мощности электростанций в России на централизованную часть снабжения энергосистемой пришлось порядка 237 ГВт (рисунок 3). Структура генерирующих мощностей содержит тепловые электростанции, разделенные на теплоэлектроцентрали и конденсационные электростанции (далее КЭС),

вырабатывающие только электрическую энергию без тепловой, а также возобновляемые источники энергии, атомные и гидроэлектростанции.

Единая энергосистема России состоит из 7 объединенных энергосистем (далее ОЭС) Центральной, Уральской, Сибирской, Северо-Западной, Средней Волги, Южной, Восточной и изолированной энергосистемы [7]. Доля совокупной мощности в 60% находится в первых трех, вдобавок отличительной чертой российской энергосистемы является преобладание ТЭС над другими видами мощностей, данный показатель варьируется от 50% до 93% в зависимости от ОЭС, при среднем значении в 69%, по данным отчета СО ЕЭС о функционировании ЕЭС России в 2016 году (рисунок 3).

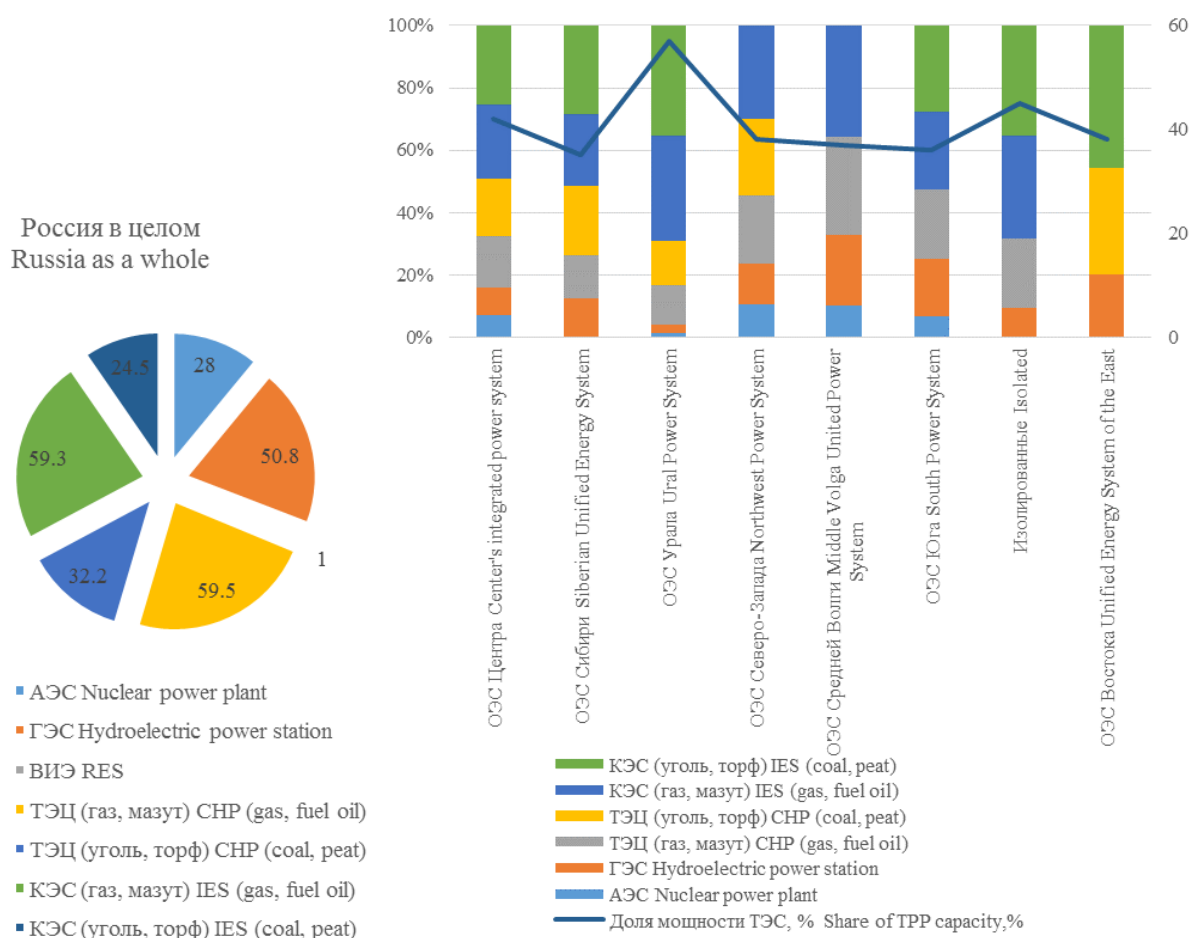


Рисунок 3. Общая установленная мощность электростанций в России (Слева) и по объединенным энергосистемам (Справа) и доля ТЭС в энергобалансе в 2016 году

Figure 3. The total installed capacity of power plants in Russia and for the combined power systems and the share of thermal power plants in the energy balance in 2016

Значительная доля существующих ТЭС имеют давний срок ввода в эксплуатацию, и на сегодняшний момент по оценке ИНЭИ РАН возраст оборудования станций составляет в среднем порядка 31–33 лет, в зависимости от типов тепловых электростанций [5].

И после завершения программ «Договоров о предоставлении мощности» (далее ДПМ)

в ближайшее время без новых инвестиций в обновления мощностей к 2025 году средний возраст ТЭС составит уже 42 года.

Тем не менее при принятии решения о вложении инвестиций руководствоваться только показателем возраста является ошибкой, поскольку не учитывается ряд факторов в виде ремонтных и модернизационных работ

оборудования станций, его состояния, интенсивности и времени использования на протяжении жизненного цикла работы. Показатель, отражающий данные факторы и позволяющий установить оставшийся срок работы, определяется через разность общего эксплуатационного ресурса и совокупной наработки, отнесенный к прогнозируемому годовому времени работы определенного блока энергооборудования.

В рамках исследования выделяется парковый ресурс, в котором обеспечивается безаварийная эксплуатация оборудования, также дополнительный ресурс, установленный в ходе индивидуальной оценки состояния оборудования вдобавок парковому, который способен повышать срок эксплуатации на 15 или даже 30 лет, и назначенный ресурс – итоговая суммарная наработка, после которой эксплуатация оборудования прекращается.

По истечению назначенного эксплуатационного ресурса возникает ряд инвестиционных вариантов относительно дальнейшего функционирования, которые может принять владелец тепловой электростанции:

- увеличение эксплуатационного ресурса ТЭС с отсутствием крупномасштабной модернизации при допустимости состояния после экспертной оценки;

- продление срока эксплуатационного ресурса с помощью масштабной модернизации с заменой энергооборудования;

- существенная реконструкция ТЭС за счет повышения энергетической эффективности;
- консервирование ТЭС;
- полный вывод теплоэлектростанции из эксплуатации.

Отбор наиболее целесообразных решений владелец выполняет на основе оценки экономической эффективности максимально возможных доступных вариантов, учитывая влияние на состояние общей энергосистемы и мнения регуляторов отрасли по данному вопросу. Согласно официальным данным Министерства энергетики России, вывод из эксплуатации установленной мощности в ЕЭС России за 8 летний период с 2011–2018 годов составил 14 ГВт, что обуславливается редким сценарием принятия данного решения [2].

На рисунке 4 представлены графики падения установленной мощности теплоэлектростанций по ОЭС российской энергосистемы, которые не требуют вложения инвестиций и капитала после отработанного паркового ресурса и в ожидании оценки дополнительного на 10 или 20 лет, ввиду возрастающей неопределенности режимов эксплуатации энергетических блоков станций. Учет данных до 2020 года принимается исходя из материалов Схемы и программы развития Единой энергосистемы России на период 2018–2024 годов (далее СИПР), а дальнейший прогноз согласно данным ИНЭИ РАН [1].

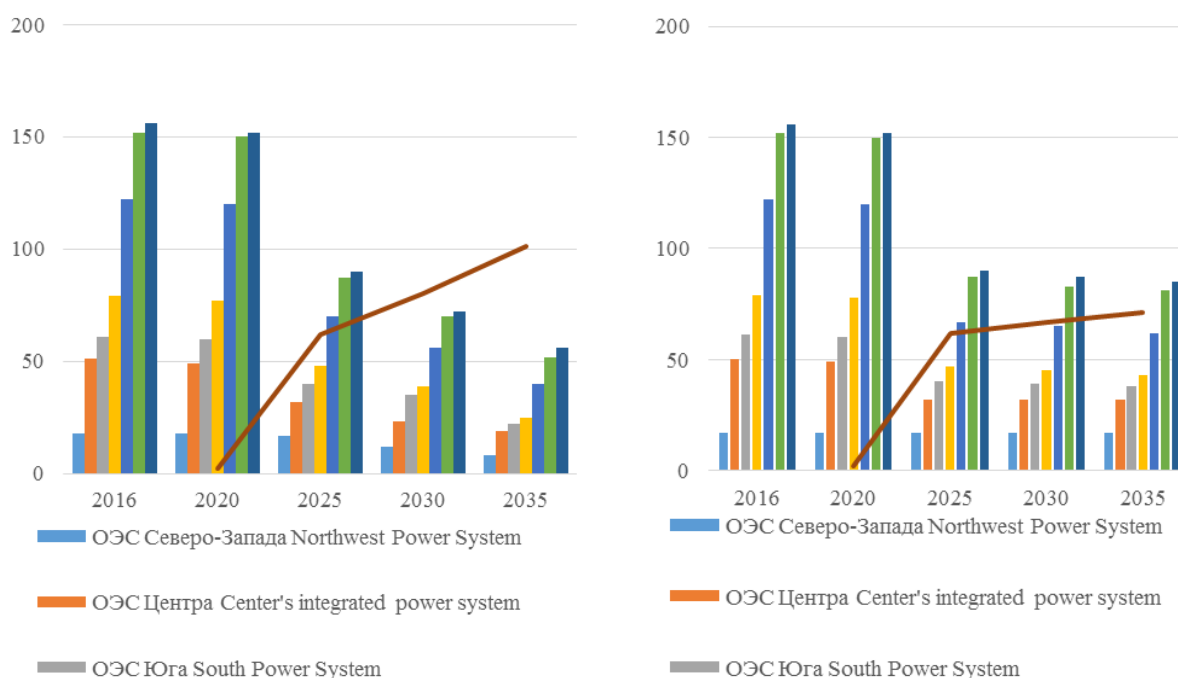


Рисунок 4. Падения установленной мощности теплоэлектростанций по ОЭС российской энергосистемы, которые не требуют вложения инвестиций, с учетом продления срока эксплуатации на 10 или 20 лет после истощения паркового ресурса, ГВт

Figure 4. The fall of the installed capacity of thermal power plants of IPS of the Russian energy system, which do not require investments, taking into account the lifetime extension for 10 or 20 years after the exhaustion of economic life, GW

Согласно оценке ИНЭС РАН, наиболее вероятным окажется рост установленных мощностей, которым потребуются инвестиции, в части угольных КЭС, данный показатель составит порядка 36 ГВт к 2035 для газомазутных электростанций, что является 74% уровнем 2015 года, и 17 ГВт или 70% для угольных соответственно. Причем наиболее кризисное состояние окажется в ОЭС Урала, в регионе данной энергосистемы к 2025 и 2035 году потребуются инвестиций и принятых решений по 26 ГВт и 34 ГВт мощностей

теплоэлектростанций соответственно, что составит 56% и 71% от значения установленных мощностей ТЭС в 2015 году [6].

Совокупная мощность ТЭС в ЕЭС России, требуемая к рассмотрению на предмет инвестиционных решений, составит порядка 70–100 ГВт на период до 2035 года, причем к 2025 году необходимо принятие решений по 60 ГВт действующих мощностей, которые эксплуатируются в назначенном ресурсе при давнем достижении паркового, что представлено на рисунке 5.

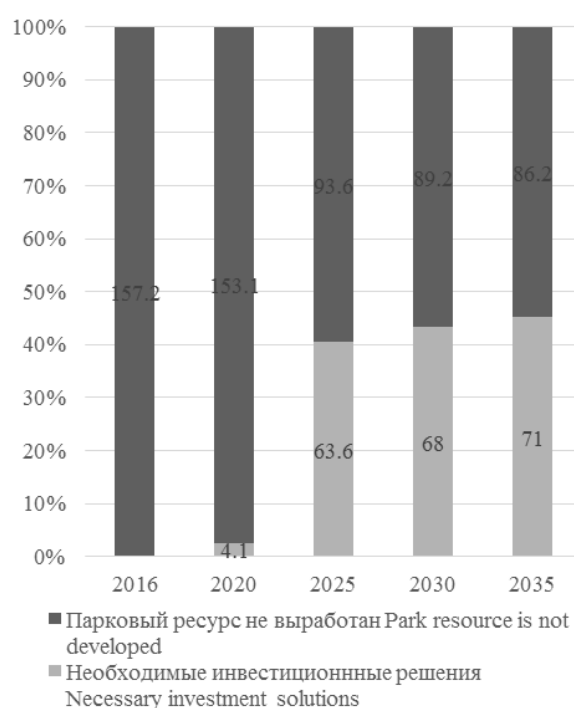
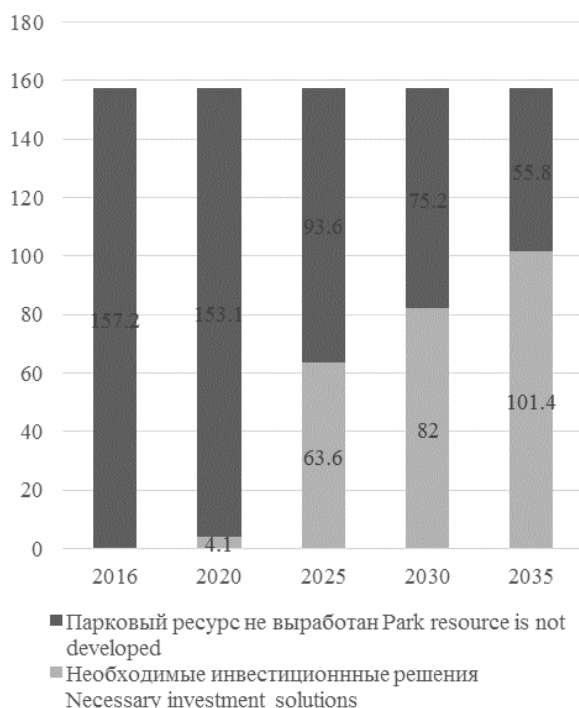


Рисунок 5. Доля установленной мощности действующих ТЭС в ЕЭС России, требующих принятия инвестиционных решений, с учетом дополненного ресурса эксплуатации на 10 и 20 лет после истощения паркового, ГВт

Figure 5. The share of installed capacity of existing TPPs in the UES of Russia requiring investment decisions, taking into account the extended service life of 10 and 20 years after the exhaustion of the park, GW

Рост установленной мощности атомных электростанций, а также ГЭС и станций на базе ВИЭ принимаются исходя из данных Генеральной схемы размещения энергетических объектов [1].

Так рост АЭС в Единой энергосистеме, преимущественно в существующих регионах данных станций, прогнозируется на 7,5 ГВт установленной мощности со среднегодовым темпом на уровне 1,2%.

Повышение мощности ГЭС в российской энергосистеме прогнозируется в сибирском и дальневосточном регионе со среднегодовым темпом роста в 0,5%, что составляет приблизительно 4,3 ГВт дополнительной мощности.

А повышение мощности крупных электростанций на базе ВИЭ сосредоточено по большей мере в южной, волжской и северо-западной части России, и в совокупности ожидается на 2,8 ГВт.

Таким образом, суммарный прирост установленной мощности электростанций на основе ВИЭ, ГЭС и АЭС прогнозируется на уровне 14,5 ГВт со среднегодовым темпом роста 0,9%, согласно материалам Генеральной схемы до 2035 года.

На рисунке 6 представлен комбинированный анализ базового и консервативного вариантов сценария, учитывающих рост спроса на мощность и электроэнергию, нормативного резерва, повышение мощности тепловых электростанций, требующих инвестиций и принятия решений по их деятельности для 20 летнего продления дополнительного ресурса, а также электростанций на базе ВИЭ, ГЭС и АЭС, который оценивает вероятные значения дополнительных потребностей в генерирующих мощностях на период до 2035 года, используя данные анализа центра СКОЛКОВО [6].

Итоговые полученные результаты анализа согласно данным ИНЭИ РАН демонстрируют перспективный потенциал потребности российской энергосистемы в генерирующих мощностях в значениях 34–40,8 ГВт к 2025 году и 53,7–66,3 ГВт к 2035 году, за счет необходимости

принятия инвестиционных решений относительно крупных теплоэлектростанций, походящих к окончанию своего ресурса, преимущественно в европейской части России, ввиду основной локации действующих ТЭС в данном регионе. Результаты анализа представлены на рисунке 7.

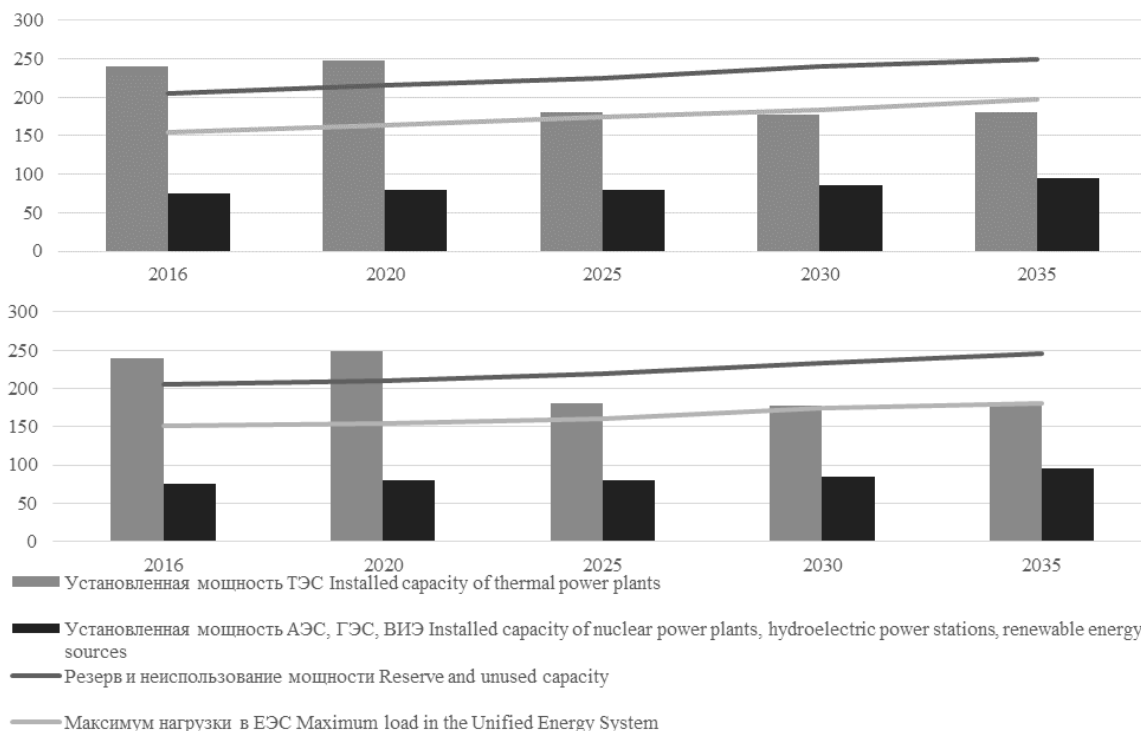


Рисунок 6. Базовый и консервативный сценарий прогноза баланса мощностей в ЕЭС России, ГВт

Figure 6. Basic and conservative scenario forecasting the power balance in the Unified Energy System of Russia, GW

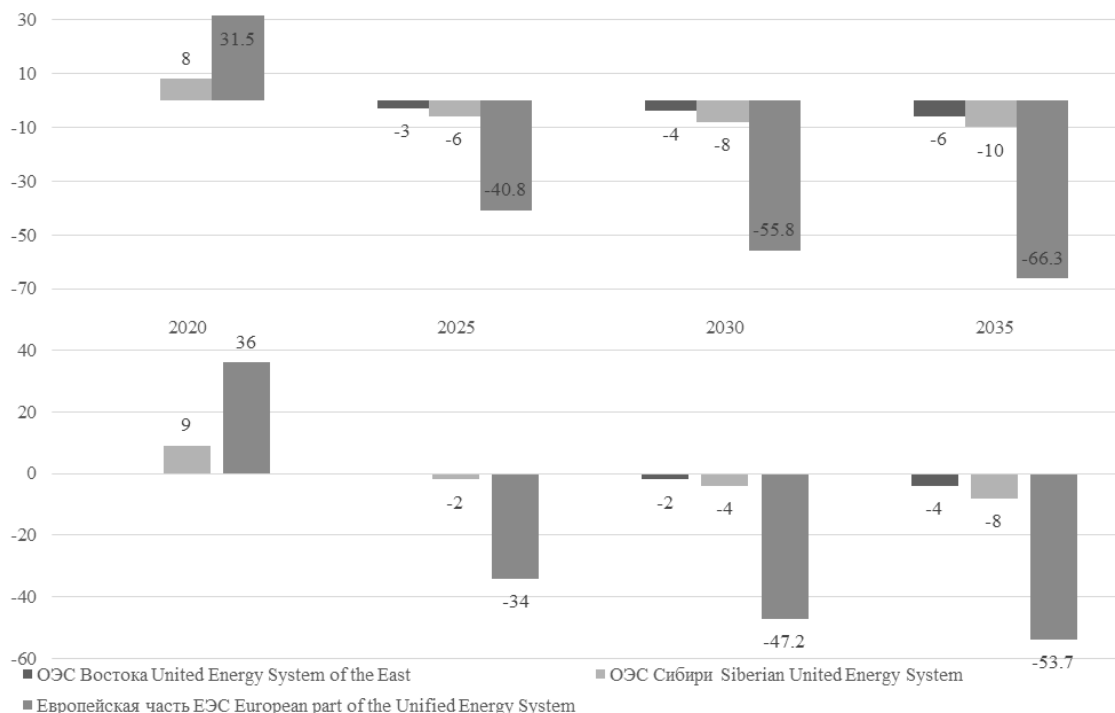


Рисунок 7. Избыток и дефицит генерирующих мощностей по частям ЕЭС – для базового прогноза спроса (вверху) и консервативного (внизу), ГВт

Figure 7. Excess and deficit of generating capacities in parts of the Unified Energy System – for the basic forecast of demand and conservative, GW

Таким образом, прогнозируемая потребность в генерирующих мощностях, составляющая от 54 ГВт до 66 ГВт к 2035 году в ЕЭС России по причине необходимых капиталовложений относительно 70 ГВт, выбывающих ТЭС, является весомым потенциалом внедрения технологий распределенной энергетики.

Существует несколько возможных вариантов компенсации данной потребности в генерирующих мощностях:

- традиционной моделью развития с помощью модернизации и реконструкции крупных тепловых электростанций или строительство новых мощностей с выводом устаревших из эксплуатации;
- развития и внедрения технологий распределенной энергетики.

В первую очередь необходимо определить какой потенциал потребности в генерирующих мощностях способно нивелировать с помощью технологий распределенной энергетики.

В рамках магистерской диссертации в качестве наиболее перспективных технологий в России относительно общего потенциала РЭ являются распределенная когенерация (далее РКГ), которая является наиболее часто применяемой в российских реалиях, собственная, и в том числе малая и микрогенерация, генерация на базе возобновляемых источников, управление спросом, повышение энергоэффективности и энергосбережение, поскольку на данный момент такие технологии, как электромобили и распределенные накопители в России применяются достаточно редко.

Совокупный потенциал когенерации следует разделить на 3 составляющие:

1. Потенциал функционирования распределенной когенерации относительно теплового графика нагрузки выбывающих ТЭЦ, то есть обеспечение роста РКГ при падении отпуска тепловой энергии крупными центрами.

В случае вывода из эксплуатации потенциальных 70 ГВт мощности тепловых электростанций к 2035 году, включая 30 ГВт ТЭЦ по базовому сценарию, падение значения отпуска тепловой энергии составит 26% и 30% к 2025 и 2035 году, соответственно. Так при замене выбывающих мощностей теплоэлектроцентралей на РКГ, функционирующих по тепловой нагрузке, потенциальная мощность составит порядка 20 ГВт в периоде к 2030 году [16].

2. Потенциал обеспечения роста прогнозируемого спроса на тепловую энергию за счет повышения мощности распределенной когенерации;

Согласно прогнозу ИНЭИ РАН, рост спроса на теплоэнергию на период к 2035 году составит 6% со среднегодовым темпом в 0,3%. Однако среднегодовой темп роста отпуска тепловой энергии от теплоэлектроцентралей оценивается в 1,2% и составит 26% на период к 2035 году, поскольку технологии ТЭЦ являются более энергетически эффективными, что соответственно влияет на их частоту применения. Повышение потребления тепловой энергии возможно обеспечить с помощью объектов РКГ, чья мощность к 2035 году, оценивается в 18 ГВт.

3. Потенциал замены или реконструкции доли котельных на мощности распределенной когенерации.

По прогнозу ИНЭИ РАН, данный потенциал способен компенсировать оставшиеся требуемые дополнительные мощности в полном объеме, что составит 30 ГВт установленной электрической мощности объектов распределенной когенерации к 2035 году.

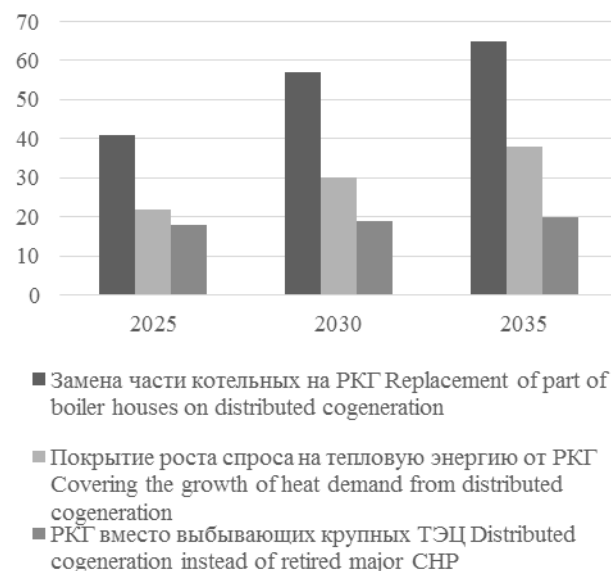


Рисунок 8. Потенциал распределенной когенерации в России, ГВт

Figure 8. Distributed cogeneration potential in Russia, GW

Оценка института энергетических исследований демонстрирует значительный положительный эффект для российской энергосистемы при развитии данного сценария, поскольку новые мощности РКГ, эксплуатирующийся по тепловому графику нагрузки, приведут к росту загрузки ТЭС большой мощности приблизительно на 14% до 2035 года, в виду более низкого коэффициента использования мощности по электроэнергии объектов РКГ относительно крупных теплоэлектростанций. Что в итоге, приведет к повышению выработки теплоэнергии с помощью технологии когенерации, включая крупную, до 70% уровня к 2035 году и падению выбросов вредных веществ.

В настоящее время применение технологии микрогенерации на базе ВИЭ встречается достаточно редко, существуют индивидуальные разрозненные примеры реализации данных станций в Краснодаре, Калининграде и других регионах. Однако, в мировой практике применение технологий распределенной генерации на базе ВИЭ является наиболее развитым, что отражается на их лидирующих позициях по динамике роста.

Совокупный потенциал развития распределенной генерации на базе ВИЭ в России

составил порядка 86,6 ГВт мощности, а учитывая ряд факторов в виде КПД установок и климатических особенностей, отраженных в КИУМ, то 11 ГВт, что представлено на рисунке 16, согласно данным Росреестра и оценкам ИНЭИ РАН [3]. Наибольший потенциал установленной мощности в 67% содержится в Центральном, Приволжском и Южном регионах, однако, максимальный КИУМ определен в Северо-Кавказском регионе [17].

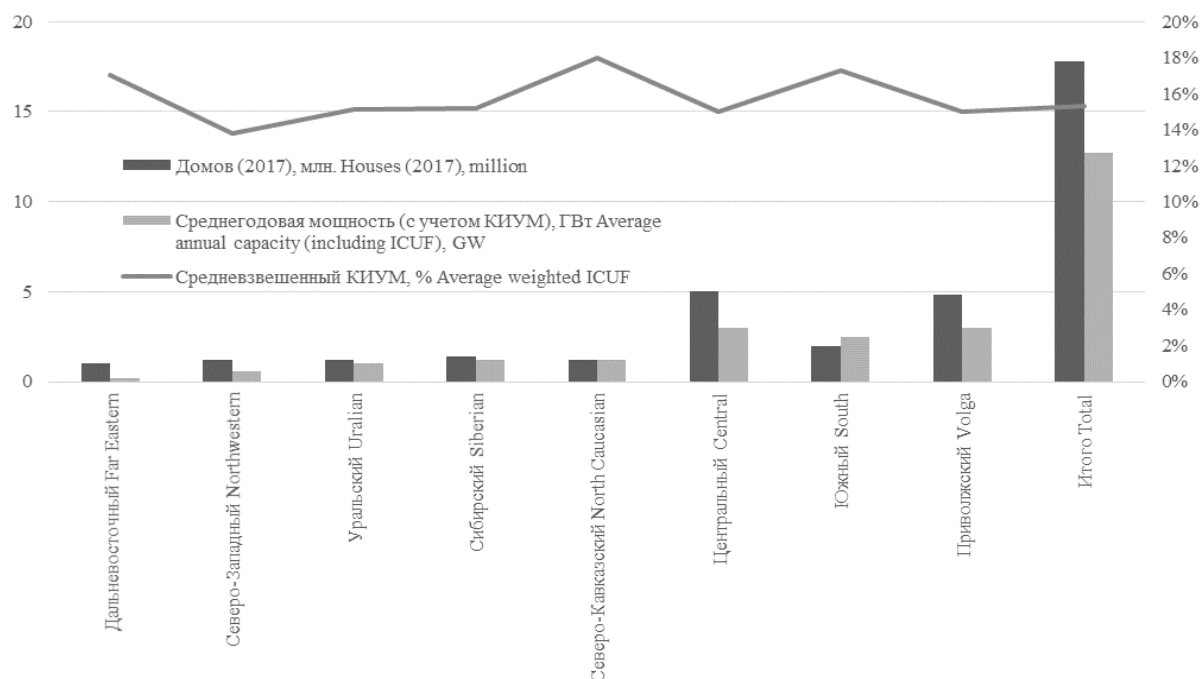


Рисунок 9. Среднегодовая мощность крышных панелей с учетом инсоляции (ГВт)

Figure 9. Average annual power of roof panels taking into account insolation (GW)

Стоит заметить, что существует проблема точного определения доли и динамики изменения объектов собственной распределенной генерации в энергосистеме России, ввиду того, что ключевые регуляторы энергетической отрасли и органы государственной статистики не выделяют и не ведут в своих публичных аналитических отчетах учет величины распределенной генерации в стране. И также возникают сложности идентификации и отнесение крупных электростанций большой мощности к распределенной энергетике.

На рисунке 10 представлен прогноз графика ввода мощностей распределенной собственной генерации до 2035 года, выполненный на основе данных консалтинговой компании «McKinsey & Company», Системного оператора ЕЭС и Росстата за 10 летний период. Среднегодовой темп роста мощностей генерации по представленным сегментам составил 6% [6].

Таким образом, основанный на исторических данных вероятный перспективный прогноз ввода дополнительных мощностей позволил

выявить потенциал в 12 ГВт для малой и средней генерации и 32 ГВт, включая крупную, на период до 2035 года.

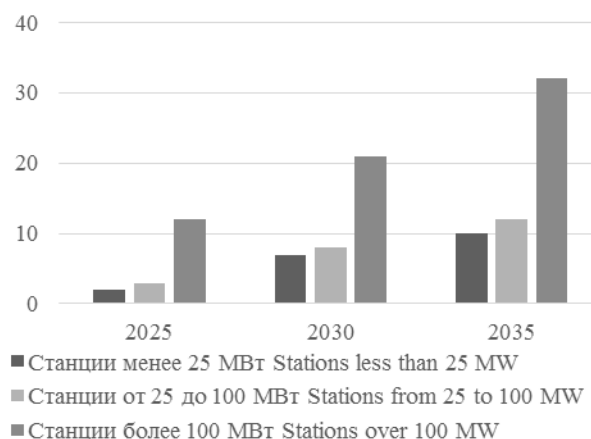


Рисунок 10. Темп роста мощности собственной генерации до 2035 года, ГВт

Figure 10. Own generation capacity growth rate until 2035, GW

Прогноз потенциала технологии управления спросом оценивался с помощью анализа пиковых нагрузок в объединенных энергосистемах России в интервалах от 93% до 100% от годового максимального значения потребления энергии и от 95% до 100% по данным СО ЕЭС России. Так, данные значения в ОЭС Европейской части России и Урала составили 385 часов и 196 часов соответственно, для компенсации которых потребовалось 8,3 и 6 ГВт мощности в 2016 году. Приблизительно 11 ГВт установленной мощности используется на протяжении всего 5% годового времени для 5 отдельных ОЭС России с аналогичной ситуацией и в сибирской ОЭС, что представлено на рисунке 18 согласно отчету СО ЕЭС России.

Следственно, совокупный потенциал технологии управления спросом составил около 13 ГВт, для первой и второй ценовой зоны 10 ГВт и 3 ГВт соответственно.

По данным ЦЭНЭФ, по состоянию на 2011 год потенциал энергосбережения составлял приблизительно 35% от годового энергопотребления, в основном за счет энергоэффективных технологий в промышленности и недвижимости,

что являлось на тот момент значением в 379 млрд кВт·ч [8].

В оценке прогноза спроса на электроэнергию ИНЭИ РАН уже закладывался потенциал энергосбережения в значениях 108 млрд кВт·ч до 2035 года [24].

Однако при усилении привлечения инвестиций в развитие энергосберегающих и энергоэффективных технологий на территории Российской Федерации имеется возможность к дополнительному сокращению энергопотребления в 5–8% от совокупного объема 2018 года или 54,5–87,3 млрд кВт·ч и соответствует около 6–12 ГВт установленной мощности генерирующих объектов.

На рисунке 11 представлена итоговая оценка суммарного потенциала технологий распределенной энергетики в качестве компенсации потребности в дополнительных мощностях до 2035 года в России при частичном использовании возможностей каждой из них, ввиду ограничивающих барьеров и рисков незначительной инвестиционной активности в энергетической отрасли исходя из выше представленных данных.

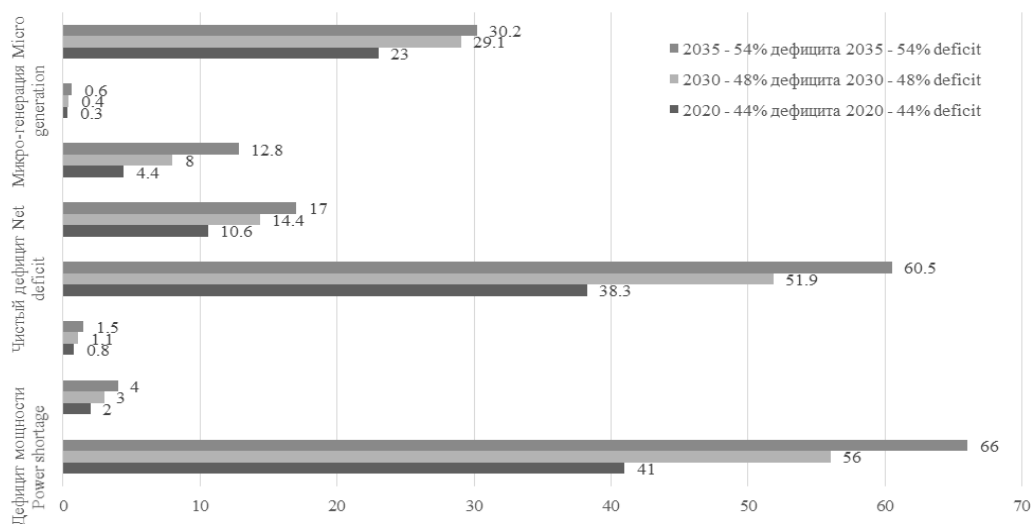


Рисунок 11. Совокупный потенциал технологий распределенной энергетики при частичном его использовании в ЕЭС России на период 2020–2035 гг., ГВт

Figure 11. The total potential of distributed energy technologies with its partial use in the UES of Russia for the period 2020–2035, GW

Заклучение

Анализ демонстрирует высокий потенциал внедрения технологий распределенных энергоресурсов даже при частичном его использовании, поскольку имеет возможность компенсировать до половины прогнозируемой дополнительной генерирующей мощности в 36 ГВт, требуемой в ЕЭС России на период до 2035 года. Причем максимальным потенциалом обладает технология распределенной когенерации приблизительно в 17 ГВт. А собственная генерация, управление

спросом, энергосбережение и повышение энергоэффективности, а также микрогенерация на ВИЭ суммарно обладает возможностью обеспечить 19,1 ГВт мощности, что в отдельности составляет 13 ГВт, 4 ГВт, 1,5 ГВт и 0,6 ГВт соответственно.

Однако, данный потенциал использовать в случае реализации изменений сложившихся практик и нормативного регулирования в электроэнергетической отрасли. Стоит отметить, при таком сценарии освоения полного потенциала технологий распределенной энергетики дефицит генерирующей мощности компенсируется полностью.

Литература

- 1 Афанасьев М.Ю., Лысенкова М.А. Подход к анализу и сопоставлению национальных инновационных систем на примере России и других стран // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 434–442. doi: 10.20914/2310-1202-2019-1-434-442
- 2 Баринова В., Ланшина Т. Методологические подходы к анализу возможностей развития ветровой и солнечной энергетики в России. 2017. doi:10.2139/ssrn.2957555
- 3 Баланс энергоресурсов за 2016–2018 г. Федеральная служба государственной статистики. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/prom/en_balans.htm
- 4 Журавлев Ю.В., Куксова И.В., Губерт Е.А. Оценка инновационного развития Российской Федерации на основе индикаторов концепции и стратегии 2020 года // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 2. С. 377–382. doi:10.20914/2310-1202-2019-2-377-382
- 5 Некрасов С.А. О приоритетах развития системы энергоснабжения Российской Федерации. М.: Издательство ИПП РАН, 2019. 62 с. URL: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2019/07/o-prioritetah-razvitiya-sistemy-energospabzheniya-rossijskoj-federatsii.pdf>
- 6 Прогноз развития энергетики мира и России до 2040 года (2019). Институт энергетических исследований Российской академии наук. URL: https://www.eriras.ru/fi/les/forecast_2040.pdf
- 7 Распределенная энергетика в России: потенциал развития. Энергетический центр Московской школы управления СКОЛКОВО, 2019. URL: http://ntc-msk.ru/assets/upload/docs/news/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2019.02.01.pdf
- 8 Ховалова Т.В., Жолнерчик С.С. Эффекты внедрения интеллектуальных электроэнергетических сетей // Стратегические решения и риск-менеджмент. 2018. №2. С. 92–101. doi: 10.17747/2078-8886-2018-2-92-101
- 9 Чаплыгина М.А., Белоусов Р.С. Мировой опыт автономного энергоснабжения для российской глубинки // Аллея науки. 2017. Т. 2. № 16. С. 464–474.
- 10 Центр экономических и финансовых разработок (ЦЭФИР). 2020. URL: <http://ecsocman.hse.ru/text/16077923/>
- 11 Jiayi H., Chuanwen J., Rong X. A review on distributed energy resources and MicroGrid // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008. V. 12. № 9. P. 2472–2483. doi: 10.1016/j.rser.2007.06.004
- 12 Lopes J.A.P. et al. Integrating distributed generation into electric power systems: A review of drivers, challenges and opportunities // Electric power systems research. 2007. V. 77. № 9. P. 1189–1203. doi: 10.1016/j.epsr.2006.08.016

References

- 1 Afanasiev M.Yu., Lysenkova M.A. Approach to the analysis and comparison of national innovation systems on the example of Russia and other countries. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 434–442. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-434-442 (in Russian).
- 2 Barinova V., Lashina T. Methodological Approaches to the Analysis of the Development Opportunities for Wind and Solar Energy in Russia. 2017. doi: 10.2139/ssrn.2957555 (in Russian).
- 3 The balance of energy resources for 2016–2018. Federal State Statistics Service. Available at: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/business/prom/en_balans.htm (in Russian).
- 4 Zhuravlev Yu.V., Kuksova I.V., Gubertov E.A. Evaluation of innovative development of the Russian Federation based on the 2020 vision and strategy indicators. Proceedings of VSUET. 2019. vol. 81. no. 2. pp. 377–382. doi:10.20914/2310-1202-2019-2-377-382 (in Russian).
- 5 Nekrasov S.A. On the priorities for the development of the energy supply system of the Russian Federation. Moscow, INP RAS Publishing House, 2019. 62 p. Available at: <https://ecfor.ru/wp-content/uploads/2019/07/o-prioritetah-razvitiya-sistemy-energospabzheniya-rossijskoj-federatsii.pdf> (in Russian).
- 6 Forecast of the development of energy in the world and in Russia until 2040 (2019). Institute for Energy Studies of the Russian Academy of Sciences. (in Russian).
- 7 Distributed energy in Russia: development potential. Energy Center of the Moscow School of Management SKOLKOVO, 2019. Available at: http://ntc-msk.ru/assets/upload/docs/news/SKOLKOVO_EneC_DER-3.0_2019.02.01.pdf (in Russian).
- 8 Hovalova T.V., Zholnerchik S.S. The effects of the introduction of smart grids. Strategic decisions and risk management. 2018. no. 2. pp. 92–101. doi: 10.17747/2078-8886-2018-2-92-101 (in Russian).
- 9 Chaplygina M.A. World experience of autonomous energy supply for the Russian countryside. Alley science. 2017. vol. 2. no. 16. pp. 464–474. (in Russian).
- 10 Center for Economic and Financial Research. 2020. Available at: <http://ecsocman.hse.ru/text/16077923/> (in Russian).
- 13 Jiayi H., Chuanwen J., Rong X. A review on distributed energy resources and MicroGrid. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008. vol. 12. no. 9. pp. 2472–2483. doi: 10.1016/j.rser.2007.06.004
- 14 Lopes J.A.P. et al. Integrating distributed generation into electric power systems: A review of drivers, challenges and opportunities. Electric power systems research. 2007. vol. 77. no. 9. pp. 1189–1203. doi: 10.1016/j.epsr.2006.08.016

Сведения об авторах

Галина С. Армашова-Тельник к.э.н., доцент, кафедра программно-целевого управления в приборостроении, Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения, ул. Большая Морская, 67, г. Санкт-Петербург, 190000, Россия, atgs@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9370-5875>

Вклад авторов

Галина С. Армашова-Тельник написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Galina S. Armashova-Telnik Cand. Sci. (Engin.), associate professor, bakery technology, confectionery, pasta and grain processing industries department, St. Petersburg State University aerospace instrumentation, St. Petersburg, Ru, 190000, atgs@ya.ru
 <https://orcid.org/0000-0001-9370-5875>

Contribution

Galina S. Armashova-Telnik wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Поступила 08/10/2019	После редакции 12/11/2019	Принята в печать 16/12/2019
Received 08/10/2019	Accepted in revised 12/11/2019	Accepted 16/12/2019