

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

На правах рукописи

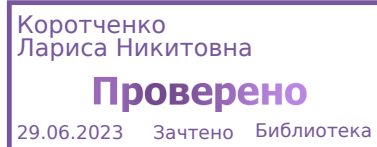
Самандари Асо

**ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЖИЛЫХ
ЗДАНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ**

Направление подготовки
08.04.01 – «Строительство»

**АВТОРЕФЕРАТ
МАГИСТЕРСКОЙ ДИССЕРТАЦИИ**

2023



Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Научный руководитель: Иванов Сергей Николаевич
докт. тех. наук, доцент

Рецензент: Щербаков Иван Федорович
начальник отдела проектных работ
МКУ «Управление капитального
строительства» администрации города
Комсомольск-на-Амуре канд. тех. наук

Защита состоится «27» июня 2023 г. в 9 часов 00 мин. на заседании государственной экзаменационной комиссии по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» в Комсомольском-на-Амуре государственном университете по адресу: 681013, г. Комсомольск-на-Амуре, пр. Ленина, 27, ФГБОУ ВО «КНАГУ» ауд. 212/1.

Секретарь ГЭК

И. В. Погорельских

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования: В данной диссертации решен комплекс задач проектирования, реконструкции и планирования работы, городских систем электроснабжения на базе математических моделей, основу которых составляют алгоритмы теории графов.

Повышение энергетической эффективности жилых зданий при проектировании представляет актуальную задачу. Одним из наиболее перспективных направлений является повышение эффективности за счет выравнивания плотности электрических нагрузок, как в пространстве, так и во времени.

Для решения задачи используются перспективные электроприемники в виде зарядных электростанций для электромобилей. Проверка соответствия его параметров проводится с помощью компьютерного анализа модели жилого микрорайона.

Применение зарядных электростанций имеет ряд преимуществ. Во-первых, они способны выровнять график нагрузки. Во-вторых, использовать льготные тарифы на электроэнергию, что обеспечивает более эффективную передачу электрической энергии. В конечном счете, это приводит к обеспечению высокого уровня энергоэффективности.

Объектом исследования жилой микрорайон типовой застройки.

Предметом исследования является изменение распределения электрической нагрузки в результате обоснованной установки зарядных электростанций.

Целью диссертационной работы является повышение энергетической эффективности городских систем электроснабжения низкого напряжения (СЭС НН) с использованием инструментария ГИС технологий, компьютерной геометрии и математической морфологии, учитывающих неоднородность плотности нагрузки.

Для реализации этой цели необходимо решить следующие **задачи**:

1. Провести анализ существующих подходов и методик выбора

параметров элементов городских сетей ЭС на соответствие требованиям, предъявляемым к сетям ЭС в современных экономических условиях;

2. Определить основные направления модернизации действующих и разработки новых подходов к проблеме параметрической оптимизации городских СЭС НН;

3. Обработать данные по нагрузкам городской сети ЭС НН используемой в качестве экспериментальной;

4. Выполнить выборочный сравнительный технико-экономический анализ действующего варианта и полученных на основе предлагаемого подхода сетей ЭС НН региона исследования;

5. Разработать рекомендации по повышению эффективности городских СЭС.

Структура и объем диссертации. Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения, списка использованных источников. Общий объем диссертации 102 страниц, 36 рисунков.

Результаты: В результате работы проведен анализ теплофизических свойств и надежности силовых кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена при введении добавок.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении рассмотрены вопросы развития электрификации жилых и общественных зданий обусловлено ростом всей энергетики нашей страны. Быстрыми темпами развивается электрификация быта. Показано, что все шире применяются бытовые электроприборы, повышающие комфорт в квартирах и освобождающие людей от многих трудоемких домашних хозяйственных работ.

Электроустановки современных зданий представляют собой сложные системы, предъявляющие повышенные требования к надежности электроснабжения, что в свою очередь потребовало автоматизации работы отдельных элементов сетей. В этих условиях принципиально важно, что бы в проектах электроснабжения и электрооборудования зданий принимались

решения, отвечающие требованиям наименьших затрат на их сооружение и удобства эксплуатации и надежности работы.

Обосновывается необходимость повышения энергоэффективности систем электроснабжения путем применения современных электропотребителей.

В первой главе рассматриваются методы определения параметров элементов системы электроснабжения с учетом критерия поверхностной плотности нагрузки. Ставится задача выбора параметров элементов СЭС. Показано, что выбор оптимальных технико-экономических параметров СЭС – сложная и многогранная задача, решение которой зависит от множества различных факторов. Приводится общая постановка задачи выбора параметров элементов СЭ. Обосновывается выбор местоположения понижающих трансформаторных подстанций (ТП) числа и мощности трансформаторов в них. Определяются общие принципы определения сечения кабельных линий и проводов воздушных линий. Отмечено, что по критерию экономической плотности тока согласно рекомендациям предписывается производить выбор сечений проводов ВЛ и жил кабелей по экономической плотности тока в нормальном режиме и проверять по допустимому длительному току в аварийном и послеаварийных режимах.

Критерий экономической плотности тока устанавливает оптимальное соотношение между затратами цветного металла и потерями электрической энергии в сетях. Нормированные значения плотности тока определяются в соответствии с конъюнктурой рынка поставок электрической энергии.

Формализация расчета электрических нагрузок может идти в нескольких направлениях:

- 1) эмпирические методы (коэффициента спроса; двухчленных эмпирических выражений, удельного расхода электрической энергии и удельных плотностей нагрузки, технологического графика);
- 2) метод упорядоченных диаграмм (расчет по коэффициенту расчетной активной мощности);

- 3) собственно статистические методы;
- 4) метод вероятностного моделирования графиков нагрузки.

Во второй главе дается общая характеристика городских сетей ЭС.

В настоящее время с помощью городских сетей распределяется около половины, вырабатываемой в стране электроэнергии (коммунально-бытовая сфера потребляет до 30% электроэнергии, в т.ч. население 15-22%).

Выбор трасс для ВЛ и КЛ, площадок для ТП городских сетей ЭС, осуществляется на ограниченной территории в стесненных условиях. Архитектурно-эстетические требования к сооружаемым элементам сети диктуют необходимость применения простых схем ТП, их сооружения в закрытом виде.

Условно распределительную городскую сеть ЭС можно разделить на сеть среднего (СН) и сеть низкого (НН) напряжений. Сеть СН 10(6) кВ является питающей для сети НН 0.4 кВ. Трансформация СН в НН осуществляется с помощью ТП 10(6)/0.4 кВ.

Распределение электроэнергии осуществляется по радиальным, магистральным и смешанным схемам.

Для малых и средних городов с населением до 500 тыс. жителей основным видом потребителей являются жилые дома до 10 этажей, которые по надежности электроснабжения относятся к потребителям III категории. Поэтому распределительные сети НН жилых районов чаще выполняются радиально, без резервирования линий и трансформаторов.

Критерий плотности нагрузки является общепринятым параметром, на основе которого определяются мощности ТП и число линий со стороны НН отходящих от ТП.

Для низкоэтажных городов характерно наличие районов, где существуют отдельные группы потребители с нагрузкой до нескольких сотен киловатт, что, приводит к значениям плотности нагрузки, которые присущи для индустриальных областей и деловых центров крупных городов.

Для крупных промышленных центров картина распределения плотности нагрузки несколько изменится, появятся более острые перепады и пики, обусловленные квадратичной зависимостью $2 \sigma = \sigma(\varepsilon^2)$ (1.30), но в целом дисперсионная «очаговая» структура останется, так как она обусловлена, в большей мере, архитектурной топологией города, а городов с геометрически идеальной топологией не существует.

В третьей главе решена задача определения радиуса обслуживания и зон ответственности ТП. Определение нагрузки жилого района на основе диаграмм Вороного.

Неупорядоченность расположения потребителей и их различие в характере потребления ЭЭ свидетельствует о том, что плотность нагрузки не является неизменной даже на одном уровне напряжения в иерархии системы ЭС, как это допускается в рассмотренных выше моделях.

Плотность нагрузки, даже в пределах одного уровня напряжения, является функцией координат и времени.

При решении задачи параметрической оптимизации элементов городских СЭС, первоочередным шагом является определение радиуса действия сети ЭС и зон обслуживания ТП.

В рассмотренных моделях, при вводе новых ТП или удалении существующих, необходимо заново перестроить покрытие в рассматриваемой области, что неприемлемо для сетей электроснабжения.

В качестве альтернативы для рассмотренных моделей, рассмотрен подход, использующий взвешенные диаграммы Вороного.

Процедура покрытия региона обычными полигонами Вороного, вершинами которых являются предполагаемые места размещения ТП, а сами полигоны являются прообразами областей ответственности данных ТП, учитывает неоднородность пространственного размещения потребителей ЭЭ.

В четвертой главе обосновано повышение эффективности системы электроснабжения на основе диаграмм Вороного на примере района города.

Развитие электрификаций жилых и общественных зданий обусловлено ростом всей энергетики нашей страны. Быстрыми темпами развивается электрификация быта. Все шире применяются бытовые электроприборы, повышающие комфорт в квартирах и освобождающие людей от многих трудоемких домашних хозяйственных работ.

Электроустановки современных зданий представляют собой сложные системы, предъявляющие повышенные требования к надежности электроснабжения, что в свою очередь потребовало автоматизации работы отдельных элементов сетей. В этих условиях принципиально важно, что бы в проектах электроснабжения и электрооборудования зданий принимались решения, отвечающие требованиям наименьших затрат на их сооружение и удобства эксплуатации и надежности работы.

Группа жилых домов питается от одной трансформаторной подстанции, включает в себя: два девятиэтажных дома с газовыми и электрическими плитами, один пятиэтажный дом с газовыми плитами.

Приведен расчет электроснабжения жилого дома, группы жилых зданий, магазинов, трансформаторной подстанции, токов короткого замыкания.

Построена схема электроснабжения группы жилых домов, электрическая схема электроснабжения жилого дома, и план размещения жилого района. Так же будет произведена проверка элементов по токам КЗ, выбор аппаратов защиты, и определены потери напряжения.

Применение предложенного подхода к определению оптимальных технико-экономических параметров элементов СЭ на основе диаграмм Вороного на примере района города с малоэтажной застройкой.

Показано определение предварительных координат местоположений и мощностей зарядных станций.

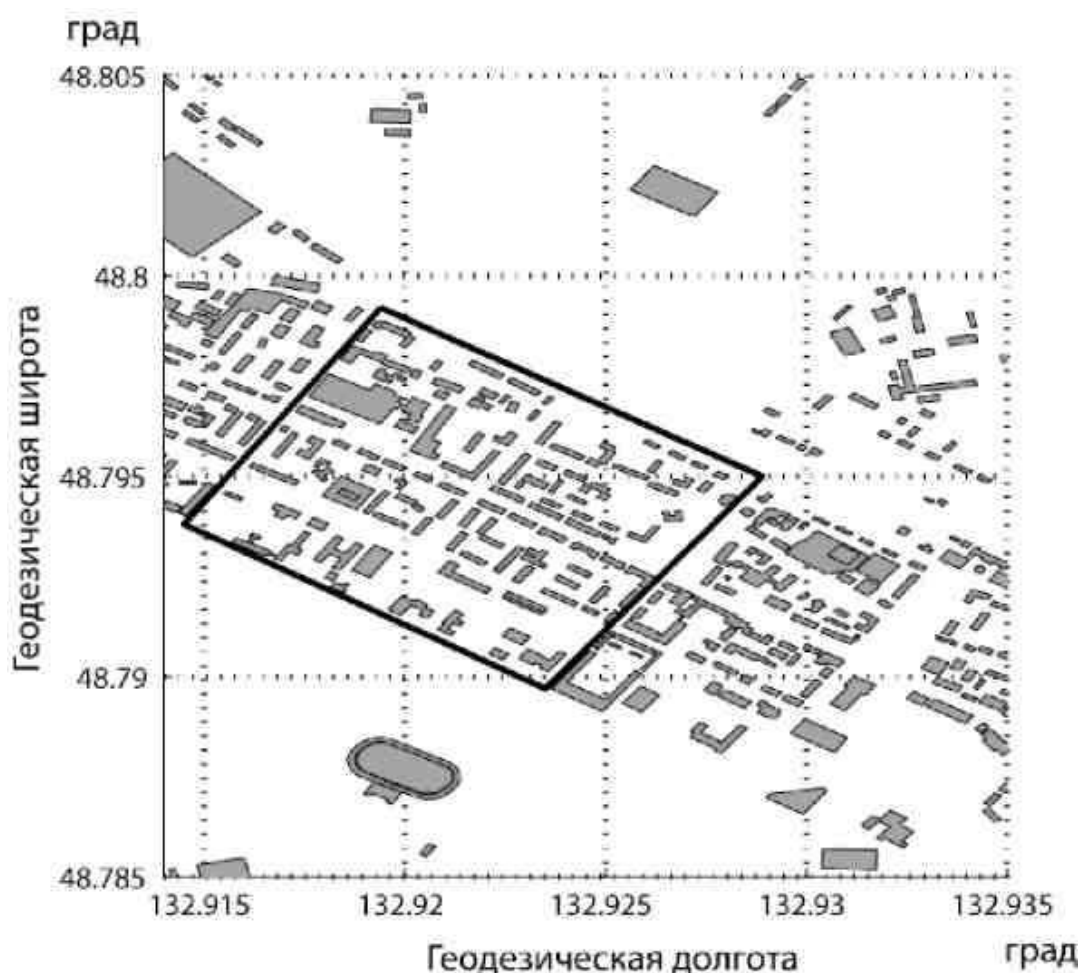


Рисунок - Картографическая проекция исследуемого региона города
на плоскость

Нумерация зон ответственности зарядных станций выполнена в соответствии с направлениями декартовых осей в локальной двумерной системе координат (слева - направо и снизу - вверх).

Из представленных данных следует, что уменьшился разброс по абсолютной величине плотности нагрузки, но выросла суммарная дистанция от центров нагрузки до ВРУ по сравнению с разбиением на обычные полигоны Вороного.

Дальнейшие шаги по процедуре оптимизации разбиения исследуемого региона на зоны ответственности зарядных станций находятся в компетенции ЛПР. Так как для этого необходимо обладать более полной и достоверной информацией об особенностях текущих и прогнозируемых нагрузок в регионе.

Как отмечалось ранее, задачей данного исследования является выработка механизмов определения оптимальных параметров сетей ЭС с учетом фактора неоднородности плотности нагрузки.

В качестве дальнейших шагов можно предложить объединение смежных зон, их линейные размеры нагрузки и плотности нагрузок позволяют выполнить данную процедуру. Таким образом, мы уменьшим разбиение на две зоны. Разумеется, что после этого необходимо произвести пересчет зон с учетом новых координат центров нагрузок. В силу свойств диаграмм Вороного перераспределение зон ответственности коснется только зон смежных с изменяемыми зонами. Анализ полученных данных и карты плотности нагрузки позволяет определить суммарная установленная мощность зарядных станций.

В диссертации проводится сравнительный технико-экономический анализ технического состояния электрических сетей 0.4 – 110 кВ показывает, что основные потери ЭЭ приходятся на распределительные сети 0.4-10(6) кВ.

В данном разделе рассматриваются результаты сравнительного технико-экономического анализа действующей распределительной городской сети 0.4 – 110 кВ и вариантов сети, для различных вариантов сегментации, со значениями параметров элементов сети найденными с помощью подходов и методов, предлагаемых в исследовании.

Обсуждаемые результаты приводятся лишь с целью демонстрации возможностей предложенного подхода и не претендуют на роль факторов, на основании которых необходимы обязательные мероприятия по изменению топологии действующей сети.

В конечном счете, окончательно принимаемые решения в сфере проектирования, развития и/или реконструкции сетевого хозяйства, лежат на ЛПР, так как данное лицо обладает всей необходимой региональной информацией относительно функционирования и перспектив развития СЭ в рассматриваемой области.

Экономическая оценка выполняется путем сопоставления нескольких вариантов. В качестве основного критерия экономической эффективности сравниваемых вариантов принимаются приведенные годовые затраты.

В настоящее время, в Российской Федерации, рекомендованы к применению «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и отбору их финансирования», которые более приближены и адаптированы к практике оценивания проектов сложившейся в международном сообществе.

Заключение

Разработаны подходы для прогноза и оценки развития сети ЭС используя матрицы плотности нагрузки в виде двумерных структур. Данный подход позволяет получить количественные оценки для пространственных областей различных уровней напряжения, предполагаемые местоположения центров питания, длину и предполагаемые траектории для прокладки КЛ, возможное число ответвлений и коэффициент разветвленности сети.

Проведено теоретическое обоснование и получены соотношения для оценки степени неоднородности плотности нагрузки в виде коэффициентов неоднородности, учитывающих неоднородность плотности нагрузки, как по пространственным координатам, так и по абсолютным значениям. Установлено, что введение в используемые расчетные выражения, коэффициента неоднородности плотности нагрузки позволяет получить более адекватную оценку параметров элементов сетей ЭС с учетом неоднородности плотности нагрузки;

Рассмотрены действующие принципы и подходы к определению зон ответственности зарядных станций, координат местоположения зарядных станций по отношению к нагрузкам. В качестве меры для устранения подобных несоответствий предложена модель для определения зон ответственности зарядных станций на основе обычных и взвешенных диаграмм Вороного. Установлено, что применение обычных и взвешенных диаграмм Вороного позволяет перераспределить потребителей ЭЭ по зонам

ответственности зарядных станций с целью уменьшения неоднородности плотности нагрузки;

Вычисленные значения модернизированной ЦФ приняты в качестве элементов затратной матрицы (матрицы удельных затрат), что соответствует принципу «оптимальный процесс оптимален на каждом этапе».

Выявлено, что 98% маршрутов для КЛ соответствуют технологическим требованиям и рекомендациям ПУЭ. Для маршрутов, не соответствующих критериям падения напряжения, рекомендуется увеличить сечение на следующее значение в номенклатурной шкале и выполнить повторный расчет затратной матрицы, матрицы геодезических дистанций и т.д.;

Результаты выборочного сравнительного технико-экономического анализа показывают экономический эффект до 30% экономии затрат на создание и эксплуатацию СЭС от предлагаемых мероприятий с использованием зарядных станций.

Публикации по теме диссертации

1. Самандари, А. Выравнивание электрических нагрузок жилых зданий / А. Самандари, С.Н. Иванов, Х.Х. Азимов // Производственные технологии будущего: от создания к внедрению: материалы VI Международной научно-практической конференции, Комсомольск-на-Амуре, 5 – 11 декабря 2022 г. / Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2023. – Ч. 1. – С. 250-252.
2. Самандари, А. Повышение энергетической эффективности зданий / А. Самандари, Б.К. Ашуров, С.Н. Иванов // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований. Материалы V Всероссийской национальной научной конференции молодых учёных. В 4-х частях. Редколлегия: А.В. Космынин (отв. ред.) [и др.]. Комсомольск-на-Амуре, 2022. С. 100-102.