

**Последствия увеличения доли распределённой энергетики для рынка электроэнергии Российской Федерации**

**Научный руководитель – Курдин Александр Александрович**

***Ключарев Василий Дмитриевич***

*Студент (магистр)*

Московский государственный университет имени М.В.Ломоносова, Экономический факультет, Москва, Россия  
*E-mail: nokkel.v@gmail.com*

В настоящее время в Российской Федерации преимущественно используется централизованная система энергоснабжения, которая обладает рядом недостатков. Основными из них можно назвать: рост цен на электроэнергию более чем в 3 раза за последние 10 лет [11] и на 2,5% за 2016 год в сравнении с 2015 [12], значительное количество вредных выбросов в атмосферу (за 2014 год около 2191,15 млн. т. CO<sub>2</sub> - эквивалента [15], прогнозируемый дефицит мощности к 2030 году в размере 54 ГВт и 65 ГВт к 2035, при заявленных планах развития энергетики [10]. Также возможным показателем неэффективности работы централизованной энергосистемы может служить отрицательное сальдо потреблённой и произведённой энергии за 2017 год [13]. Помимо указанных недостатков, функционирование централизованной системы энергоснабжения порождает ряд отрицательных внешних эффектов, в частности, негативное влияние на экологию. к 2025 году средний возраст оборудования составит 40 и 45 лет для ТЭС и теплофикационных блоков на угле, соответственно

Альтернативой сложившемуся способу энергообеспечения является концепция распределённой энергетики. Данный способ производства энергии можно определить как модульные генерирующие объекты малой мощности, расположенные вблизи от потребителя, позволяющие избежать дорогостоящих инвестиций в системы передачи и распределения, а также обеспечивающие надёжную подачу электроэнергии лучшего качества [14]. В настоящее время уже имеются готовые технологические решения в области возобновляемых источников энергии, когенерации и тригенерации, использования накопителей энергии, многотопливных установок. [1]. Происходит активное развитие интеллектуальных энергетических систем, в частности, технологии Smart Grid [6], позволяющие за счёт внедрения информационных технологий повысить эффективность, надёжность и устойчивость производства и распределения электроэнергии, а также применять индивидуальный подход к потребителю и настроить параметры энергосистемы так, чтобы удовлетворить его спрос. В качестве последствий внедрения распределённой энергетики выделяют: снижение затрат на развитие сетей и крупных генерирующих объектов, снижение потерь при передаче энергии, повышение надёжности энергоснабжения, расширение возможностей для потребителей. Целью данного исследования является оценка последствий увеличения доли распределённой энергетики для рынка электроэнергии РФ.

На данном этапе исследования проведена работа по систематизации основных подходов к моделированию энергетических рынков, выделены следующие ключевые направления: агент-ориентированные модели [5,8,9], теоретико-игровые модели [4,7], институциональный подход [2,3]. По результатам анализа, одним из наиболее перспективных является агент-ориентированный подход, преимущества которого заключаются в большей гибкости, учёте ограниченной рациональности агентов, учёте возможности применения различных стратегий поведения и фактора обучения и адаптации в процессе повторяющихся взаимодействий. Данные преимущества позволяют более качественно моделировать сложные

рыночные взаимодействия, в которые вовлечены агенты на электроэнергетических рынках [9].

В дальнейшем развитии настоящего исследования предполагается создание модели в рамках агент-ориентированного подхода с применением алгоритма машинного обучения Рота-Эрева [8,9], которая позволит прогнозировать цены на рынке электроэнергии (в рамках отдельной энергосистемы), и, таким образом, за счёт введения специального типа агентов, использующих распределённую генерацию, предоставит возможность численно оценить последствия изменения доли распределённой энергетики.

### Источники и литература

- 1) Akorede M.F., Hizam H., Pouresmaeil E. Distributed energy resources and benefits to the environment // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 14. 2010. p. 724–734.
- 2) Dong J., Feng T., Sun H. Clean distributed generation in China: Policy options and international experience // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57. 2016. p. 753 – 764.
- 3) Ming Z., Shaojie O., Yujian G., Qiqi Q. Overall review of distributed energy development in China: Status quo, barriers and solutions // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50. 2015. p. 1226 – 1238.
- 4) Ishizaki T. Microeconomic analysis of multiperiod energy markets // Preprint. 2018.
- 5) Ringler P., Keles D., Fichtner W. Agent-based modelling and simulation of smart electricity grids and markets // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57. 2016. p. 205 – 215.
- 6) Tuball M.L., Abundo M.L. A review of the development of Smart Grid technologies // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59. 2016. p. 710 – 725.
- 7) Vahl F., Rutner R., Filho N. The influence of distributed generation penetration levels on energy markets // *Energy policy*, 62. 2013. p. 226 – 235.
- 8) Young D., Poletti S., Browne O. Can agent-based models forecast spot prices in electricity markets? Evidence from New Zealand electricity market // *Energy Economics*, 45. 2014. p. 419 – 434.
- 9) Гайворонская Е.А., Цыплаков А.А. Использование модифицированного алгоритма Эрева – Рота в агент-ориентированной модели рынка электроэнергии // *Журнал Новой экономической ассоциации*. 2018. №3 (39). С. 55 – 83.
- 10) Институт энергетических исследований РАН: <https://www.eriras.ru>
- 11) Международный форум по энергоэффективности и энергосбережению ENES: <http://enes-expo.ru>
- 12) Министерство энергетики Российской Федерации: <https://minenergo.gov.ru>
- 13) Системный оператор Единой энергетической системы: <http://so-ups.ru>
- 14) Технологическая платформа «Комплексная безопасность промышленности и энергетики»: <http://techppe.ru>
- 15) Федеральная служба государственной статистики: <http://www.gks.ru>