

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Преснякова Константина Александровича – доктора технических наук, старшего научного сотрудника, эксперта диссертационного совета Д 05.23.686 при Институте машиноведения, автоматике и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Н. Ельцина по диссертации 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.

Рассмотрев представленную диссертацию Токтошова Гулжигита Ысаковича, пришел к следующему заключению.

### **1. Соответствие работы специальности, по которой дано право диссертационному совету принимать диссертацию к защите**

Представленная докторская диссертация полностью соответствует профилю деятельности диссертационного совета. В исследовании проводится глубокий анализ оптимизационных задач, а также методы и вычислительные алгоритмы решение NP-трудных задач, возникающих в области проектирования инженерных сетей и коммуникаций различного назначения. Использование математических моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций, а также комплексов программ для поддержки принятия проектного решения представляется актуальным и востребованным для анализа и синтеза инженерных сетей и коммуникаций различного назначения. Работа соответствует требованиям специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (п.п. 2, 3, 4, 5).

### **2. Целью диссертации является разработка моделей и методов оптимизации, а также численных алгоритмов, позволяющих использовать программные средства и вычислительную технику для поддержки принятия проектного решения в условиях неоднородность городской территории, несовместимости проектируемых типов сетей и противоречивость показателей эффективности принимаемых проектных решений.**

Для достижения поставленной цели в диссертации решены следующие задачи:

1. Разработка математической модели местности, позволяющей учесть, как высотные, так и плановые ограничения прокладывания инженерных сетей и коммуникаций;

2. Разработка математической модели для структуры инженерных сетей и коммуникаций, учитывающей совместное существование области



размещения и проектируемой коммуникации как единого математического объекта;

3. Разработка моделей и методов оптимизации, учитывающих выбор наилучшего проектного решения относительно взаимного расположения инженерных сетей и коммуникаций в условиях городской застройки;

4. Исследование и анализ некоторых классических и прикладных оптимизационных задач, возникающих при проектировании и строительстве инженерных сетей и коммуникаций различного назначения;

5. Анализ сложности задач оптимизации сетей и коммуникаций, а также методы их решения;

6. Разработка методов и алгоритмов для оптимального прокладывания проектируемой коммуникации в условиях городской застройки по различным критериям оптимизации (экономичность, совместимость, надежность и т. п.);

7. Разработка комплексов программ для проведения вычислительного эксперимента, анализа, обработки и хранения научной информации;

8. Проведение и анализ полученных результатов и сравнение с результатами существующих методов оптимизации.

*Соответствие объекта исследования диссертации цели и задачам работы* заключается в том, что разработанные модели и методы оптимизации сетей и коммуникаций, и программные комплексы позволяют построить проектное решение для NP-трудных задач, с учетом вид и назначения проектируемой коммуникации и рельефа реальной местности, что является необходимым для достижения поставленной цели и решения задач, сформулированных в диссертации.

*Объектом исследования* являются задачи оптимизации инженерных сетей и коммуникаций различного назначения, проектируемые в условиях городской застройки.

*Предметом исследования* являются математические модели и методы оптимизации сетей и коммуникаций, а также численные алгоритмы позволяющие использовать программные средства и вычислительную технику для поддержки принятия проектного решения.

*Актуальность темы диссертации.* Современные инженерные коммуникации представляют из себя многоуровневые иерархические системы, проектирование и строительство которых требуют тщательного анализа структурных и функциональных особенностей проектируемой коммуникации, перспективы ее развития и расширения, а также наличия соответствующего экономического обоснования. В свою очередь стоимость строительства и эксплуатации инженерных коммуникаций составляет значительную часть затрат в градостроительной отрасли (до 30%). В связи с этим предварительное научное обоснование и снижение стоимость реализации проектного решения по проектированию и эксплуатации сетей инженерных коммуникаций различного назначения до начала строительно-монтажных работ с использованием моделей и методов оптимизации, а



также возможность вычислительной техники является актуальной.

**3. Научные результаты.** В диссертационной работе представлены следующие новые научно обоснованные теоретические и практические результаты, которые имеют существенное значение для проектирования и эксплуатации инженерных сетей и коммуникаций различного назначения.

3.1. Научная новизна проведенных теоретических и прикладных исследований заключается:

- в разработке новой концепции моделирования и оптимизации сетей инженерных коммуникаций, комплексно учитывающая иерархичность и вложенность проектируемых типов сетей, а также многокритериальность оптимизационных задач;
- в разработке математической модели прокладки сетей и коммуникаций в трехмерном пространстве, учитывающая возможность их прокладки как по плану, так и по профилю, а также углы поворота коммуникаций вокруг заданной оси при обходе препятствий;
- в разработке математическая модель совмещенного прокладки сетей инженерных коммуникаций различного назначения, учитывающая существующие технические нормы и правила безопасности, а также совместимость или несовместимость проектируемых типов коммуникаций;
- в доказательстве NP-трудность задач оптимизации инженерных сетей и коммуникаций в гиперсетевой постановке, сведением ее к известной NP-трудной задаче Штейнера на графах;
- в разработке метода дифференциальной эволюции, на основе метода эволюционного синтеза и гипер сетевого подхода, позволяющего вложить вторичную сеть в первичную с учетом рельефа реальной местности;
- в разработке модифицированного алгоритма муравьиной колонии (АМК), позволяющей построить трассы в соответствии с поведением муравьев, контролируемые соответствующими правилами;
- в разработке нового эвристического алгоритма на основе метода кратчайших путей для решения многокритериальной задачи оптимизации сетей инженерных коммуникаций по критерию минимума суммарных строительных затрат, при ограничении на заданный уровень надёжности;
- в разработке программного комплекса для проведения численных экспериментов при проектировании сетей инженерных коммуникаций различного назначения, на примере ряда тестовых и практических задач.

3.2. Достоверность результатов исследования подтверждаются использованием научно-обоснованных моделей и методов решения оптимизационных задач, возникающих в области проектирования и строительства инженерных сетей и коммуникаций в городской среде. Применённые методы и алгоритмы такие как алгоритм дифференциальной эволюции, алгоритм муравьиной колонии для



решения задач оптимизации сетей учитывают вид и назначения проектируемой коммуникации и рельефа реальной местности, а также реальные условия проектирования коммуникаций в городской среде. Использование методов эволюционного синтеза позволяют построить проектные решения для NP-трудных задач, не поддающиеся к решению в общем случае. Апробация результатов на международных конференциях подтверждает их широкое обсуждение и значимость для научного сообщества.

- 3.3. Теоретическое значение работы состоит в расширении и углублении теории оптимизационных задач, возникающие в области проектирования и строительства инженерных сетей и коммуникаций различного назначения. Предложенные модели и методы оптимизации сетей и коммуникаций, основанные теории гиперсетей и различных метаэвристик, а также вычислительные алгоритмы могут дать новый толчок к развитию теории оптимизации сетей и коммуникаций, а также методов натурального вычисления и элементов искусственного интеллекта в данной области исследования. Гибридизация классических точных и приближенных методов оптимизации разработанные на основе метода k-кратчайших путей, алгоритма муравьиной колонии (ant colony), жадная стратегия (greedy), максимальная связность заданных пар вершин (maxprob) и другие вычислительные алгоритмы, обеспечивали улучшение первоначального решения найденными классическими методами (от 2% до 7%) в зависимости от области размещения и типа проектируемой коммуникации, о чем свидетельствуют результаты численного эксперимента, полученные в ходе исследования.
- 3.4. Соответствие квалификационным признакам. Диссертация полностью соответствует требованиям, изложенным п.п. 10 положения о порядке присуждения ученой степени доктора технических наук: «разработка нового научного направления или концептуальное развитие одного из актуальных научных направлений и содержание принципиально новых результатов, совокупность которых является крупным достижением в соответствующей отрасли науки». Представленная работа является полноценным завершённым научным исследованием, в котором представлены новый концептуальный подход к оптимизации сетей и коммуникаций, научно-обоснованные модели и методы, а также вычислительные алгоритмы, имеющие большое практическое значение для решения оптимизационных задач возникающие в области проектирования и эксплуатации инженерных сетей и коммуникаций различного назначения.

#### **4. Практическая значимость полученных результатов**

Научные результаты, полученные в докторской диссертации Токтошова Гулжигита Ысаковича, были реализованы в следующем виде:

- Разработаны и внедрены методы и алгоритмы, обеспечивающие проложить инженерных сетей и коммуникаций в условиях городской



застройки, использовались в ОсОО «Реалпроект» при разработке проектного решения на строительство сетей электросвязи, теплотрасс и сетей инженерного обеспечения по различным объектам строительства (промышленные предприятия, жилые дома);

- Разработаны модели и методы оптимизации, а также вычислительные алгоритмы, направленные на широкое применение в проектных организациях для поддержки принятия проектных решений и для разработки специализированных ГИС-технологий;

- Теоретические и практические результаты диссертации, полученные в ходе исследования были включены в учебный процесс Ошского технологического университета им. М.М. Адышева по направлениям «Системы телекоммуникации», «Инфокоммуникационные системы и сети», «Сети, связи и системы телекоммуникации», «Инструментальные средства информационных систем», «Основы сетевых технологий в инфокоммуникационных системах», «Планирования эксплуатации сетей», «Техническая эксплуатация систем коммуникации», что подтверждается актом внедрения, удостоверяющим успешную интеграцию этих материалов в образовательный процесс.

- Разработан программный комплекс позволяющий реализовать , позволяющий реализовать классических точных и приближенных методов оптимизации разработанные на основе метода k-кратчайших путей, алгоритма муравьиной колонии (ant colony), жадная стратегия (greedy), максимальная связность заданных пар вершин (maxprob) и другие вычислительные алгоритмы, обеспечивающие улучшение первоначального решения найденными классическими методами (от 2% до 7%) в зависимости от области размещения и типа проектируемой коммуникации, о чем свидетельствуют результаты численного эксперимента, полученные в ходе исследования

Основные научные результаты, полученные в диссертации, опубликованы в 49-ти научных трудах, из них: 1 монография, 9 в изданиях, индексируемых в системах Web of Science и Scopus, 17 в периодических рецензируемых журналах, и 22 в материалах конференций. Опубликованные работы полностью отражают результаты диссертации. Общее количество баллов по публикациям составляет 828 балла.

## **5. Содержание автореферата содержанию диссертации.**

Автореферат полностью и точно отражает содержание диссертации, соответствует заявленным целям и задачам исследования. В автореферате представлены идентичные резюме на кыргызском, русском и английском языках, что обеспечивает всесторонний доступ и точное представление основных результатов исследования. Содержание автореферата на русском и кыргызском языках полностью соответствует сути выполненной работы.

## **6. Использование в диссертации материалов кандидатской диссертации**

В докторской диссертации использованы материалы из кандидатской



диссертации, составляющие около 2 % от общего объема. В частности, идея двухэтапного алгоритма, с последующим улучшением первоначального решения использовался для разработки методов и алгоритмов на основе моделей теории гиперсетей и эволюционного синтеза, а также различных метаэвристик.

## 7. Замечания по диссертации

В ходе проведенной работы возникли некоторые вопросы, которые не являются принципиальными и не влияют на общую оценку работы:

- 7.1. Как именно двухэтапный алгоритм улучшения первоначального проектного решения из кандидатской диссертации использовался для разработки приближенных методов и алгоритмов, такие как муравьиный алгоритм, алгоритм дифференциальной эволюции, метода k-кратчайших путей?
- 7.2. Как учитываются факторы техногенного и природного характера при построении сетей инженерных коммуникаций в рамках предлагаемого подхода?
- 7.3. Как методы эволюционного синтеза помогают построить решения, близкие к оптимальному для NP-трудных задач?

## 8. Предложения

Эксперт диссертационного совета предлагает по докторской диссертации назначить:

в качестве ведущей организации - Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждения высшего образования "Кубанский государственный университет" (ФГБОУ ВО «КубГУ»).

первым официальным оппонентом доктора технических наук, профессора Заурбекова Нургали Сабыровича (05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), которая имеет труды близкие к проблеме исследования:

1. Анализ системы услуги интернет-провайдеров в Казахстане. [Текст]/ Н С Заурбеков, С Н Исабаева, А Капыраш // Вестник Алматинского технологического университета, 2019. – С.128-132
2. Модельная оценка загрязнения атмосферного воздуха при испарении нефти в местах аварий [Текст]/ А А Айдосов, Г А Айдосов, Г И Ажиева, Н С Заурбеков // Вестник Казахской академии транспорта и коммуникаций им. М. Тынышпаева, 2009. №4(59) -С 262-266
3. Математическое моделирование процессов, определяющих перенос загрязняющих веществ в атмосфере при аварийных выбросах . [Текст]/ Н С Заурбеков, Г А Айдосов, А А Айдосов, Н Д Заурбекова, // 19-я Международная конференция «Авиация и космонавтика», Тезисы 19-ой Международной конференции. Москва,, 2020. С. 547-548.

вторым официальным оппонентом – доктора технических наук, доцента Курманбек уулу Талантбек, который имеет труды близкие к проблеме исследования:



1. Курманбек уулу Т. Об автокорреляции остатков регрессионных моделей [Текст]/Б. Давлятова, Т. Курманбек уулу//Вестник Кыргызского государственного университета имени И. Арабаева. – 2023. – С.471-475.
2. Курманбек уулу Т. Информационные технологии для исследования селевых процессов в Кыргызстане [Текст]/ Т. Курманбек уулу//Современные проблемы механики. – 2016. – №25(3) – С.80-85.
3. Курманбек уулу Т. Модификация алгоритма адаптивной фильтрации изображений точечных объектов [Текст]/ Т. Курманбек уулу//Автометрия. – 2007. – №1(43) – С.44-48.

третьим официальным оппонентом – доктора технических наук, начальника бюро разработки АО "Раменский приборостроительный завод", Янко Дмитрий Владимировича, который имеет труды близкие к проблеме исследования:

1. Янко, Д.В. Анализ состояния и перспектив развития систем управления информационными ресурсами предприятия [Текст]/Ж. Шаршеналиев, Д.В. Янко// Проблемы автоматизации и управления. – 2015. – № 1(28). – С. 243-253.
2. Янко, Д.В. Системный анализ процессов управления информационными ресурсами предприятия [Текст] /Д.В. Янко// Проблемы автоматизации и управления. – 2014. – № 1(26). – С. 65-74.
3. Янко, Д.В. Способ обеспечения надежности и безопасности при экспорте данных из систем электронного документооборота [Текст] /Д.В. Янко// Проблемы автоматизации и управления. – 2013. – № 2(25). – С. 81-90.

## 9. Рекомендации

Данная работа соответствует специальности 05.13.18– математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Представленные в работе исследования выполнены в достаточном объеме. Рекомендую вынести диссертацию на обсуждение на заседании диссертационного совета.

## 10. Заключение

Результаты, достигнутые соискателем позволяют применить математических моделей и методов оптимизации, а также численных алгоритмов и программ для проведения вычислительного эксперимента для ряда тестовых задач, что важно для поддержки принятия проектного решения при проектировании и эксплуатации сетей инженерных коммуникаций различного назначения. Выводы исследования полностью соответствуют поставленным целям и задачам, а практические рекомендации основаны на обширных теоретических исследованиях и численных экспериментах, демонстрирующих успехи в использовании методов и алгоритмов, основанных методе эволюционного синтеза и различных метаэвристик для решения сложных оптимизационных задач.

По проверке первичной документации подтверждает, что соискатель самостоятельно провел работу по теме диссертации. Представленная научная документация является достоверной, репрезентативной и



выполненной лично соискателем. Документы соответствуют всем необходимым требованиям, а содержания представленных документов полностью соответствуют целям и задачам исследования.

**Эксперт диссертационного совета, изучив представленные документы, рекомендует диссертационному совету Д 05.23.686 при Институте машиноведения, автоматике и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики и Кыргызско-Российском Славянском университете им. Б.Н. Ельцина принять диссертацию Токтошова Гулжигита Ысаковича на тему «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций» к защите на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.**

Эксперт,  
д.т.н., с.н.с.



Пресняков К.А.

20.01.2025

*Подпись эксперта диссертационного совета заверяю.*

Ученый секретарь

Диссертационного совета Д 05.23.686

к.ф.-м.н., с.н.с.



20.01.2025

Керимкулова Г.К.

