

ОГРАНИЧЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ, КАК ФАКТОР РАЗВИТИЯ АКТИВНЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

© А. П. Дзюба, А. В. Семиколенов

ЮУГУ (НИУ), Челябинск, Россия

Одним из фундаментальных условий, обеспечивающих стабильное и устойчивое развитие экономики России, является развитие отраслей топливно-энергетического комплекса. Топливо-энергетический комплекс обеспечивает энергетическими ресурсами все отрасли экономики России. Для большинства территорий страны, расположенных в территориях с преимущественно низкими температурами воздуха, от качества функционирования энергетической инфраструктуры зависит уровень жизнеобеспечения целых городов и регионов. Поэтому вопрос совершенствования и развития отраслей энергетики для экономики России имеет важнейшее теоретическое и практическое значение. Целью настоящего исследования является выявление современных перспективных направлений развития топливно-энергетического комплекса России, действующего в условиях ограничений со стороны электросетевой инфраструктуры. В результате проведенного исследования выявлено, что, несмотря на значительные резервы генерирующей инфраструктуры электроэнергетики России, существенным ограничителем к росту спроса на потребление электроэнергии промышленностью выступает отсутствие свободных электросетевых мощностей в распределительных электрических сетях региональных территориальных электросетевых организаций. На рынке оказания услуг по технологическому присоединению потребителей электроэнергии выявлена высокая доля неудовлетворенных заявок потребителей электроэнергии на технологическое присоединение и высокая удельная стоимость технологического присоединения. Такое обстоятельство существенно ограничивает возможности для подключения нового электропотребляющего оборудования, создания новых предприятий и производств, и приводит к снижению темпов экономического роста в стране. Эти обстоятельства стимулируют развитие технологий малой распределенной генерации, не требующей затрат на технологическое присоединение к сетям электросетевых организаций, а также исключающих необходимость оплаты услуг по передаче электроэнергии. Условия ограничений свободных электросетевых мощностей в ближайшей перспективе приведут к развитию активных энергетических комплексов в России. Применение активных энергетических комплексов позволяет сформировать новые свойства функционирования Единой энергетической системы России, повысить надежность режимов и снизить затраты на потребление электроэнергии.

Ключевые слова: активные энергетические комплексы, потребление электроэнергии, потребление природного газа, энерготарифы, возобновляемые источники энергии, энергобаланс, энергосбережение, энергетическая эффективность, малая распределенная генерация, ДПМ ВИЭ, ВИЭ.

Введение. Постепенное истощение мировых запасов топливно-энергетических ресурсов приводит к росту их стоимости на мировых энергетических рынках. Для большинства стран мира, не имеющих собственных запасов энергетического сырья, затраты на потребление энергетических ресурсов ежегодно увеличиваются, что постепенно сокращает

возможности для экономического развития. Также использование традиционных источников энергетического сырья, таких как уголь, нефтепродукты и природный газ, оказывает негативное влияние на экологическое состояние окружающей среды. В большинстве стран мира введены изменения в законодательство, направленные на необходимость стимулирования

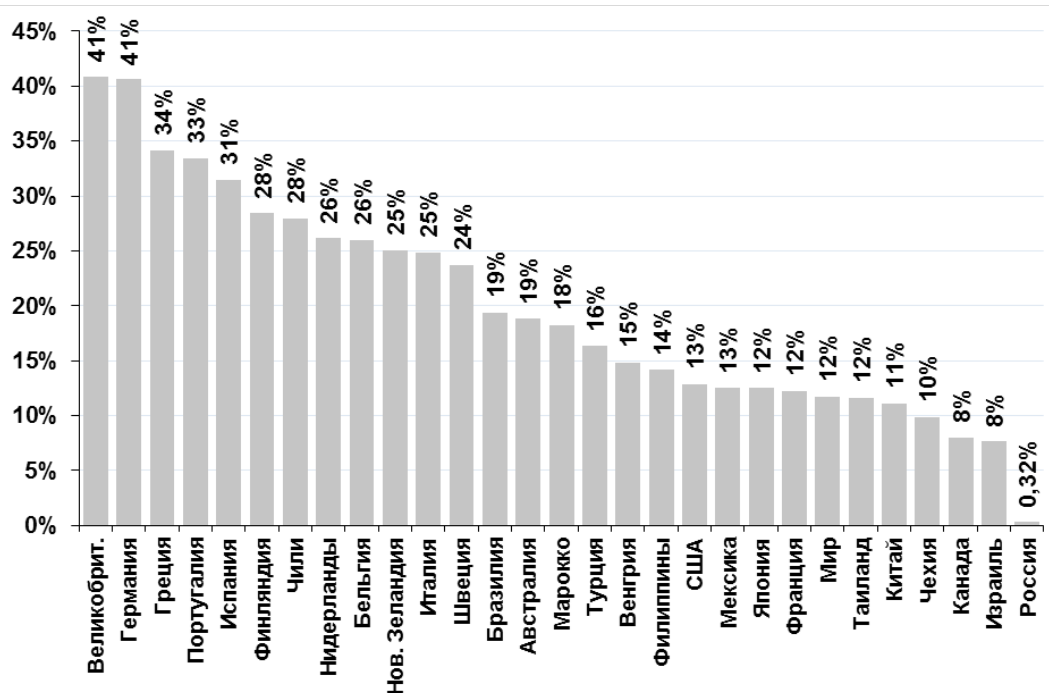


Рис. 1. Доля выработки электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии по странам мира в 2020 году [4]

ния мероприятий, направленных на снижение экологической нагрузки объектами энергетики [1].

Одним из направлений снижения затрат на выработку энергетических ресурсов и повышение экологичности функционирования отраслей топливно-энергетического комплекса выступает создание и развитие технологий использования возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ) [2]. Развитие технологий ВИЭ является ключевым направлением энергетической политики большинства стран мира, что привело к существенному росту доли электроэнергии, вырабатываемой ВИЭ в структуре энергобаланса многих стран мира. На рисунке 1 представлена диаграмма доли выработки электроэнергии на основе возобновляемых источников энергии по странам мира в 2020 году. Несмотря на то, что в большинстве стран мира доля ВИЭ в структуре энергобаланса превышает четверть от объемов потребления электроэнергии, в России данный показатель не превышает 0,4%.

При этом Российская Федерация замыкает тройку мировых энергетических лидеров по объемам производства первичных энерго-

ресурсов, после Китая и США. Доля России в мировом энергобалансе составляет 10% от общей величины потребляемых энергетических ресурсов. В 2020 году 47,6% производимой энергии в России было направлено на экспорт. Россия производит 17,6% мирового природного газа и является 2 по объемам мировым экспортером после Саудовской Аравии [3].

Основная часть. Россия полностью обеспечивает собственный спрос на потребление энергетических ресурсов из внутренних ресурсных источников. Основная доля фондов электроэнергетического хозяйства также была создана в период СССР и с учетом спада объема потребления электроэнергии, связанного с остановкой большинства промышленных производств, не требует существенных инвестиций на модернизацию. По этим причинам цены на электроэнергию, отпускаемую промышленным потребителям, действующим в России, являются по сравнению с большинством стран мира существенно низкими. На рисунке 2 представлена диаграмма показателей средней стоимости 1 кВт*ч электроэнергии в странах мира в 2020 году. Как следует из диаграммы, цены на электроэнергию в России более чем

в 2 раза ниже, чем во Франции, Португалии, Латвии, Испании, и более чем в 3 раза ниже, чем в Дании, Германии и Великобритании.

В условиях существенно низких цен на электроэнергию в России, генерирующим установкам действующими на основе ВИЭ достаточно сложно конкурировать за возможность выработки электроэнергии в Единую энергетическую систему. Стоимость электроэнергии, вырабатываемая ВИЭ в России, значительно выше электроэнергии, вырабатываемой на ТЭЦ и ГРЭС на основе использования традиционных энергетических ресурсов. При этом, учитывая место России в мировом энергетическом балансе, наличие мирового тренда в области развития и использования технологий ВИЭ в мировых топливно-энергетических комплексах, наличие существенного природно-ресурсного и климато-географического потенциала России для создания и развития ВИЭ,

в стране вводятся законодательные механизмы стимулирования к созданию ВИЭ.

Для стимулирования развития ВИЭ в России в 2019 году был принят Федеральный закон от 27.12.2019 №471-ФЗ «О внесении изменений в Федеральный закон «Об электроэнергетике» в части развития микрогенерации». Этот закон позволяет собственникам объектов микрогенерирующих установок мощностью до 15 кВт, действующих в частных домах, отпускать излишки вырабатываемой электроэнергии в электрическую сеть для продажи сбытовым компаниям по средневзвешенным ценам рынка электроэнергии. Указанная мера также позволит стимулировать развитие ВИЭ в России, однако из-за высокой стоимости оборудования и низких тарифов на электроэнергию для населения объемы ввода микрогенерации ВИЭ в ближайший период не будут значительными.

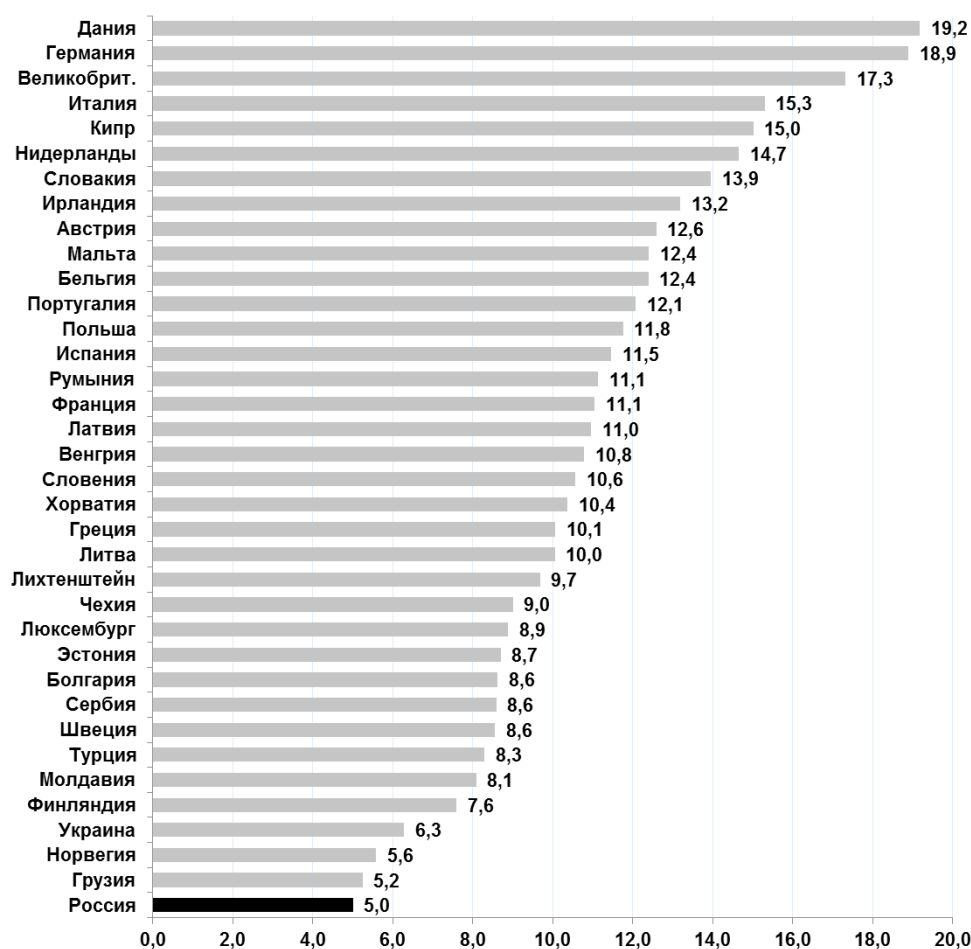


Рис. 2. Средняя стоимость 1 кВт*ч электроэнергии в странах мира в 2020 году (руб./кВтч) [5]

При этом динамика роста спроса на потребление электроэнергии в регионах России является постоянно растущей. На рисунке 3 представлена диаграмма динамики прироста потребления электроэнергии в регионах России за период 2010-2020 годов. Как следует из диаграммы, рост потребления электроэнергии за исследуемый период в некоторых регионах превысил 50%, в большинстве регионов рост электропотребления составил свыше 15%. За 2010-2020 годы рост электропотребления был выявлен в 60 регионах из 85. В тех регионах, в которых было выявлено снижение электропотребления, величина спада составила в среднем не ниже 6%.

Рост спроса на потребление электроэнергии в большинстве регионов России за период 2010-2020 годов, а также значительный потенциал экономического роста отечественной экономики дают основания предполагать о дальнейшем росте спроса на потребление электроэнергии как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе.

Помимо масштабов потребления электроэнергии и структуры выработки электроэнергии, отличие экономики России от большинства стран мира также проявляется в значительной доле потребления электроэнергии промышленным сектором в общей структуре потребления электроэнергии экономикой. Это связано с высокой долей энергоемких отраслей в структуре экономики России, таких как черная и цветная металлургия, тяжелое машиностроение, обрабатывающая промышленность, горнодобыча и пр.

На рисунке 4 представлена структура потребления электроэнергии в различных странах мира в 2020 году. Если доля потребления электроэнергии промышленностью в России в 2020 году составила 62,1%, то в Великобритании, Дании и Франции данные показатели в 2 раза ниже. Основной долей потребления электроэнергии в большинстве стран мира являются сектор услуг и население. В России доля потребления электроэнергии сектором услуг составляет 4%, а потребление электроэнергии населением – 15,8%. Учитывая выраженную «промышленную» структуру потребления электроэнергии в России, рост спроса

на потребление электроэнергии в ближайшей перспективе будет формироваться именно промышленностью.

Обеспечение растущего спроса на потребление электроэнергии в России является важнейшей задачей для современной отрасли электроэнергетики. При этом, несмотря на сравнительно низкую стоимость электроэнергии, в России для роста спроса на потребление электроэнергии промышленных потребителей существует существенное ограничение в виде дефицита мощностей территориальных электросетевых организаций.

Увеличение потребления электроэнергии промышленными предприятиями связано со строительством новых производственных площадок, установкой нового электропотребляющего оборудования, что связано с необходимостью увеличения разрешенной мощности, потребляемой из Единой энергетической системы. Действующая электросетевая инфраструктура России была построена еще во времена СССР. Построенные электросетевые мощности распределены между промышленными площадками, для которых строились электрические сети, и несмотря на то, что распределенные мощности не в полной мере используются предприятиями, их распределение в пользу других потребителей электроэнергии невозможно.

Методология исследования. В соответствии с современным законодательством в области технологического присоединения к электрическим сетям, за исключением отдельных случаев, все затраты на выполнение работ по увеличению разрешенной мощности для потребителя электроэнергии оплачиваются этими потребителями электроэнергии [8]. Таким образом, в случае необходимости увеличения разрешенной потребляемой мощности для промышленного предприятия, предприятие вынуждено оплатить все затраты на увеличение мощности питающих трансформаторов, усиление кабельных линий, строительство ячеек и пр. Таким образом, в некоторых случаях затраты на увеличение присоединенных мощностей для промышленных предприятий могут составлять до 100 млн. рублей за 1 МВт дополнительной разрешенной мощности.

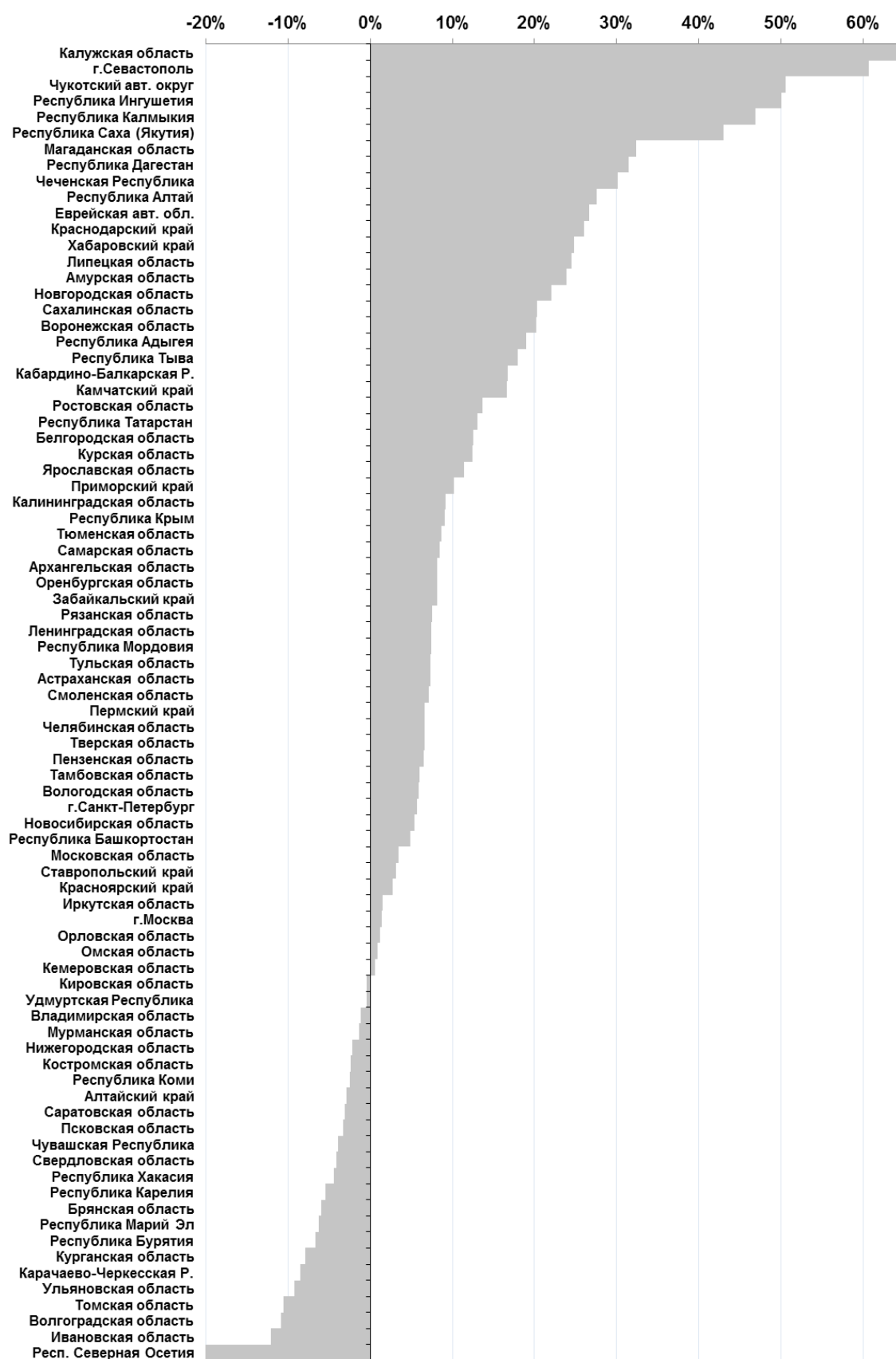


Рис. 3. Динамика прироста потребления электроэнергии в регионах России за период 2010-2020 годов [6]

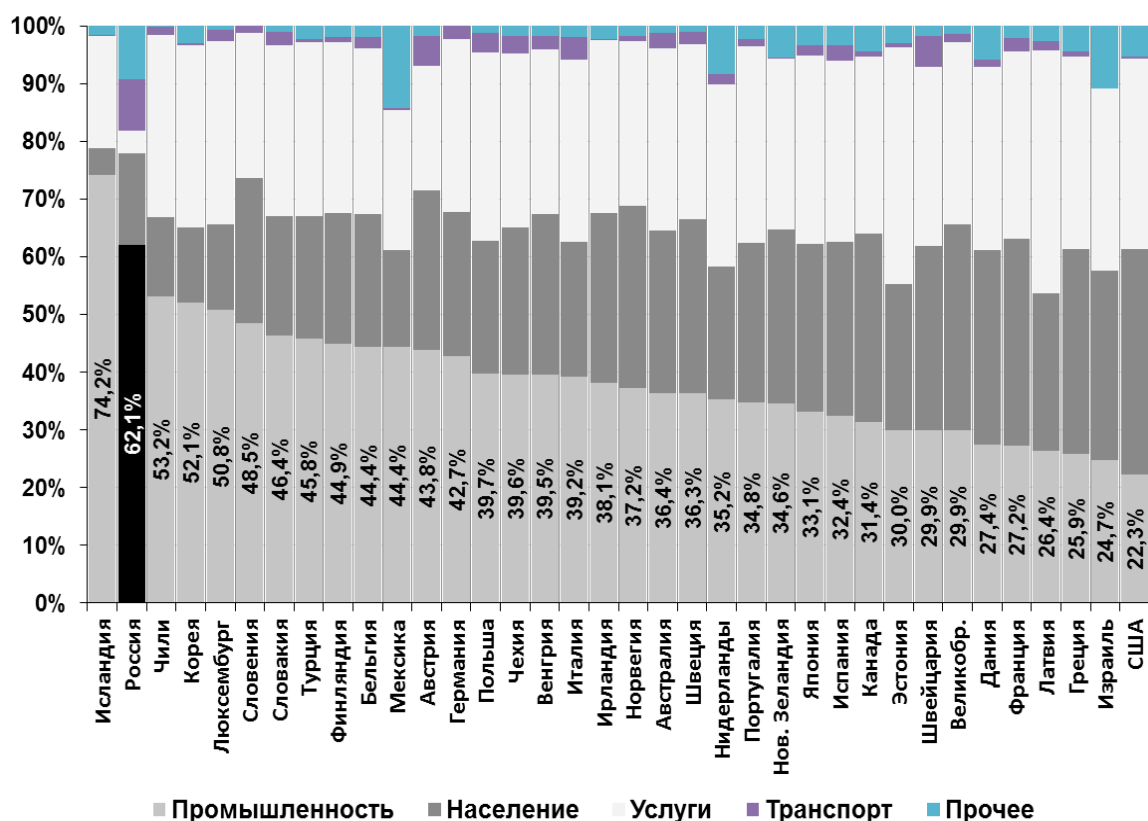


Рис. 4. Структура потребления электроэнергии в различных странах мира в 2020 году [7]

Таким образом, учитывая существенные затраты промышленных предприятий для обеспечения технологического присоединения к электрическим сетям для вновь вводимых производственных объектов, либо увеличения присоединенной мощности существующих, многие российские промышленные предприятия после получения стоимости технологического присоединения от территориальных электросетевых организаций отказываются от реализации проекта.

Оценка дефицита свободных мощностей для технологического присоединения. На рисунке 5 представлена диаграмма количества поданных и удовлетворенных заявок на технологическое присоединение к электрическим сетям максимальной мощностью до и свыше 670 кВА в России за период 2012-2018 годов. Как следует из диаграммы, количество заявок на поданных потребителями для технологического присоединения к объектам электросетевого хозяйства электросетевых организаций существенно превышает количество заключенных договоров на

технологическое присоединение к объектам электросетевого хозяйства. Это связано с тем, что во многих случаях заявители, обращаясь в электросетевые организации для заключения договора на технологическое присоединение, из-за высокой стоимости услуг по технологическому присоединению отказываются от заключения договоров. Если для потребителей электрической энергии максимальной мощностью энергопринимающих устройств до 670 кВА доля отказов в заключении договоров на технологическое присоединение составляет 18,5%, то для потребителей электрической энергии максимальной мощностью энергопринимающих устройств свыше 670 кВА, доля отказов доходит до 65%. При этом потребители электрической энергии максимальной мощностью энергопринимающих устройств свыше 670 кВА относятся к промышленным предприятиям, из чего мы можем сделать вывод, что большинство промышленных предприятий России испытывают трудности в процессе увеличения присоединенных электросетевых мощностей.

Также на рисунке 5 представлены показатели общего объема максимальной мощности, указанные в заявках для технологического присоединения к объектам электросетевого хозяйства и общего объема присоединенной (максимальной) мощности по заключенным договорам на технологическое присоединение

к электрическим сетям. Анализ диаграмм позволяет выявить, что если для потребителей с максимальной мощностью энергопринимающих устройств дефицит мощностей для технологического присоединения в среднем составляет 5000-5600 МВт, то для потребителей с максимальной мощностью энергопринимающих устройств

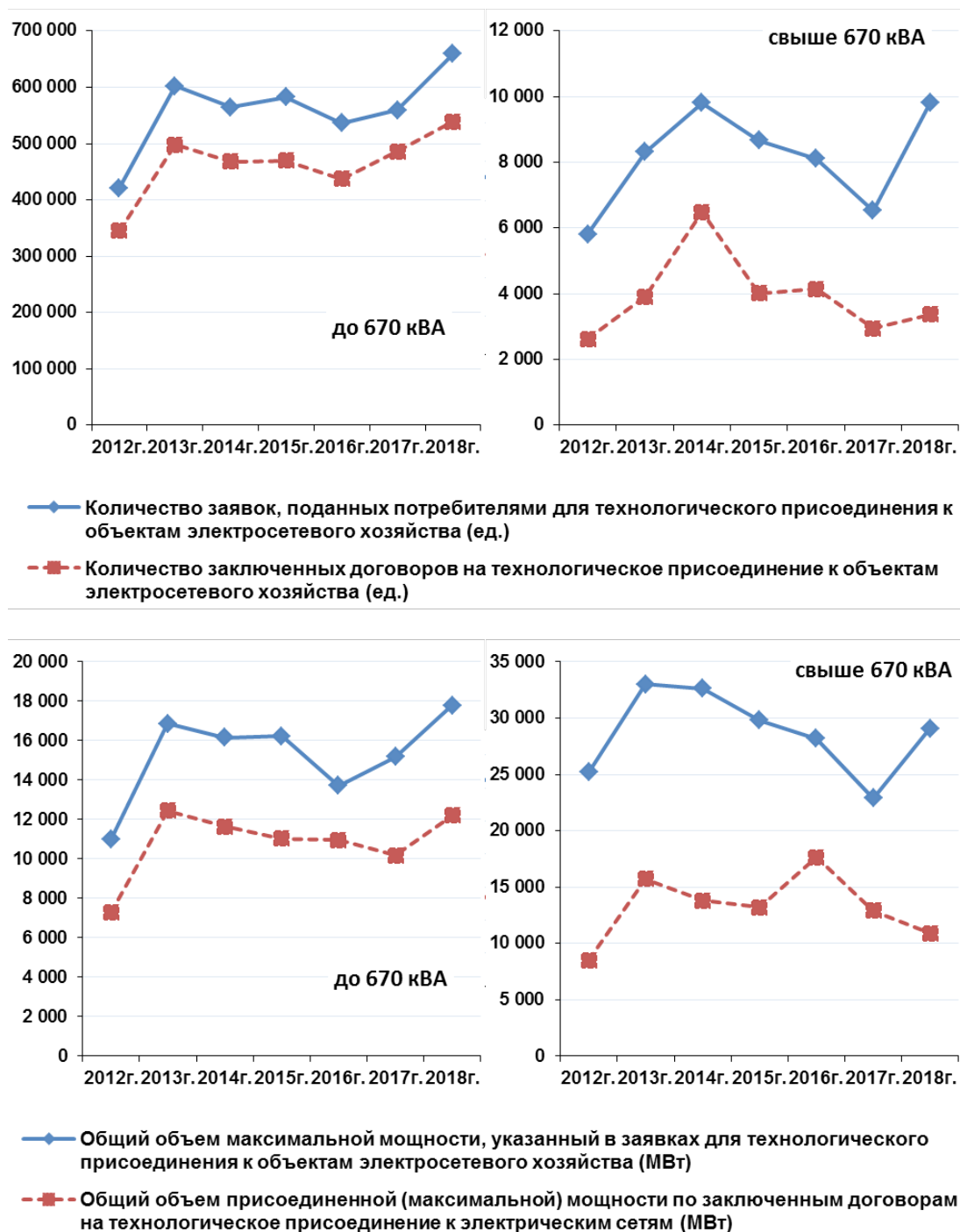


Рис. 5. Количество поданных и удовлетворенных заявок на технологическое присоединение к электрическим сетям максимальной мощностью до и свыше 670 кВА [9]

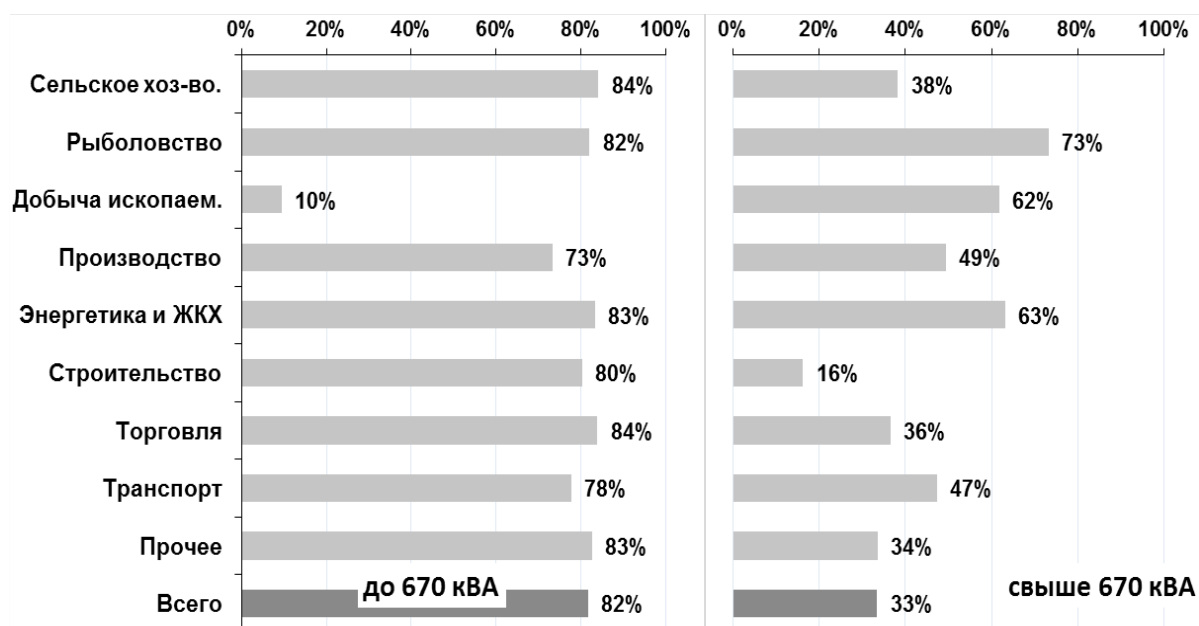


Рис. 6. Доля фактических подключений к объектам электросетевого хозяйства по отношению к поданным заявкам на технологическое присоединение по видам экономической деятельности в 2018 году [10]

мающих устройств дефицит мощностей для технологического присоединения составляет 15000-18000 МВт в год, что в масштабах энергосистемы России является существенным.

На рисунке 6 представлены диаграммы долей фактических подключений к объектам электросетевого хозяйства по отношению к поданным заявкам на технологическое присоединение по видам экономической деятельности в 2018 году. Как следует из диаграмм, основная доля неудовлетворенных заявок для потребителей электрической энергии максимальной мощностью энергопринимающих устройств до 670 кВА находится в отрасли добычи полезных ископаемых. Для потребителей электрической энергии максимальной мощностью энергопринимающих устройств свыше 670 кВА основная доля неудовлетворенных заявок расположена в секторе строительства, сельское хозяйство, прочие виды деятельности. При этом практически для всех видов экономической деятельности с максимальной мощностью свыше 670 кВА доля фактических подключений к объектам электросетевого хозяйства существенно ниже поданных заявок на технологическое присоединение, что еще раз подчеркивает наличие ограничения, существу-

ющего в отечественной экономике для экономического развития промышленных предприятий.

Несмотря на неполное удовлетворение заявок потребителей электрической энергии на технологическое присоединение, затраты экономических субъектов на оплату услуг на технологическое присоединение являются значительными. На рисунке 7 представлены диаграммы стоимости услуг по технологическому присоединению к объектам электросетевого хозяйства по фактически исполненным договорам к электрическим сетям максимальной мощностью до и свыше 670 кВА за периоды 2012-2018 годов. Как следует из диаграмм, в 2018 году для потребителей электрической энергии с максимальной мощностью свыше 670 кВА подключившихся к электрическим сетям стоимость технологического присоединения составила 55,3 млрд. руб., что в масштабах промышленности России также является существенным.

В качестве промежуточных выводов можно констатировать, что современный топливно-энергетический комплекс России действует в условиях, характеризующихся следующими преимуществами:

- ✓ Полная обеспеченность собственным углеводородным сырьем;
- ✓ Доступность газовой инфраструктуры в большинстве регионов страны;
- ✓ Низкие цены на природный газ, отпускаемый на внутренний рынок;
- ✓ Высокая доля природного газа в топливной структуре выработки электроэнергии;
- ✓ Низкие цены на электрическую энергию, отпускаемую на внутренний рынок.

В то же время, в российском топливно-энергетическом комплексе существует ряд ограничений:

- ✓ Низкая доля ВИЭ в структуре энергобаланса России по сравнению с большинством стран мира;
- ✓ Отсутствие свободных мощностей электросетевой инфраструктуры, прежде всего для потребителей электроэнергии максимальной мощностью энергопринимающих устройств свыше 670 кВА;
- ✓ Высокая стоимость технологического присоединения к электрическим сетям;
- ✓ Низкая доля удовлетворения заявок потребителей электроэнергии максимальной мощностью энергопринимающих устройств свыше 670 кВА на технологическое присоединение к электрическим сетям;

Условия роста спроса на потребление электроэнергии, роста спроса на строительство новых промышленных объектов либо увеличения мощностей для действующих технологических присоединений определяют необходимость поиска современных решений повышения эффективности электроснабжения промышленных предприятий. По нашему мнению, вышеуказанные обстоятельства объективно определяют расстановку приоритетов в области развития российской малой распределенной энергетики, работающей на природном газе.

Для действующих промышленных предприятий России цены на отпускаемую электроэнергию из энергосистемы также во многих случаях являются выше, чем цены, возможные к выработке электроэнергии на основе собственных источников энергоснабжения. Основную составляющую цены на отпуск электроэнергии для потребителей России составляет тариф на услугу по передаче электроэнергии. На рисунке 8 представлена диаграмма тарифов на передачу электроэнергии, утвержденных для промышленных предприятий Центрального федерального округа в 2021 году для уровня напряжения 6-10 кВ. Как следует из диаграммы, величина тарифов на передачу

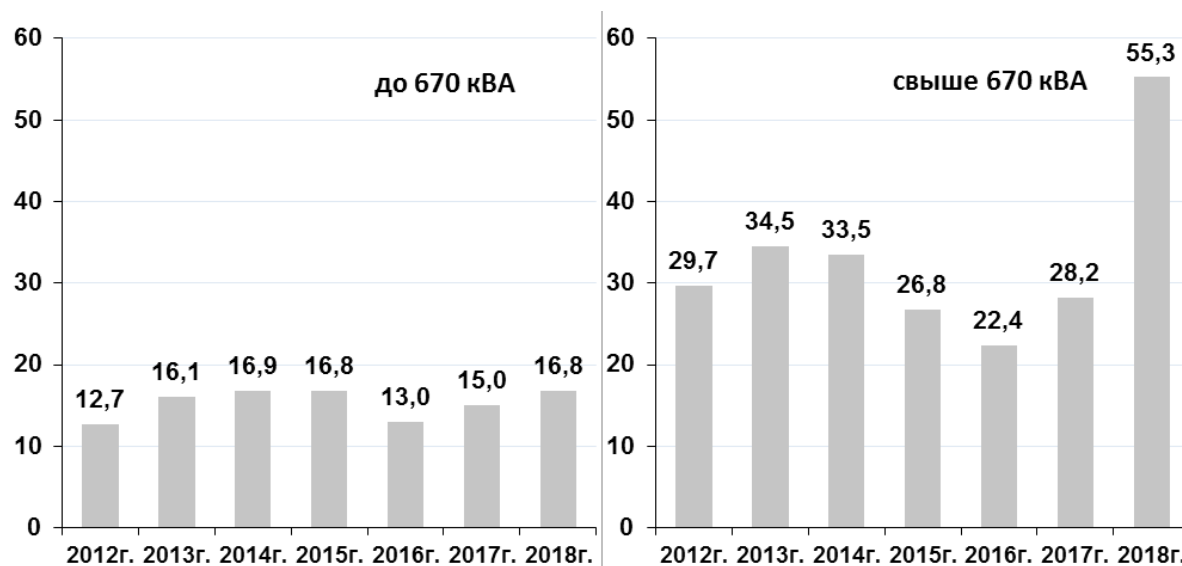


Рис. 7. Стоимость услуг по технологическому присоединению к объектам электросетевого хозяйства по фактически исполненным договорам к электрическим сетям максимальной мощностью до и свыше 670 кВА [11]

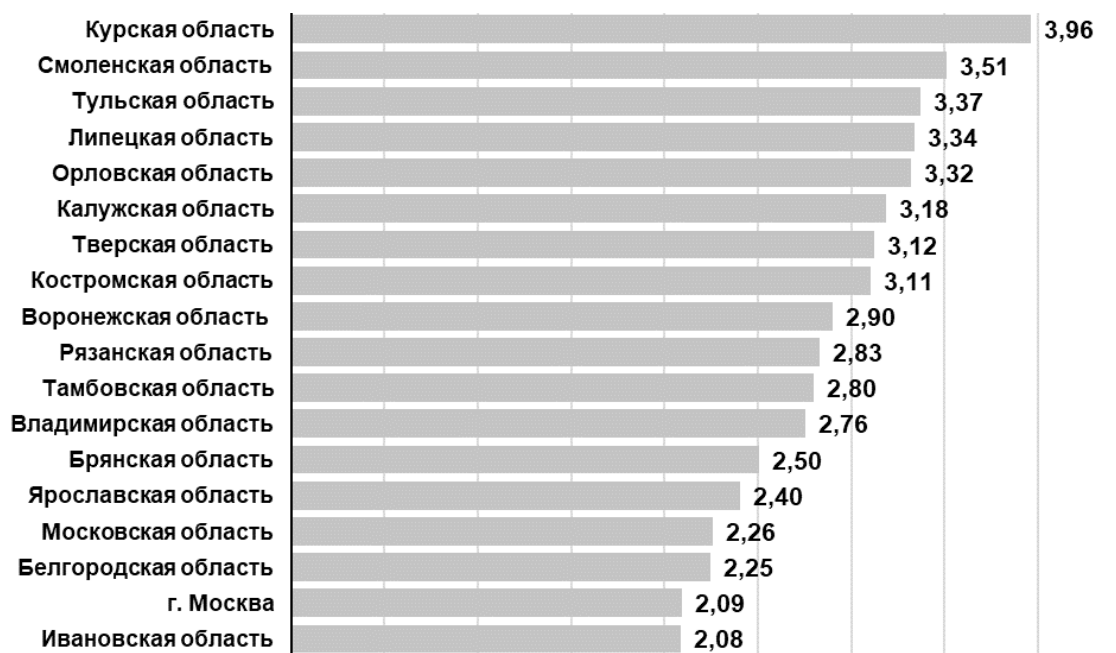


Рис. 8. Тарифы на передачу электроэнергии, действующие для промышленных предприятий ЦФО в 2021 году для уровня напряжения 6-10 кВ (руб./кВтч)

электроэнергии для разных регионов может различаться, однако их значение составляет от 2,08 руб./кВтч до 3,96 руб./кВтч, что составляет более половины от конечной цены закупок электроэнергии промышленными предприятиями. При наличии возможности технологического присоединения к сетям газоснабжения промышленные предприятия реализуют проекты по установке системы собственной генерации и вырабатывают электроэнергию для собственных нужд. Себестоимость выработки электроэнергии при помощи систем распределенной генерации приближается к стоимости выработки электроэнергии на электростанциях энергосистемы, при этом промышленные предприятия получают как экономические, так и технологические выгоды.

К экономическим преимуществам от установки систем малой распределенной генерации относятся:

- ✓ Исключение оплаты стоимости услуг по передаче электроэнергии и сбытовых надбавок региональных поставщиков электроэнергии;
- ✓ Исключение оплаты стоимости электрической мощности, оплачиваемой в рамках цен на закуп электроэнергии;

✓ Исключение затрат на технологическое присоединение и увеличение действующей присоединенной мощности;

✓ Минимизация потерь при транспортировке электрической и тепловой энергии [12];

✓ Исключение завышения стоимости закупок электрической и тепловой энергии вследствие ошибок в учете потребляемых энергоресурсов.

К технологическим преимуществам от установки систем малой распределенной генерации относятся:

✓ Возможность регулирования нагрузки распределенной генерации под особенности работы промышленного предприятия;

✓ Повышение надежности энергоснабжения;

✓ Повышение качества потребляемой электроэнергии;

✓ Возможность регулирования баланса реактивной мощности.

По оценкам российского инфраструктурного центра EnergyNet реализация потенциала распределенной энергетики позволит российской экономике за 2020-2028 годы получить экономический эффект до 150 млрд. руб., с учетом вычета инвестиционных затрат [13].

Таким образом, с учетом выявленных ограничений, в период следующего десятилетия количество устанавливаемых систем малой распределенной генерации в России будет существенно увеличиваться, что постепенно сформирует новый технологический и экономический облик Единой энергетической системы. Учитывая то, что внедрение технологий распределенной генерации энергии является общемировым технологическим трендом, в России Постановлением Правительства Российской Федерации от 21.03.2020 №320 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам функционирования активных энергетических комплексов» [14] были внесены изменения в правовые основы функционирования объектов распределенной генерации установленной мощностью до 25 МВт в части запуска имитационного механизма реализации электроэнергии промышленным потребителям в системе активных энергетических комплексов [15, 16]. Предложенные механизмы являются начальным этапом внедрения изменений, направленных на совершенствование функционирования электроэнергетической системы в новых условиях и стимулирования к созданию систем малой распределенной генерации, работающей на природном газе, и законодательные инициативы будут получать дальнейшее совершенствование и развитие. Одним из основных направлений развития системы малой распределенной генерации, работающей на природном газе, является реализация концепции активных энергетических комплексов [17, 18].

Заключение и выводы. В качестве заключительных выводов к проведенному исследованию можно констатировать следующее:

1) Экономика России играет существенную роль в процессе функционирования мирового топливно-энергетического комплекса. Доля России в мировом энергетическом балансе составляет более 10% от общемировой величины потребляемых энергетических ресурсов. Более 47% производимых энергетических ресурсов России ежегодно направляются на экспорт. Из этого следует, что эффективность функционирования топливно-энергетического комплекса России влияет не только на вну-

тренние параметры экономики страны, но и на эффективность экономик стран-партнеров, закупующих энергетические ресурсы у России;

2) Уникальный топливно-энергетический потенциал России также накладывает особенности на характеристики внутреннего энергопотребления страны. Полное обеспечение энергетическими ресурсами внутренних потребностей России, низкие тарифы на отпускаемое энергетическое сырье на внутреннем рынке страны, значительная доля природного газа в структуре топливного баланса электростанций формируют сравнительно низкие цены на отпуск электрической энергии всем группам потребителей электроэнергии России;

3) Одним из мировых трендов развития отраслей мирового ТЭК является деятельность по созданию и внедрению возобновляемых источников энергии, выполненных по принципу распределенных источников энергоснабжения. Выявленные сравнительно низкие тарифы на традиционные энергоносители, обращаемые внутри страны, а также низкие тарифы на электроэнергию, производимую ЕЭС России, приводят к возникновению естественных экономических ограничений для повсеместного внедрения возобновляемых источников энергии, как это происходит в большинстве стран мира;

4) Анализ динамики спроса на потребление электрической энергии России за период 2010-2020 годов выявил, что в большинстве регионов страны существует рост спроса на потребление электроэнергии. Одним из ограничивающих факторов для роста спроса на потребление электрической энергии является отсутствие свободных электросетевых мощностей для технологического присоединения новых потребителей, либо увеличения потребляемой мощности для потребителей действующих. Также анализ условий технологического присоединения новых потребителей электроэнергии в России выявил существенную стоимость, которая вынуждена оплачиваться новыми потребителями электроэнергии при присоединении к электрическим сетям. Таким образом, одним из перспективных направлений развития электроэнергетики России является развитие систем малой распределенной генерации, работающей на традиционных

источниках топлива, которым прежде всего выступает природный газ;

5) Использование систем малой распределенной генерации в России имеет ряд экономических и технологических преимуществ, а именно: исключение оплаты стоимости услуг по передаче электроэнергии и сбытовых надбавок региональных поставщиков электроэнергии, исключение оплаты стоимости электрической мощности оплачиваемой в рамках цен на закуп электроэнергии, возможность ре-

гулирования нагрузки распределенной генерации под особенности работы промышленного предприятия, повышение надежности энергоснабжения и т. п. Таким образом, с учетом выявленных ограничений, в период следующего десятилетия количество устанавливаемых систем малой распределенной генерации в России будет существенно увеличиваться, что постепенно сформирует новый технологический и экономический облик Единой энергетической системы России.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Дзюба А. П.* Управление спросом на энергоресурсы в глобальном экономическом пространстве / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2021. 260 с.
2. *Небера А. А.* Цифровая платформа как основа для разработки систем интеллектуального управления децентрализованной распределенной энергетикой / А. А. Небера, А. Р. Веригго, Ф. С. Непша // *Электрооборудование: эксплуатация и ремонт.* 2020. № 8. С. 34-40.
3. *Дзюба А. П.* Теория и методология управления спросом на энергоресурсы в промышленности: монография / А. П. Дзюба. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2020. 323 с.
4. *Integration of Distributed Energy Resources in Power Systems: Implementation, Operation, and Control* / Edited by Toshihisa Funabashi. Elsevier Inc., 2016. 313 p.
5. Electricity prices for non-household consumers – bi-annual data / Report Eurostat. URL: <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/>
6. Российский статистический ежегодник. 2020: Стат. сб. / Росстат. 2020. 728 с.
7. Electricity Information 2020 IEA. Report of International Energy Agency. 711 P. URL: <http://data.iea.org>.
8. Постановление Правительства РФ от 27.12.2004 № 861 «Об утверждении Правил недискриминационного доступа к услугам по передаче электрической энергии и оказания этих услуг» / URL: <http://www.consultant.ru/>
9. Министерство энергетики Российской Федерации / URL: <https://minenergo.gov.ru/>
10. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) / URL: <https://fedstat.ru/>
11. ПАО «Россети» / Материалы официального интернет-сайта. URL: <https://www.rosseti.ru/>
12. Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года / Утверждена распоряжением Правительства РФ № 1523-р от 09.06.2020 г. URL: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>
13. Активные энергетические комплексы – первый шаг к промышленным микрогридам в России: Экспертно-аналитический доклад инфраструктурного центра EnergyNet. 2020. 58 с.
14. Постановление Правительства Российской Федерации от 21.03.2020 № 320 «О внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации по вопросам функционирования активных энергетических комплексов» / URL: <http://publication.pravo.gov.ru>
15. Постановление Правительства РФ от 04.05.2012 № 442 (ред. от 07.03.2020) «О функционировании розничных рынков электрической энергии, полном и (или) частичном ограничении режима потребления электрической энергии» / URL: <http://publication.pravo.gov.ru>
16. Постановление Правительства РФ от 29.12.2011 № 1178 (ред. от 14.03.2020) «О ценообразовании в области регулируемых цен (тарифов) в электроэнергетике» / URL: <http://publication.pravo.gov.ru>

17. Дзюба А. П. Актуальность применения активных энергетических комплексов в промышленности России / А. П. Дзюба, А. В. Семиколонов // Проблемы экономики и управления нефтегазовым комплексом. 2021. № 9 (201). С. 31-40. DOI: 10.33285/1999-6942-2021-9 (201) – 31-40.
18. Дзюба А. П. Перспективы внедрения активных энергетических комплексов в промышленность России / А. П. Дзюба, И. А. Соловьева, А. В. Семиколонов // Journal of New Economy. 2022. № 2. С. 80-101. DOI: 10.29141/2658-5081-2022-23-2-5
19. Дзюба А. П. Оценка результатов реализации мер в области повышения энергоэффективности России за 10-летний период (с 2010 по 2019 годы) // Вестник ГГНТУ. Гуманитарные и социально-экономические науки. 2021. Т. 17. № 1 (23). С. 19-30.

LIMITING THE CAPABILITIES OF THE ELECTRIC GRID INFRASTRUCTURE AS A FACTOR IN THE DEVELOPMENT OF ACTIVE ENERGY COMPLEXES IN INDUSTRY

© A. P. Dzyuba, A. V. Semikolenov

SUSU (NRU), Tchelybinsk, Russia

One of the fundamental conditions that ensure the stable and sustainable development of the Russian economy is the development of fuel and energy complex industries. The fuel and energy complex provides energy resources to all sectors of the Russian economy. For the majority of the country's territories located in areas with predominantly low air temperatures, the quality of functioning of the energy infrastructure depends on the level of life support of entire cities and regions. Therefore, the issue of improving and developing energy industries for the Russian economy is of the most important theoretical and practical importance. The purpose of this study is to identify modern promising directions for the development of the fuel and energy complex of Russia, operating under restrictions from the power grid infrastructure. As a result of the conducted research, it was revealed that despite the significant reserves of the generating infrastructure of the Russian electric power industry, a significant constraint to the growth of demand for electricity consumption by industry is the lack of free electric grid capacities in the distribution electric networks of regional territorial electric grid organizations. In the market of rendering services for technological connection of electric power consumers, a high proportion of unsatisfied applications of electric power consumers for technological connection and a high unit cost of technological connection were revealed. Such circumstances significantly limit the possibilities for connecting new electricity-consuming equipment, creating new enterprises and industries, and leads to a decrease in the pace of economic growth in the country. These circumstances stimulate the development of small distributed generation technologies that do not require the cost of technological connection to the networks of electric grid organizations, as well as eliminating the need to pay for electricity transmission services. The conditions of restrictions on free electric grid capacities in the near future will lead to the development of active energy complexes in Russia. The use of active energy complexes makes it possible to form new properties of the functioning of the Unified Energy System of Russia, increase the reliability of modes and reduce the cost of electricity consumption.

Keywords: active energy complexes, electricity consumption, natural gas consumption, energy resources, renewable energy sources, energy balance, energy saving, energy efficiency, small distributed generation, DPM RES, RES.

REFERENCES

1. Dzyuba, A. P. and Solov'eva, I. A. (2021) *Upravlenie sprosom na energoresursy v global'nom ekonomicheskom prostranstve* [Demand management for energy resources in the global economic space]. Publishing Center of SUSU, Chelyabinsk, 260 p.
2. Nebera, A. A., Verigo A. R. and Nepsha, F. S., (2020) 'Tsifrovaya platforma kak osnova dlya razrabotki sistem intellektual'nogo upravleniya detsentralizovannoi raspredelennoi energetikoi'. [Digital platform as a basis for the development of intelligent control systems for decentralized distributed energy. Electrical equipment: operation and repair]. *Elektrooborudovanie: ekspluatatsiya i remont*, № 8, pp. 34-40.
3. Dzyuba, A. P. (2020) *Teoriya i metodologiya upravleniya sprosom na energoresursy v promyshlennosti: monografiya*. [Theory and methodology of demand management for energy resources in industry: monograph]. Publishing Center of SUSU, Chelyabinsk. 323 p.
4. *Integration of Distributed Energy Resources in Power Systems: Implementation, Operation, and Control*. Edited by Toshihisa Funabashi. Elsevier Inc., Izdatel'skii tsentr YuUrGU, Chelyabinsk, 323 p.
4. (2016) *Integration of Distributed Energy Resources in Power Systems: Implementation, Operation, and Control*. Edited by Toshihisa Funabashi. Elsevier Inc., 313 p.
5. Electricity prices for non-household consumers – bi-annual data. Report Eurostat, available at: <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/>
6. (2020) Rossiiskii statisticheskii ezhegodnik. [Russian statistical yearbook]. Stat. sb. Rosstat, 728 p.
7. Electricity Information 2020 IEA. Report of International Energy Agency, 711 p., available at: URL: <http://data.iaa.org>.
8. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 27.12.2004 № 861 «Ob utverzhdenii Pravil nediskriminatsionnogo dostupa k uslugam po peredache elektricheskoi energii i okazaniya etikh uslug» [Decree of the Government of the Russian Federation of December 27, 2004 № 861 "On Approval of the Rules for Non-Discriminatory Access to Electricity Transmission Services and the Provision of These Services"], available at: <http://www.consultant.ru/>
9. Ministerstvo energetiki Rossiiskoi Federatsii [Ministry of Energy of the Russian Federation], available at: <https://minenergo.gov.ru/>
10. Edinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema (EMISS) [Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS)], available at: <https://fedstat.ru/>
11. PAO «Rosseti». Materialy ofitsial'no internet-saita. [PJSC "Rosseti". Materials of the official website], available at: <https://www.rosseti.ru/>
12. Energeticheskaya strategiya rossiiskoi federatsii na period do 2035 goda / Utverzhdena rasporyazheniem Pravitel'stva RF № 1523-r ot 09.06.2020g. [Energy strategy of the Russian Federation for the period up to 2035. Approved by the order of the Government of the Russian Federation No. 1523-r of 06/09/2020], available at: <https://minenergo.gov.ru/node/1026>
13. (2020) Aktivnye energeticheskie komplekсы – pervyi shag k promyshlennym mikrogridam v Rossii / Ekspertno-analiticheskii doklad infrastrukturnogo tsentra EnergyNet, 58 p.
14. Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 21.03.2020 № 320 «O vnesenii izmenenii v nekotorye akty Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii po voprosam funktsionirovaniya aktivnykh energeticheskikh kompleksov» [Decree of the Government of the Russian Federation of March 21, 2020, № 320 "On Amendments to Certain Acts of the Government of the Russian Federation on the Operation of Active Energy Complexes"], available at: <http://publication.pravo.gov.ru>
15. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 04.05.2012 № 442 (red. ot 07.03.2020) «O funktsionirovanii roznichnykh rynkov elektricheskoi energii, polnom i (ili) chastichnom ogranichenii rezhima potrebleniya elektricheskoi energii» [Decree of the Government of the Russian Federation of 04.05.2012 № 442 (as amended on 07.03.2020) "On the functioning of retail electricity markets, full and (or) partial restriction of the electricity consumption mode"], available at: <http://publication.pravo.gov.ru>

16. Postanovlenie Pravitel'stva RF ot 29.12.2011 № 1178 (red. ot 14.03.2020) «O tsenoobrazovanii v oblasti reguliruemyykh tsen (tarifov) v elektroenergetike» [Decree of the Government of the Russian Federation of December 29, 2011, № 1178 (as amended on March 14, 2020) "On pricing in the field of regulated prices (tariffs) in the electric power industry"], available at: <http://publication.pravo.gov.ru>
17. Dzyuba, A. P. and Semikolenov, A. V. (2021) Aktual'nost' primeneniya aktivnykh energeticheskikh kompleksov v promyshlennosti Rossii. Problemy ekonomiki i upravleniya neftegazovym kompleksom, № 9 (201), pp. 31-40. DOI: 10.33285/1999-6942-2021-9 (201) – 31-40.
18. Dzyuba, A. P. Solov'eva I. A. and Semikolenov A. V. (2022) 'Perspektivy vnedreniya aktivnykh energeticheskikh kompleksov v promyshlennost' Rossii'. *Journal of New Economy*. № 2, pp. 80-101. DOI: 10.29141/2658-5081-2022-23-2-5.
19. Dzyuba, A. P. (2022) 'Otsenka rezul'tatov realizatsii mer v oblasti povysheniya energoeffektivnosti Rossii za 10-letnii period (s 2010 po 2019 gody) '. *Vestnik GGNTU. Gumanitarnye i sotsial'no-ekonomicheskie nauki*. [Herald of GSTOU. Humanitarian, social and economical sciences], v. 17. № 1 (23). Pp. 19-30.