

**УДК 338.45:621.311 (470.345)**

**З.А. АТАЕВ,**  
доктор географических наук, доцент,  
профессор кафедры экономики и финансов (РГУ им. С.А. Есенина),  
г. Рязань

## **НАДЕЖНОСТЬ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ КЕМЕРОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

Надежность электроснабжения — основа социально-экономического развития любой страны и каждого региона. В теории больших систем надежность определяется как способность объекта выполнять заданные функции в заданном объеме при определенных условиях функционирования. [7]

Проблема надежности энергоснабжения зависит не только от технико-экономических параметров. Пространственная оптимизация — более простой и менее затратный способ, что определяет оптимум организации энергосистемы [5, с. 22]. Поэтому востребован синтез технического подхода и конструктивной географии по принципу «хозяйствование есть постоянное пространственное моделирование» [9, с. 22]. Цель данной работы — пространственная оценка надёжности энергосистемы Кемеровской области.

Пространственная оценка надёжности энергосистемы базируется на математической теории графов О. Оре [8]. Использование положений теории графов и их приложение к задачам управления энергосистем рассматривалось в работах Н.Ф. Ильинского, В.К. Цапкина, Л.А. Мелентьева, В.А. Семенова, С.А. Савалова и др. [4; 6; 10]. С.А. Тархов разработал методику описания топологического строения сухопутных транспортных сетей и их морфологического расчленения на циклические ярусы [11, с. 47-53].

Остов циклической электросети Кемеровской области выявлен круговым обходом вдоль внешней периферии всех циклов энергосистемы, имеющих хотя бы одну общую вершину или ребро с внешней границей остова. По специфике начертания электрических сетей выделено две зоны: зона циклических сетей (замкнутый контур) и зона ациклических сетей (см. рис. 1).

Рассмотрим зону циклических (замкнутых) сетей. Остов циклической сети формирует ареал наибольшего освоения территории, оконтуривая зону относительно устойчивого энергоснабжения. Рисунок приурочен к системе расселения и транспорта (примерно 35% площади региона). Зона ациклических (разомкнутых) сетей приурочена к периферии энергосистемы (примерно 65-70% площади); это ареал будущего роста или, наоборот, «затухания» сооружения сети. Все зависит от специфики развития террито-

рии. Отсюда вытекают и меры оптимизации энергосистемы. В случае ситуации «точка роста» будут востребованы сетестроительные работы с целью замыкания контура (концевых участков замыкания контура, циклы). В случае обострения депрессии территории необходимо развивать локальные энергосистемы.

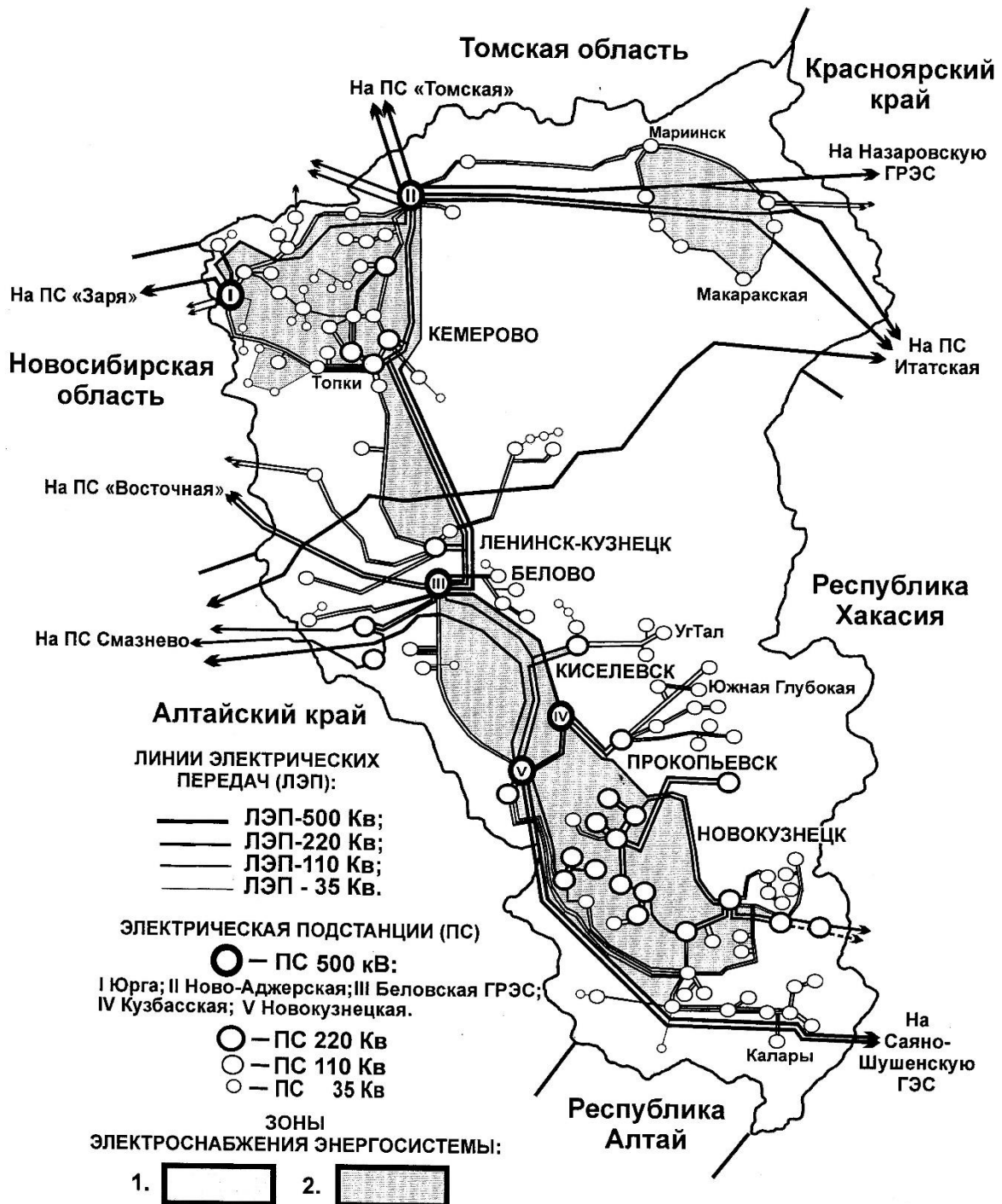


Рис. 1. Структура энергосистемы Кемеровской области по надежности электроснабжения  
Зоны электроснабжения энергосистемы:

1. Зона ациклических электросетей; 2. Зона циклических электросетей.

*Примечание.* Системообразующая электросеть (подстанции и сети напряжением  $\geq 220$  кВ). На схеме нет подстанций 220 кВ в черте крупных городов [3]. Питающие сети напряжением 110 кВ. Не представлены тяговые подстанции ОАО РЖД (50 единиц) и в черте крупных городов (151 единиц). Распределительные сети используют низкое напряжение (0,4 – 6 – 10 – 35 кВ). Потенциал класса огромен и представлен выборочно (всего подстанций 35 Кв – 240 единиц). На схеме не представлены все тяговые подстанции и в черте городов [12; 13].

Зона ациклических сетей априори является ареалом ненадежности энергосистемы; в этом случае особенно значим выбор основы генерации локальной энергосистемы. Видовое многообразие генерации стимулирует рост надежности энергосистемы. [1, с. 33] В России особые надежды возлагаются на строительство газотурбинных малых теплоэлектроцентралей (ГТУ-МТЭЦ). Для функционирования малых ГТУ-ТЭЦ отечественного производства требуется газопровод с давлением не менее 2,5 МПа. Как следствие, развитие газотурбинных технологий возможно лишь в тех сетевых комплексах региона, где проходят магистральные газопроводы. При отсутствии поблизости таких газопроводов или сложности получения разрешения на врезку (отметим, что такое развитие событий вероятно) остается вариант подключения ГТУ-МТЭЦ к газопроводам более низкого давления. В этом случае требуется дополнительное строительство компрессорной станции для «дожима» газа, что весьма удорожает весь проект [2, с. 9]. Таким образом, развитие технологии ГТУ-МТЭЦ ограничено и морфологически выражено линейно-узловым типом развития локальных энергосистем (т.е. расположением их вдоль трассирования магистральных газопроводов).

Интересен также вариант развития локальных энергосистем на основе газо-поршневых двигателей (ГПД). Последние лучше адаптированы для работы от газопроводов стандарта, более распространенного для городской и сельской сети газоснабжения (0,3–1,2 МПа.). Развитие локальных энергосистем на основе ГПД признано перспективным направлением (в сущности, это практически калька сетевой газификации территории), но имеет пространственные ограничения. Сложно говорить о сетевом газе в ареале, где не развита питающая электросеть. Остается вариант завозного сжиженного природного газа (СПГ), что ведёт за собой формирование ареально-узлового типа локальных энергосистем.

Однако при любом сценарии развития малой тепловой энергетики неизменна её зависимость от истощаемых ресурсов. Цены на энергоносители будут расти, а ставка на развитие газовых технологий, в свою очередь, повышает зависимость энергетики от динамики ценового коридора на газ. В этой связи возрождаются идеи массового развития локальных энергосистем на основе ресурсов возобновляемых источников энергии (ВИЭ), что способствует распространению ареального рисунка локальных энергосистем.

Анализ ситуации позволяет выделить основные направления использования локальных энергосистем в рамках региональной энергосистемы.

1. Малоаселенная территория (до 1,5 чел./км<sup>2</sup>) ограничивает целесообразность масштабного расширения любой сетевой инфраструктуры (газ, свет, связь). В таких зонах функционирование локальных энергосистем является почти единственным способом решения энергетических и социальных проблем потребителей. При этом на передний план выдвигается социально-экономический аспект «месторазвития»; территориальный же аспект такого масштаба позволяет отнести к ним ациклическую зону со слабой связностью электросети (тип «ветвь–дерево»), а также ареалы «очагового» расселения.

2. В результате высокого износа сетевой инфраструктуры снижается надежность энергообеспечения, растет доля потерь при транспортировке энергии, повышается частота аварий и отключений. Соответственно, социально-экономические потери имеют временной лаг. Особенно актуально создание местных энергосистем в конечных пунктах наиболее протяженных распределительных электрических сетей (6-10 кВ). В этой ситуации доминирует инфраструктурный аспект обустройства «месторазвития».

3. В рекреационных и природоохранных зонах применимы схемы комбинирования локальных и централизованных энергосистем. В данном случае базовую нагрузку несет локальная энергосистема, а её переходную часть – централизованная. Таким образом решается в том числе техническая задача оптимизации выходных параметров энергии установок на основе возобновляемых источников энергии. Низкотемпературные нужды населения при рассмотрении их в качестве технологического процесса не требовательны к изменениям выходных параметров в большом диапазоне. Такими же показателями характеризуется и эффект использования ресурсов ВИЭ в целях водоподъема и предохранения территорий от лесных пожаров. Особенно высока значимость подобного варианта для особо охраняемых территорий (таких как заповедники, заказники, национальные парки). Отметим также, что вариант наиболее целесообразен, когда во главу угла ставится либо проблема пожарной безопасности, либо экологический аспект «месторазвития».

4. Четвертое направление перспективно для «месторазвития» по принципу «полуса роста». Схема локальной энергосистемы предусматривает эксплуатацию модуля малой генерации как неотъемлемой составляющей централизованной энергосистемы. Этот вариант максимально оптимизирует эластичность производства при высокой надежности самой системы снабжения, вместе с тем приводя к росту синергетических эффектов (т.н. эффект «домино»). Сопряженная энергосистема особенно перспективна для территорий с резко возрастающим спросом на энергию (пригородная зона, рентабельные сельскохозяйственные организации, коттеджные поселки повышенной комфортности, зоны массового перехода на

электроотопление и т.д.). Место локальной и централизованной энергосистемы в графике нагрузки будет зависеть от конкретных условий местности: объема потребностей, текущего уровня цен на энергоносители и т.д.

Очевидно, что вышеперечисленные направления вовсе не исчерпывают собой вариаций оптимизации энергетического пространства. Поэтому в Кемеровской области актуальны дальнейшие комплексные исследования с целью выявления зон целесообразности развития локальной энергетики и малых энергосистем в рамках единой региональной энергосистемы. Можно предположить, что в регионе найдется заинтересованный студент или аспирант, который проведет более серьезное исследование рассматриваемой темы.

#### Список литературы:

1. Атаев З.А. Географические основы локальной энергетики Центрального экономического района России : монография / Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. Рязань, 2008. 284 с.
2. Дубинин В.С. Сопоставление систем централизованного и децентрализованного энергоснабжения в современных условиях России (часть 1) // Промышленная энергетика. 2005. № 9. С. 7-12.
3. Единая национальная электрическая сеть. Часть I. Распределительные устройства электрических станций и подстанций ЕЭС России. Справочник /К.И. Башкатова, И.Е. Белобородова, А.В. Брюхов, А.О. Егоров, И.Д. Ломовцев. Екатеринбург: Уральский федеральный университет имени Б.Н. Ельцина», Уральский энергетический институт. 2020. 94 с.
4. Ильинский Н.Ф., Цацекин В.К. Приложение теории графов к задачам электромеханики. М.: Энергия, 1968. 200 с.
5. Концепция надежности в электроэнергетике /Воропай Н.И., Ковалев Г.Ф., Кучеров Ю.Н. и др. – М.: ООО ИД «ЭНЕРГИЯ», 2013. 212 с.
6. Мелентьев Л.А. Оптимизация развития и управления больших систем энергетики. М.: Высшая школа, 1982. 319 с.
7. Надежность систем энергетики (сборник рекомендуемых терминов) /Отв. редактор чл.-корр. РАН И.М. Воропай. М.: ИАЦ «Энергия», 2007. 192 с.
8. Оре О. Теория графов. – 2-е изд. М.: Наука, 1980. 356 с.
9. Приваловская Г.А., Волкова И.Н. Эколого-географические противоречия природопользования // Известия РАН. Сер. География. 1997. № 1. С. 19-28.
10. Совалов С.А., Семенов В.А. Противоаварийное управление в энергосистемах. М.: Энергоатомиздат, 1988. 416 с.
11. Тархов С.А. Эволюционная морфология транспортных сетей. Смоленск–Москва: Изд-во «Универсум», 2005. 384 с.
12. Схема и программа перспективного развития электроэнергетики Кемеровской области – Кузбасса 2021-2025 годы. [электронный ресурс]. Режим

доступа: <http://www.docs.yandex.ru> ako.eru upload... Кемеровской области 2021-2025. pdf 2. (дата обращения 25.10.2022).

13. Схема ЛЭП и электроснабжения России (актуальность данных январь 2022 г.) [электронный ресурс]. Режим доступа: [https:// www.freosm.ru](https://www.freosm.ru) (дата обращения 25.10.2022).