

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Токтошова Гулжигита Ысаковича на тему «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

### 1. Актуальность темы диссертационного исследования

Для удовлетворения потребностей современного города возникает необходимость строительство новых и расширения существующих инженерных коммуникаций, обеспечивающих передачи целевого продукта (информация, энергия, продукт) от источников к потребителям. В связи с этим возникают оптимизационные задачи, связанные с проектированием и эксплуатацией инженерных коммуникаций различного назначения, такие как газо-, водо-, и электроснабжения, инфокоммуникационные и электрические сети, сети автомобильных и железных дорог и т.п.

В существующих моделях и методах практически не учитывается иерархичность проектируемых типов коммуникаций, ограничения на местности и существующие коммуникации для прокладывания инженерных сетей и коммуникаций, что может очень существенно повлиять на конечный результат. На выбор проектного решения в условиях городской застройки большое влияние оказывают существующие и проектируемые инженерные коммуникации. В рассматриваемой работе предложена новая концепция моделирования и оптимизации сетей инженерных коммуникаций, комплексно учитывающая иерархичность и вложенность проектируемых типов сетей, а также многокритериальность оптимизационных задач.

Актуальность исследования, связанная с оптимизацией инженерных сетей и коммуникаций различного назначения для удовлетворения потребностей современного города, не вызывает сомнений, так как она предполагает изучение проблем, связанных с формализацией и обработки исходных данных, посредством разработки новых математических моделей и методов оптимизации, а также программных комплексов для поддержки принятия проектного решения.

### 2. Степень обоснованности научных положений, выводов и практических рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научные положения, выводы и практические рекомендации, представленные в диссертации, обоснованы на основе тщательного анализа и применения методов теории гиперсетей и эволюционного синтеза, а также верификации результатов с помощью экспериментальных исследований и численного моделирования. В процессе исследования использовался комплексный подход к моделированию и оптимизации сетей и коммуникаций, включающий системный анализ, компьютерное моделирование, разработка



местности и цифровая обработка исходных данных, что обеспечило высокую эффективность полученных результатов.

Для обоснования положений и выводов автор использовал модельные и реальные данные, представленные проектной организацией, что повысило достоверность результатов. Разработанные эвристические методы и алгоритмы основанные на моделях теории гиперсетей и эволюционного синтеза были протестированы на данных, представленных проектной организацией, что позволило провести оценку их эффективности по сравнению с существующими методами оптимизации. Применение метода дифференциальной эволюции на реальных условиях позволило сократить в среднем суммарные затраты для заданной инженерной сети по сравнению с начальным решением на 3% - 12%, в зависимости от конфигурации, параметров и области размещения.

Выводы и рекомендации, вытекающие из исследований, подтверждены значимым количеством научных публикаций автора, а также внедрениями разработанных методов и алгоритмов в производственную и образовательную практику. Апробация результатов диссертационной работы на конференциях и научных семинарах служат дополнительным подтверждением актуальности и обоснованности предлагаемых решений.

Практические рекомендации в диссертации основаны на успешных результатах внедрения предложенных методов в реальные инженерные системы, что подтверждается актами внедрения с положительным отзывом от проектной организации. Рекомендации направлены на повышение эффективности принимаемого проектного решения и обладают потенциалом для дальнейшего развития в рамках крупных научных и прикладных проектов.

### 3. Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, представленных в диссертации, обеспечивается использованием обширной научной информации в области проектирование и строительство сетей и коммуникаций, современных методов математического моделирования и цифровой обработки данных, а также применением методов эволюционного синтеза и натурального вычисления для анализа и синтеза инженерных сетей и коммуникаций.

В ходе исследования соискателем получены следующие оригинальные научные результаты:

1. Разработана новая концепция моделирования и оптимизации сетей инженерных коммуникаций, комплексно учитывающая иерархичность и вложенность проектируемых типов сетей, а также многокритериальность оптимизационных задач;

2. Разработана математическая модель прокладывания сетей и коммуникаций в трехмерном пространстве, учитывающая возможность их прокладывания как по плану, так и по профилю, а также углы поворота коммуникаций вокруг заданной оси при обходе препятствий;

3. Разработаны модели и методы оптимизации инженерных сетей и коммуникаций в условиях городской застройки, учитывающие технические нормы и правила безопасности, а также совместимость или несовместимость проектируемых типов коммуникаций;

4. Доказаны NP-трудность задач оптимизации инженерных сетей и коммуникаций в гиперсетевой постановке, не имеющие решения в общем случае;

5. Разработаны приближенные методы и алгоритмы для решения NP-трудных задач, основанные на различных метаэвристиках (метод дифференциальной эволюции, алгоритм муравьиной колонии, жадная стратегия) и моделей теории гиперсетей, позволяющие найти эффективное проектное решение с учетом многокритериальности оптимизационных задач;

6. Разработаны комплексы программ, на основе предложенных моделей и методов оптимизации, проведены вычислительные эксперименты на примере ряда тестовых и практических задач, и сравнительный анализ полученных результатов, показывающие эффективность предложенных методов и алгоритмов по сравнению с известными методами оптимизации.

Результаты исследования были опубликованы во многих научных журналах и представлены на международных конференциях и научных семинарах, что подтверждает их принятие научным сообществом. Полученные результаты и разработанные алгоритмы также были использованы в рамках научного проекта, направленного на развитие теории и разработку математических моделей и методов мониторинга, анализа и оптимизации инфокоммуникационных систем, что служит дополнительным подтверждением их достоверности и практической значимости. Таким образом, представленные в диссертации научные положения, выводы и рекомендации обладают высокой степенью обоснованности и достоверности, значительной научной новизной, что подтверждает их вклад в совершенствование методов оптимизации сетей и коммуникаций различного назначения.

#### 4. Заключение о соответствии диссертации и автореферата требованиям, установленным «Положением о порядке присуждения ученых степеней»

Диссертация Токтошова Г.Ы. «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций» полностью удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней и подтверждает свою научную и прикладную значимость как работа, представленная к защите на степень доктора технических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Исследование выделяется высокой проработанностью и использованием моделей и методов теории гиперсетей, эволюционного синтеза и различных метаэвристик, благодаря чему получены более приемлемые оптимальные приближения для NP-трудных задач, возникающие в области проектирования и эксплуатации сетей инженерных коммуникаций различного назначения. Внедрение приближенных методов и алгоритмов оптимизации в проектной

деятельности организации позволило улучшить первоначальное проектное решение в среднем на 10% в зависимости от типа проектируемой коммуникации и особенности области размещения, что подтверждается результатами численного эксперимента и актом внедрения. Комплексный подход к проектированию сетей и коммуникаций обеспечивает высокую достоверность результатов и практическую значимость выводов. Работа отличается актуальностью, новизной и методологической обоснованностью, что подкреплено активной публикационной деятельностью автора. В исследовании прослеживается логичная последовательность и полнота изложения, а также детально раскрыты научные положения, прошедшие проверку на основе модельных и экспериментальных данных. Достоверность выводов подтверждается апробацией результатов на международных конференциях, что подчеркивает высокую значимость предложенных моделей и методов оптимизации для решения оптимизационных задач по проектированию и строительству сетей и коммуникаций. Таким образом, соответствие диссертации требованиям ВАК подтверждается публикациями автора и внедрением разработанных моделей и методов оптимизации в проектную и образовательную практику, что свидетельствует о высокой научной и практической значимости работы Г.И. Токтошова.

#### **5. Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы, репрезентативность материала, полученного в результате экспериментальных и теоретических исследований**

Личный вклад соискателя в разработку научной проблемы заключается в выполнении всех разделов диссертационной работы, основанной на авторских исследованиях и оригинальных методах. Каждый этап исследования, от анализа существующих моделей и методов оптимизации сетей и коммуникаций до разработки и апробации приближенных методов и алгоритмов решения NP-трудных задач, возникающие в области проектирование и строительство инженерных сетей и коммуникаций различного назначения, был осуществлен соискателем.

В частности, значимыми аспектами вклада являются:

1. Была разработана новая концепция моделирования и оптимизации сетей инженерных коммуникаций, комплексно учитывающая иерархичность и вложенность проектируемых типов сетей;
2. Предложена методика прокладывания сетей и коммуникаций в трехмерном пространстве, учитывающая возможность их прокладывания как по плану, так и по профилю, а также углы поворота коммуникаций вокруг заданной оси при обходе препятствий;
3. Предложены модели и методы оптимизации инженерных сетей и коммуникаций в условиях городской застройки, учитывающие технические нормы и правила безопасности, а также совместимость или несовместимость проектируемых типов коммуникаций;

4. Доказана NP-трудность задач оптимизации инженерных сетей и коммуникаций в гиперсетевой постановке, не имеющие решения в общем случае;

5. Разработаны приближенные методы и алгоритмы для решения NP-трудных задач, основанные на различных метаэвристиках (метод дифференциальной эволюции, алгоритм муравьиной колонии, жадная стратегия) и моделей теории гиперсетей, позволяющие найти эффективное проектное решение с учетом многокритериальность оптимизационных задач;

6. Разработаны комплексы программ, на основе предложенных моделей и методов оптимизации, проведены вычислительные эксперименты на примере ряда тестовых и практических задач, и сравнительный анализ полученных результатов, показывающие эффективность предложенных методов и алгоритмов по сравнению с существующими.

Таким образом, личный вклад соискателя состоит в разработке комплексного подхода к проектированию инженерных сетей и коммуникаций, основанного на иерархического представления проектируемых типов сетей и коммуникаций, а также их вложенность в область размещения что значительно расширяет практическое применение предложенных моделей и методов оптимизации для проектирования и строительство инженерных сетей и коммуникаций в условиях городской застройки.

#### **6. Оценка содержания диссертации, ее завершенность, подтверждение публикаций автора**

Диссертация Токтошова Г.Ы. является всесторонне проработанным и завершенным исследованием, охватывающим широкий спектр вопросов, связанных с проектированием и эксплуатацией инженерных сетей и коммуникаций различного назначения на базе моделей и методов оптимизации теории гиперсетей, эволюционного синтеза и различных метаэвристик. Работа состоит из семи глав, каждая из которых систематично раскрывает ключевые аспекты темы, включая анализ литератур и методологические основы, разработку структурных моделей проектируемых коммуникаций, методы анализа и оптимизации сетей и коммуникаций, а также программные комплексы для проведения вычислительного эксперимента и анализа полученных результатов.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, связанная с разработкой новых моделей и методов оптимизации, а также численных алгоритмов и комплексов программ для выбора эффективного проектного решения при проектировании и эксплуатации инженерных коммуникаций различного назначения.

Обозначена цель исследования – повышение эффективности принимаемого проектного решения путем разработки моделей и методов оптимизации, а также программного комплекса для поддержки принятия проектного решения. Также описаны основные задачи и методы, включая эволюционный синтез и теории гиперсетей.

вычислительных экспериментов. Акты внедрения приложенных методов оптимизации подчеркивают практическую значимость работы. Основные положения диссертации подтверждены в 49-ти научных трудах, из которых 1 монография, 9 в изданиях, индексируемых в системах Web of Science и Scopus, 17 в периодических рецензируемых журналах, и 22 в материалах конференций.

Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации, поставленным в ней целям и задачам исследования. Содержание автореферата на русском и кыргызском языках отражает суть диссертационной работы. Автореферат также включает идентичное резюме на кыргызском, русском и английском языках, что обеспечивает доступность основных положений диссертации для широкой аудитории. Результаты диссертационной работы прошли апробацию на международных конференциях.

## 7. Замечания и рекомендации

В качестве замечаний, выявленных при изучении диссертации, можно отметить следующее:

1. Как известно, при проектировании сетей необходимо рассмотреть экономичность, надежность и живучесть сети. В работе при обращении большого внимания к экономичности, т.е. экономической эффективности и надежности проекта, мало изученным остается вопросы живучести гиперсети. Например, при оптимизации стоимости сети HN (глава 3) совсем не рассмотрены проблемы живучести гиперсети, т.е. способность бесперебойного функционирования инженерных сетей и коммуникации при воздействии различных внештатных разрушающих факторов. Вопрос живучести также малоизучен при рассмотрении многокритериальных задач, имеющих прикладные значения при проектировании и эксплуатации инженерных сетей и коммуникации различного назначения (глава 5), а именно при задачах построение минимальной гиперсети заданной надежностью и минимальной сетью, учитывающих совместимости и заданный порог надежности проектируемых типов сетей.

2. В задаче (9)-(10) (глава 4) решается задача минимизации стоимости сети в дискретном аналоге области размещения, где учитывается запретные зоны для прокладывания коммуникаций. В качестве запретных зон рассматривается участки, размещающие объекты социального и производственного назначения, военные объекты, а также существующие коммуникации и другие объекты, несовместимые с проектируемой коммуникацией. Данные запреты в практике могут иметь стоимость запрета. Например, замена существующей сети может стоить намного дешевле запрета. Работа значительно выиграла бы при учете стоимости запрета, то есть в сравнении стоимости запрета и стоимость сети.

3. Несмотря на высокую значимость полученных методов и алгоритмов для решения задач оптимизации сетей и коммуникаций, в работе было бы полезно расширить раздел по применению предложенных методов для решения задач возникающие в области проектирования и строительство сетей определенного назначения. В частности, применить результаты работы для оптимизации инженерных сетей на примере конкретного населенного пункта.

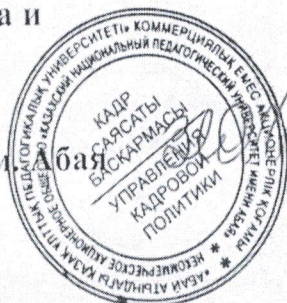
4. Несмотря на то, что диссертация представляет разработку моделей и методов оптимизации сетей и коммуникаций, основанные на модели теории гиперсетей и различных метаэвристик, работа могла бы включить раздел по использованию методов вариационного исчисления и дискретной оптимизации.

Указанные замечания не снижают ценности и значимости работы, и носят рекомендательный характер.

## 8. Заключение

Диссертационное исследование Токтошова Гулжигита Ысаковича на тему «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций», является завершенной научно-квалификационной работой, которая по критериям актуальности, научной новизны, обоснованности и достоверности выводов соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» Национальной аттестационной комиссии при Президенте Кыргызской Республики. Диссертант Токтошов Гулжигит Ысакович заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 - математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:  
доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры информатика и  
информатизация образования  
Казахского национального  
педагогического университета им. Абая



РАСТАВЫН: «Абай атындағы ҚазНПУ» КЕАҚ  
КАДР СЯСАТЫ БЫСҚАРМАСЫ ЖЕТЕКШІСІ  
ЗАБЕРЯЮ: ЗАВОДИТЕЛЯ  
УПРАВЛЕНИЯ КАДРОВОЙ ПОЛИТИКИ  
НАО «КазНПУ им. Абая»  
КОЛЫ ПОДПИСЬ *Заурбеков Н.С.*