

**УДК 621.316**

**В.М. СТЕПАНОВ, студент гр. 8Э-52 (АлтГТУ им. И.И. Ползунова)**

**Научный руководитель А.С. САБЕЛЬНИКОВ, к.т.н., доцент**

**(АлтГТУ им. И.И. Ползунова)**

**г. Барнаул**

## **СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ОПТИМИЗАЦИИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТА ТЕОРИИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ**

Электроэнергетика представляет собой одну из ключевых отраслей для любого государства. Она охватывает все секторы экономики, и благодаря этому ее динамичное развитие способствует быстрому прогрессу промышленного комплекса страны. За последние годы в российской электроэнергетике произошли заметные изменения: трансформировалась система государственного регулирования отрасли, сформировался конкурентный рынок электроэнергии, возникли новые компании, а также модифицировалась структура сектора.

Российская энергосистема насчитывает свыше шестисот электростанций, суммарная установленная мощность которых превышает 220 миллионов киловатт. Тепловые электростанции составляют подавляющее большинство (около 68%) в структуре генерации электроэнергии, гидроэлектростанции занимают порядка 20%, а атомные электростанции – 11%. В стране электроэнергию в основном производят крупные электростанции, сосредоточенные в руках федеральной сетевой компании. В меньшем объеме энергиюрабатывают объекты малой или распределенной энергетики, обладающие меньшей мощностью.

Актуальность развития объектов малой энергетики в Российской Федерации обусловлена комплексом взаимосвязанных экономических, инфраструктурных и стратегических предпосылок:

- экономическая целесообразность: рост тарифов на электроэнергию делает экономически выгодным переход потребителей на автономные источники питания, что снижает их зависимость от рыночных цен;

- конкурентное преимущество: распространение локальной генерации создает альтернативу крупным производителям, способствуя оптимизации цен и улучшению качества услуг на энергорынке;

- технологическая эффективность: модернизация устаревших котельных в современные энергоцентры позволяет значительно повысить КПД использования топлива и окупаемость инвестиций;

- территориальное развитие: децентрализованная энергетика решает проблему электроснабжения удаленных регионов, где подключение к единой сети невозможно или нерентабельно;

- государственная стратегия: развитие малой энергетики соответствует курсу на диверсификацию энергобаланса и увеличение доли возобновляемых источников в соответствии с установленными целевыми показателями.

Энергетическая стратегия Российской Федерации на период до 2035 года направлена на достижение структурно и качественно нового состояния энергетики, которое будет максимально содействовать динамичному социально-экономическому развитию и обеспечению национальной безопасности Российской Федерации [2]. Ключевыми приоритетами энергетической стратегии являются гарантированное обеспечение энергетической безопасности как страны в целом, так и отдельных регионов, особенно имеющих геостратегическое значение. В числе первостепенных задач – полное удовлетворение внутреннего спроса на энергетические ресурсы и услуги при одновременном переходе к экологически чистой и ресурсосберегающей модели энергетики. Важным направлением развития отрасли является стимулирование конкуренции на конкурентных сегментах рынка топливно-энергетического комплекса. В технологической сфере стратегия делает акцент на разработке отечественных систем накопления энергии и водородных технологий, а также на локализации производства оборудования для возобновляемой энергетики с целевым показателем в 80%

В настоящее время лидирующими направлениями в развитии альтернативной энергетики являются солнечная и ветровая генерация, которые демонстрируют наилучшие экономические показатели и обладают значительными преимуществами в скорости развертывания и ввода в эксплуатацию. Параллельно формируется перспективное направление энергетики на основе топливных элементов, потенциал которого способен совершить революционный переворот в секторе ВИЭ [1]. Прогнозные значения КПД водородных генераторов (60-70%) существенно превышают показатели ветроустановок (25-30%). Тем не менее, все объекты генерации на возобновляемых источниках сохраняют системные недостатки: низкую плотность энергии, нестабильность выработки, зависимость от метеоусловий и относительно невысокую общую эффективность [3].

Методологический подход на основе теории принятия решений.

Планирование и оптимизация систем малой генерации представляют собой сложную многокритериальную задачу, эффективное решение которой требует применения аппарата теории принятия решений. Данная теория предоставляет формальные методы и модели для выбора наилучшей альтернативы из множества возможных в условиях неопределенности и при наличии конфликтующих критериев.

В контексте малой энергетики ключевыми аспектами теории принятия решений являются:

а) определение множества альтернатив: рассмотрение различных вариантов конфигурации генерирующих установок (солнечные панели, ветрогенераторы, дизельные генераторы, системы накопления энергии, гибридные схемы);

б) формирование системы критериев. Выбор зависит от целей проекта и может включать:

1) экономические критерии: приведенная стоимость энергии, срок окупаемости, материальные капиталовложения;

2) технические критерии: КПД системы, надежность, устойчивость к пиковым нагрузкам;

3) экологические критерии: уровень выбросов CO<sub>2</sub>, потребление воды;

4) социально-инфраструктурные критерии: степень энергетической независимости, сложность эксплуатации.

в) учет неопределенностей: ввод в модель факторов неопределенности, характерных для ВИЭ, таких как: изменчивость солнечной инсоляции и скорости ветра, колебания цен на топливо и оборудование, изменение тарифной политики;

г) применение методов оптимизации: для агрегации разнородных критериев и выбора оптимального решения применяются методы много-критериального анализа, такие как:

1) анализ иерархий: для структурирования сложной задачи и парного сравнения альтернатив по заданным критериям;

2) метод взвешенной суммы: позволяет получить интегральную оценку для каждой альтернативы путем суммирования взвешенных значений по всем критериям;

3) нечеткие множества: эффективный инструмент для работы с качественными, неточно определенными данными и экспертных оценок.

Использование данного методологического подхода позволяет перейти от интуитивного выбора к обоснованному и количественно подтвержденному проектированию систем малой генерации, максимально соответствующему конкретным технико-экономическим условиям.

Основной целью является разработка методов повышения эффективности объектов малой генерации.

Научные задачи исследования включают: проведение диагностики текущего состояния через системный анализ технологических и экономических барьеров развития систем малой энергетики; разработку оптимизированных структурных схем генерирующих установок с учетом специфики распределенной энергетики и требований к интеграции в существующие сети; оптимизацию силовой электроники, направленную на выбор и обос-

---

нование применения современных преобразовательных устройств, обеспечивающих максимальный КПД преобразования энергии в различных режимах эксплуатации; а также прогнозирование технологических трендов повышения энергоэффективности систем малой генерации на перспективу.

**Список литературы:**

1. Юдаев, И. В. Возобновляемые источники энергии / И. В. Юдаев, Ю. В. Даус, В. В. Гамага. – 4-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2024. – 328 с. – ISBN 978-5-507-48778-3. – [Электронный ресурс] // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/362954> (дата обращения: 21.10.2025). – Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Распоряжение Правительства РФ от 9 июня 2020 г. № 1523-р Об Энергетической стратегии РФ на период до 2035 г. [Электронный ресурс] // ГАРАНТ.РУ URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/74148810/#review> (дата обращения: 21.10.2025).
3. Безруких, П. П. Состояние и перспективы развития возобновляемой энергетики в мире / П. П. Безруких, П. П. Безруких, С. М. Карабанов [Текст] // Энергетик. – 2017. – № 12. – С. 41-45.

**Информация об авторах:**

Степанов Владислав Максимович, студент гр. 8Э-52, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 656038, г. Барнаул, проспект Ленина, д. 46, [stepanov.vlad2310@mail.ru](mailto:stepanov.vlad2310@mail.ru)

Сабельников Александр Сергеевич, к.т.н., доцент, АлтГТУ им. И.И. Ползунова, 656038, г. Барнаул, проспект Ленина, д. 46, [sabkvd@gmail.com](mailto:sabkvd@gmail.com)