

УДК 537.3

**Бурлаченко Ю.А.** – студент IV курса

**Беликова В.В.** –руководитель, преподаватель  
спецдисциплин Колледжа Луганского национального  
университета имени В.Даля,  
г. Луганск, e-mail: [belikova1818@gmail.com](mailto:belikova1818@gmail.com)

### **УДК 537.3 ТЕНДЕНЦИИ ПЕРСПЕКТИВ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ МЕГАПОЛИСОВ**

В последние годы на всех территориях наблюдается рост численности городского населения за счет снижения его численности в сельской местности. В связи с этим возникает необходимость прогнозирования устойчивого развития городов путем решения прикладных задач энергоснабжения на конкретных территориях.

Закономерности развития городских энергосистем до сих пор исследованы недостаточно. Нелинейный характер связей между городской энергосистемой и социально-экономическими и природно-климатическими факторами, а также неопределенность характеристик этих связей определяют актуальность разработки современных расчетных методов. Вопрос об определении наиболее перспективных направлений развития энергетики сложно решаем из-за неполноты статистических данных и отсутствия методик, учитывающих взаимосвязи «энергетика – экономика» и «энергетика – окружающая среда». Цель данной статьи заключается в определении основных закономерностей, которым подчиняется развитие городских энергосистем.

Ключевые слова: программа развития, прогнозирование, развитие системы электроснабжения.

Крупнейшие города – мегаполисы - с населением более 1 млн. человек характеризуются не только развитой социальной инфраструктурой, они обладают особенностями при создании инженерных коммуникаций, в том числе сетей электроснабжения.

Под системой электроснабжения города понимают совокупность электрических сетей и трансформаторных подстанций, а также устройств управления передачей электрической энергии, расположенных на территории мегаполиса и предназначенных для электроснабжения его

потребителей. Система ограничивается, с одной стороны, источниками питания, с другой — вводами электрических сетей к потребителям. В качестве источников питания служат местные электростанции и понижающие подстанции напряжением 35...110 кВ и выше, питание которых осуществляется от электрических сетей энергосистем. Основные показатели системы определяются местными условиями: размерами города, исторической структурой развития, наличием источников питания, характеристиками потребителей и т. п.

Развитие городских систем электроснабжения может характеризоваться:

- установкой в узловых точках сети устройств, улучшающих показатели качества электрической энергии;
- устройством подстанций глубокого ввода 110 кВ и выше, транспортирующих линии электропередач высокого напряжения непосредственно в центры нагрузок для питания отдельных (центральных) районов города;
- уменьшением длины линий электропередач, реализованным посредством рационального перераспределения трансформаторных подстанций (ТП) и передающих сетей с одновременным их обновлением;
- максимальной автоматизацией и диспетчеризацией передающих сетей;
- применением проводников большого сечения у групп мощных потребителей;
- отказом от тупиковых схем электроснабжения городских электроприемников с одновременным созданием вокруг города и его районов кольцевой магистральной сети напряжением 110 кВ и выше с двусторонним питанием и понижающими подстанциями, присоединенными к подстанциям более высоких напряжений энергосистемы и городским электрическим станциям;
- созданием новой кольцевой сети по мере развития города и увеличения его электрической нагрузки и преобразованием кольцевой магистральной сети, принятой на первом этапе развития, в распределительную сеть;
- использованием существующих распределительных сетей 10(6) кВ с возможностью их ограниченного взаимного резервирования нагрузки ближайших центров питания (не менее 15 % нагрузки) и пр.

Перспективы развития схем электроснабжения крупнейших городов определяются на основе схем территориального планирования муниципальных районов, генеральных планов поселений в увязке с формированием агропромышленного и рекреационного комплексов, а также с учетом размещения подсобных сельских хозяйств предприятий, организаций и учреждений. Целями разработки схем и программ перспективного развития электроэнергетики таких регионов, являются развитие сетевой инфраструктуры и генерирующих мощностей, обеспечение удовлетворения долгосрочного и среднесрочного спросов на электрическую энергию и мощность, формирование стабильных и благоприятных условий для привлечения инвестиций в строительство объектов электроэнергетики.

Программы развития электроэнергетики регионов включают в себя схему развития электроэнергетики региона и оценку плановых значений показателя надежности оказываемых услуг. Анализ схем и программ перспективного развития электроэнергетики показывает недостаточную их наполненность информацией. Как правило отсутствует анализ тарифных последствий реализации мероприятия, нет анализа электрических режимов работы сети, расчета токов короткого замыкания, что не позволяет выполнить оценку целесообразности и достаточности предлагаемых мероприятий.

Несмотря на указанные сложности, для расчета могут быть использованы следующие показатели:

- годовое электропотребление электроприемниками  $W$ ;
- суммарная установленная мощность генерирующих электростанций;
- число генерирующих электростанций;
- электропотребление города в сутки контрольных замеров: летнего и зимнего;
  - собственный максимум нагрузки;
  - число часов использования максимума нагрузки;
  - годовые темпы прироста электропотребления и максимума нагрузки;
- численность и суммарная установленная мощность трансформаторов;
  - число подстанций;
  - численность лучей и протяженность ЛЭП.

В целях повышения достоверности результатов анализа факторов, определяющих развитие электрических сетей мегаполисов, был проведен дополнительный анализ факторов, определяющих развитие энергосистемы мегаполисов. При первичном отборе выявлены следующие качественные зависимости. Энергопотребление на душу населения — это соотношение количества электрической энергии, потребляемой во всех областях человеческой деятельности за определенный период времени и численности населения. При сохранении темпов роста населения его активность, выражающаяся в потреблении ресурсов на человека, должна упасть за счет использования менее энергоемких электроприборов при одновременном увеличении энергонасыщенности жилья. Показатель потребления электроэнергии на душу населения зависит не только от фактора реального ВВП, но и от ряда социальных, экономических факторов:

- уровня благосостояния семей и энергонасыщенности жилья; также может рассматриваться показатель «средний уровень заработной платы»;

- уровня обеспеченности населения жильем; может рассматриваться показатель «темпы ввода нового жилья»;

- площади рассматриваемой территории мегаполиса или региона S;

- уровня обеспеченности населения сферой услуг;

- насыщенности территории промышленными предприятиями и офисами;

- темпов изменения численности населения;

- климата региона; может рассматриваться показатель «средняя температура по месяцам»;

- тарифов на электрическую энергию.

Снижение роста уровня благосостояния за последние годы объясняется увеличением тарифов на электроэнергию и насыщением домохозяйств основными видами электробытовой техники. В целях сравнения населения по уровню благосостояния рекомендуется использовать показатель «среднемесячная номинальная начисленная заработная плата работников организаций по видам экономической деятельности». Фактор «обеспеченность общей (жилой) площадью» является важной составляющей социального профиля любого города и региона,

однако на энергопотребление рассматриваемой территории влияет именно число жителей.

В развитых странах наибольшее энергопотребление в общественных зданиях и сооружениях приходится на отопительный сезон. В промышленности основным источником потребления являются технологии и отопление.

Фактором, рекомендуемым для сравнения, стал реальный ВВП. Темпы изменения численности населения и потребления электрической энергии на бытовые нужды были проанализированы по мегаполисам России. В Москве на бытовые нужды населения тратится 23,5 % от всей электроэнергии, в Санкт-Петербурге — 19,9 %, в Краснодарском крае — 22,2 %, Ростовская область — 18,7 %. Следовательно, рост численности населения является значимым фактором спроса на электроэнергию.

Важным набором факторов для анализа обладает климат региона, под которым подразумевается многолетний режим погоды. Факторами, рекомендуемыми для сравнения, являются среднегодовая температура, средняя месячная относительная влажность воздуха в июле, средняя месячная относительная влажность воздуха в январе.

Тарифы на электрическую энергию для разных регионов могут отличаться в трехкратном размере.

Факторами, рекомендуемыми для сравнения, являются стоимость электроэнергии: для промышленного потребителя; для городского населения, проживающего в домах, оборудованных стационарными электроплитами и (или) электроотопительными установками; для городского населения, проживающего в домах, оборудованных газовыми плитами.

Результаты расчета удельных значений протяженности ЛЭП 35..6 кВ на одного человека и 1 км<sup>2</sup> площади показывают неоднозначность и существенную недостаточность данных для анализа. Целесообразно проанализировать зависимость годового потребления электрической энергии от ВВП. Для приведения к сопоставимым условиям показателя годового электропотребления электроприемниками его необходимо разделить на показатель «численность населения». Показатель ВВП предлагается привести посредством деления на показатель «среднегодовая температура», зависимость которого может быть описана уравнением

$$W/N = \{0,0069\text{ВВП/Тср. год} + 6,8194\} \pm 16 \%. \quad (1)$$

Следует также изучить зависимости удельного показателя «годовое электропотребление электроприемниками/численн.насел.» от показателя темпов ввода жилья, скорректированного на тариф на электрическую энергию. Для расчета стоит использовать ставку одноставочного тарифа на электроэнергию для городского населения, проживающего в домах, оборудованных в установленном порядке газовыми плитами.

$$\text{Темп ввод жилье} / \text{Тарифэл. эн} = \{13,914W/N+246,16\} \pm 24 \%. \quad (2)$$

Вместе с тем данный критерий может быть использован только для проверки корректности проверяемых 30 значений, но не для их прогнозирования.

Достаточно показателен фактор «объем потребляемой электрической энергии в пересчете на жителя».

$$W/N = 7,97 \pm 18 \%. \quad (3)$$

Анализ фактора «объем потребляемой электрической энергии в пересчете на единицу площади (кВт·ч/км<sup>2</sup>)» показывает наличие среднего значения

$$W/S = 189,9 \pm 21 \%. \quad (4)$$

Анализ факторов, определяющих развитие электрических сетей мегаполисов, на основе схем и программ перспективного развития электроэнергетики, выявил зависимости, которые позволяют развить методологию формирования проблемно-ориентированных аналитических ресурсов для эффективного моделирования и прогнозирования электропотребления мегаполисов.

Данные количественные соотношения в дальнейшем могут быть использованы при нечетком многокритериальном

оценивании влияния широкого спектра разнородных факторов на характеристики систем энергоснабжения городов.

### **Литература**

1. РД 34.20.185—94. Инструкция по проектированию городских электрических сетей.

2. Гашо Е.Г., Гужов С.В., Постельник М.И. Анализ тенденций развития электрических сетей мегаполисов Российской Федерации

3. Агеева Е.В., Коган Ю.М. Потребление электроэнергии и электрификация в России (1990 — 2007 гг.) // Энергетик. 2008. № 10. С. 7—11.

4. Саков В.В. Исследование и разработка математических моделей и методики расчета электрических нагрузок жилых зданий: Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. М.: Изд-во МЭИ, 2007.  
19. Гузанова А.К. Жилищная обеспеченность в России и Москве: тенденции последних лет, социальные различия, жилищная политика [Электрон. ресурс]

5. Гальперова Е.В. Энергопотребление населения и сферы услуг на фоне мировых тенденций // Проблемы прогнозирования. 2011. № 3. С. 93—99.)