

УТВЕРЖДАЮ

директор Института математики
Национальной академии наук
Кыргызской Республики, академик

Борубаев А.А.

09 2024 г.



ВЫПИСКА

из протокола №2 от «09» сентября 2024 г. заседания лаборатории «Экономико-математических методов» (далее – ЭММ) Института математики Национальной академии наук Кыргызской Республики (далее – ИМ НАН КР) по докторской диссертации Токтошова Г.Ы. «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций» по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Председатель: д.ф.-м.н. Асанкулова М.А. зав.лабораторией ЭММ ИМ НАН КР.

Секретарь: к.ф.-м.н. Джеенбаева Г.А.

На заседании присутствовали: Асанкулова М.А.–д.ф.-м.н., зав.лаборатории ЭММ, Панков П.С. – член-корреспондент НАН КР, зав.лаборатории ВМ, Искандаров С. – д.ф.-м.н., зав.лаборатории ТИДУ, Асанов А. – д.ф.-м.н., зав.лаборатории ТОЗ, Байзаков А.Б. – д.ф.-м.н., зав.лаборатории ПМиП, Чороев К. – к.э.н., н.с., Джумабаев К.Дж. – д.э.н., в.н.с., Кененбаева Г. М.– д.ф.-м.н., проф., Эшенкулов П. – к.т.н., н.с., Тагаева С.Б. – к.ф.-м.н., доцент, Абдукаримов А.М. – к.ф.-м.н., с.н.с., Койчуев П.Т. – м.н.с., Айтбаев К. – к.ф.-м.н., н.с., Джеенбаева Г.А. – к.ф.-м.н., секретарь заседания.

ПОВЕСТКА ДНЯ:

Обсуждение докторской диссертации к.т.н., доцента Токтошова Г.Ы. на тему: «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Тема докторской диссертации утверждена решением Ученого совета Института теоретической и прикладной математики НАН КР № 66 (187) от 20.04.2016 г. в следующей редакции «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций». Консультантом назначен д.ф.-м.н., профессор А. Жусупбаев.

Рецензенты:

- доктор технических наук, профессор Бийбосунов Б.И., заведующий кафедрой «Прикладной информатики» КГУ им. И.Арабаева (05.13.16 - применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях (по отраслям науки)).

- доктор физико-математических наук, профессор Байзаков А.Б., заведующий лабораторией Прикладной математики и информатики НАН КР (01.01.02 – дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление (по трудам)).

Председатель д.ф.-м.н. Асанкулова М.А.: Кворум есть, присутствует 7 докторов наук, 1 рецензент из двух. Слово предоставляется секретарю для оглашения биографических данных соискателя Токтошова Г.Ы.

Секретарь: оглашает данные из личного дела соискателя.

Председатель д.ф.-м.н. Асанкулова М.А.: предложила для обсуждения диссертационную работу Токтошова Г.Ы. на тему: «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций» на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Научным консультантом являлся д.ф.-м.н., профессор Жусупбаев А., с которым Токтошов Г.Ы. опубликовал две совместные статьи. К сожалению, профессор Жусупбаев А. ушел из жизни в 2021 году.

Для изложения доклада, Гулжигит Ысакович, Вам дается 20 минут.

СЛУШАЛИ: Доклад Токтошова Г.Ы. по диссертационной работе на тему: «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций», в котором им были доложены основные научные результаты диссертационной работы и даны ответы на заданные вопросы.

Доклад сопровождался слайдами, представлена рукопись диссертации.

Председатель д.ф.-м.н. Асанкулова М.А.: Какие будут вопросы по данной диссертационной работе?

д.ф.-м.н., член-корреспондент НАН КР, Панков П.С.: Скажите, пожалуйста, когда Вы говорите NP-трудность исследуемых задач, что Вы имеете в виду?

Ответ: В области исследования оптимизационных задач встречаются две разновидности алгоритмов: полиномиально точные и приближенные. Задачи, которые поддаются решению полиномиально точными алгоритмами, являются простыми, а задачи, для которых не существуют полиномиально точного алгоритма, относятся к классу NP-трудных. Для рассматриваемых в диссертационной работе задач не существует полиномиально точных алгоритмов, и это доказано в моей работе.

д.ф.-м.н., член-корреспондент НАН КР, Панков П.С.: Хорошо, тогда скажите, пожалуйста, как Вы решали эти задачи?

Ответ: Как я уже отметил, стандартные, полиномиально точные алгоритмы, не пригодны для решения представленных в моей диссертации

задач. Поэтому, мне пришлось разработать приближенные алгоритмы на основе различных метаэвристик и моделей теории гиперсетей для анализа и оптимизации принимаемых проектных решений по оптимизации сетей инженерных коммуникаций. Как показывает результаты численных экспериментов, предложенные методы и алгоритмы позволяют обосновать проектное решение с минимальными финансовыми затратами при различных ограничениях на проектируемой тип сети.

д.ф.-м.н., профессор Искандаров С.: В чем основное отличие Вашей работы от известных в этой области работ других авторов?

Ответ: Моя работа, в отличие от работ других авторов в области проектирования и эксплуатации инженерных сетей и коммуникаций, заключается в следующем: до меня инженерные сети и коммуникации представлялись как двумерный объект, описываемый математическим объектом, т.н. планарный граф. Это в свою очередь не позволяет учитывать, во-первых, иерархичность проектируемых типов сетей, во-вторых, вложенность одной структуры в другую. Поэтому в моей работе предложено, что инженерные сети и коммуникации – это иерархический объект, с одной стороны, учитывающей вложенность физической структуры (кабели, трубопроводы, электропроводы и т.п.) в область размещения (трассы, коллекторы, опоры, тоннели и т.п.), с другой стороны, описываемый другим математическим объектом, т.н. гиперсеть. Гиперсеть – это иерархический математический объект, учитывающий вложенность графа вторичной сети в граф первичной сети. При этом, граф вторичной сети описывает предполагаемую структуру инженерной коммуникации, а граф первичной сети – всевозможные трассы, по которым может быть проложена коммуникация. И все модели, вычислительные алгоритмы, основанные на модели теории гиперсетей, а также программные реализации являются новыми. И, как показывает анализ результатов численного алгоритма, предложенные мною методы и алгоритмы, позволяют выбрать наилучшее проектное решение среди возможных.

д.ф.-м.н., профессор Байзаков А.Б.: Используется ли в Вашей работе методы вероятностного анализа?

Ответ: Да, безусловно, в работе используется методы вероятностного анализа. Например, при анализе надежности проектируемой коммуникации, при реализации алгоритма муравьиной колонии, метода дифференциальной эволюции и гибридного алгоритма используется вероятностный подход, т.е. вероятность перехода системы из одного состояния в другое. Разыгрываются всевозможные состояния системы, выбираются среди них наиболее предпочтительные, удовлетворяющие заданному критерию оптимальности при ограничениях и требованиях, накладываемых на проектируемый тип коммуникации.

д.ф.-м.н., профессор Асанов А.: Были ли ранее исследованы такие задачи, которые указаны в Вашей работе?

Ответ: Представленные в моей диссертации задачи исследованы впервые. В классической постановке, в рамках теории графов, на самом деле, существует множество работ по оптимизации инженерных сетей и коммуникаций. Однако, гиперсетевая постановка предполагает наличие не менее двух образующих подсистем и вложенность одной структуры в другую. В моей работе это характеризуется прокладыванием линейной части инженерной коммуникации (трубы, кабели и т.п.) по выбранным трассам (траншея, опор, коллектор и т.п.) в зависимости от вида и назначения проектируемой сети. Как я уже отметил в своем докладе, задачи оптимизации сетей и коммуникаций в гиперсетевой постановке являются NP-трудными, не поддающимся решению общими, стандартными методами. В связи с этим, представлены новые модели и методы, а также вычислительные алгоритмы для решения поставленных задач.

к.э.н., н.с. Чороев К.: В чем заключается преимущество предложенных Вами вычислительных алгоритмов?

Ответ: Предложенные мною вычислительные алгоритмы основываются на модели теории гиперсетей, которые позволяют решить задачи оптимизации сетей и коммуникаций в иерархической постановке. Кроме того, они учитывают NP-трудность рассматриваемых задач. Как показывают результаты численного эксперимента, модифицированный алгоритм муравьиной колонии, модифицированная дифференциальная эволюция, модифицированный метод k-кратчайших путей, а также гибридные алгоритмы, включающие различные стратегии (жадная стратегия, случайный поиск) и т.п., позволяют выбрать проектное решение с минимальной суммарной стоимостью, чем построенные классическими методами оптимизации. Иногда такая экономия достигает от 5% до 12% от стоимости проектного решения, построенные классическими методами оптимизации, в зависимости от вида и назначения проектируемой коммуникации и области размещения.

Председатель д.ф.-м.н. Асанкулова М.А.: Уважаемые коллеги, кто хотел бы выступить?

д.ф.-м.н., член-корреспондент НАН КР Панков П.С.: Обсуждаемая работа посвящается исследованию задач оптимизации инженерных сетей и коммуникаций различного назначения. Автором рассмотрены задачи оптимизации сетей и коммуникаций с минимальной проектной стоимостью, построения сетей и коммуникаций с заданной надежностью, построения дерева Штейнера в виде гиперсети и другие многокритериальные задачи, для которых не существуют полиномиально точные алгоритмы. Доказаны их NP-трудности и предложены приближенные методы и алгоритмы, основанные на модели теории гиперсетей и различных метаэвристик, таких как: муравьиный алгоритм, генетический алгоритм, локальный поиск с адаптацией, жадная стратегия и т.п. Полученные результаты Токтошова Г.Ы. вносят достойный вклад в теорию моделей и методов задач оптимизации сетей и коммуникаций различного назначения, и являются большим достижением в решении NP-

трудных задач. Считаю, что диссертация Токтошова Г.Ы. отвечает всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

д.ф.-м.н., профессор Асанов А.: Исследованные задачи входят в класс NP- трудных, и полученные результаты являются серьезным научным вкладом в теорию оптимизации инженерных сетей и коммуникаций различного назначения. Все научные результаты строго обоснованы и доказаны, сформулированы в виде формул и теорем.

д.ф.-м.н., профессор Искандаров С.: Обсуждаемая работа не только пополняет модели и методы решения оптимизационных задач, но может дать новый толчок к развитию моделей и методов оптимизации инженерных сетей и коммуникаций, а также методов натурального вычисления и элементов искусственного интеллекта для оптимизации инженерных сетей и коммуникаций различного назначения. В связи с этим, считаю, что работа Токтошова Г.Ы. удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, а автор заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Председатель д.ф.-м.н. Асанкулова М.А.: Если больше нет вопросов, переходим к заслушиванию рецензентов. Слушали секретаря к.ф.-м.н. Джеенбаева Г.А., которая зачитала рецензию д.т.н., профессора Б.И. Бийбосунова. Рецензия положительная. Замечания:

1. В явном виде не отражена гибридизация алгоритмов, основанная на различных метаэвристиках и эволюционного синтеза. Они способствовали бы более быстрой сходимости решений к глобальному показателю и развитию таких алгоритмов в смежных областях науки.

2. Недостаточно подробно описан процесс проектирования инженерных сетей в рамках предложенной технологии.

Председатель д.ф.-м.н. Асанкулова М.А.: Слово для ответа рецензенту предоставляется соискателю.

Соискатель: Первое замечание Болота Ильясовича о необходимости гибридизации вычислительных алгоритмов, основанной на различных метаэвристиках и эволюционного синтеза является крайне ценным. На самом деле, цель моей диссертационной работы заключалась в разработке моделей и методов оптимизации сетей и коммуникаций, позволяющих находить приближенные решения NP-трудных задач за приемлемое время. Однако разработанные алгоритмы, основанные на методах k-кратчайших путей, алгоритм муравьиной колонии (ant colony), жадная стратегия (greedy), максимальная связность заданных пар вершин (maxprob) и другие вычислительные алгоритмы, представлены в различных вариациях их комбинации (гибридизации), что дало 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.

Относительного второго замечания Болота Илиясовича отмечу следующее. На самом деле, процесс проектирования инженерных сетей и коммуникаций в рамках теории графов и гиперсетей рассматривался в полном объеме в моей кандидатской диссертации. А в докторской диссертации основная задача заключалась в разработке математических моделей и методов оптимизации инженерных сетей и коммуникаций различного назначения, а также разработка комплексов программ, позволяющих поддержать принятие проектного решения.

Вторым рецензентом выступила д.ф.-м.н., профессор Байзаков А.Б.: Как я неоднократно отметил, исследованные задачи и полученные результаты являются серьезным научным вкладом в теорию оптимизации инженерных сетей и коммуникаций различного назначения. Однако стоит отметить, что в диссертации не полностью раскрыта суть применения вероятностного анализа при вычислении вероятности связности заданных пар вершин проектируемой коммуникации. Неплохо было бы их представить в аналитической форме, но это не снижает ценности данной работы. Еще имеются описки и опечатки: например, на стр.4 в пункте 5.3.3 пропущена буква П и читается как Рибближенные и эвристические методы оптимизации.

Тем не менее указанные замечания не снижают ценности диссертационной работы, и носят рекомендательный характер

Считаю, что диссертационная работа Токтошова Г.Б. полностью удовлетворяет требованиям НАК ПКР, предъявляемым к докторским диссертациям. Работа является полноценным научно-исследовательским трудом и соответствует специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ. Автор диссертации, по моему мнению, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук, так как его работа вносит значительный вклад в развитие технических наук по данной специальности и открывает новые перспективы для дальнейших исследований в области оптимизации инженерных сетей и коммуникаций различного назначения.

Председатель д.ф.-м.н. Асанкулова М.А.: Слово для ответа рецензенту предоставляется соискателю.

Соискатель: Благодарю вас за рецензирование моей работы, уважаемый Асан Байзакович. Как я уже отметил, в работе используются методы вероятностного анализа. В диссертационной работе основной акцент был сделан на разработке вероятностных алгоритмов для решения многокритериальных задач, таких как: построение минимальной сети, удовлетворяющей заданный порог надежности, совместное прокладывание сетей с учетом их связности. Однако аналитические представления показателей вероятностных методов, все же есть в диссертационной работе. Например, при вычислении надежности ребер вторичной сети, 2-

терминальной связности заданных пар вершин, надёжности сети в среднем, вероятности существования путей между любой парой вершин, используются методы теории вероятностного анализа. Как отмечено выше, разыгрываются всевозможные состояния системы, выбирается среди них наиболее предпочтительные, удовлетворяющие заданный порог надёжности проектируемой коммуникации.

По поводу опечаток на стр.4 текста диссертации, они будут учтены и исправлены при подготовке диссертации к печати.

Председатель д.ф.-м.н. Асанкулова М.А.: Асан Байзакович, Вы удовлетворены ответами?

д.ф.-м.н., профессор Байзаков А.Б.: Да

Председатель д.ф.-м.н. Асанкулова М.А.: на этом мы заканчиваем обсуждение. Замечания, высказанные рецензентами, считаю конструктивными и весьма полезными. Ставлю на голосование вопрос о рекомендации диссертации Токтошова Гулжигита Ысаковича к прохождению дальнейших этапов по ее защите. Прошу голосовать, только доктора наук: «За» - 7; «Против» - нет; «Воздержавшихся» -нет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Диссертационная работа Токтошова Г.Ы. на тему «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций» посвящена важной проблеме оптимизации инженерных сетей и коммуникаций различного назначения и выполнена в лаборатории Экономико-математических методов Института математики Национальной академии наук Кыргызской Республики самостоятельно.

1. Актуальность исследований

Современные инженерные коммуникации представляют собой многоуровневые иерархические системы, проектирование и строительство которых требуют тщательного анализа структурных и функциональных особенностей проектируемой коммуникации, перспективы ее развития и расширения, наличия соответствующего экономического обоснования.

Анализ научных исследований показывает, что в существующих моделях и методах практически не учитываются иерархичность проектируемых типов коммуникаций, ограничения на местности и существующие коммуникации для прокладывания инженерных сетей и коммуникаций, стоимость строительства и эксплуатации инженерных коммуникаций. Значительную часть затрат в градостроительной отрасли составляют стоимость строительства и эксплуатации инженерных коммуникаций. Она достигает до 30%. Научное обоснование принимаемых проектных решений невозможно без использования математических моделей и методов оптимизации, разработки алгоритмов и комплекса программ для расчета и выбора альтернатив из возможных. Поэтому возникает необходимость оценки стоимости принимаемого проектного решения при различных ограничениях на основе математических моделей и методов оптимизации, разработки алгоритмов и комплекса программ для расчета.

В связи с этим, актуальность работы обусловлена разработкой новых математических моделей и методов оптимизации, построения численных алгоритмов, позволяющих использовать программные средства и вычислительную технику для поддержки принятия проектного решения при проектировании и эксплуатации инженерных коммуникаций различного назначения.

2. Конкретное личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации.

Диссертация является результатом самостоятельных научных исследований автора. Личный вклад автора в получении результатов заключается: в проведении теоретических и экспериментальных исследований; в разработке новой математической модели для структуры инженерных сетей и коммуникаций; в разработке методов и алгоритмов для оптимизации сетей и коммуникаций, основанных на модели теории гиперсетей и эволюционного синтеза, а также в участии разработки программ для численного эксперимента и проведения тестовых расчетов, получения и анализа результатов численного эксперимента.

3. Степень обоснованности научных исследований, выводов, рекомендаций, изложенных в диссертации.

Достоверность полученных автором результатов подтверждается численными экспериментами, согласованностью с результатами мировых ученых, а также актами внедрения. 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.

4. Степень новизны результатов, полученных автором.

1. Разработана трехмерная математическая модель местности, учитывающая как высотные, так и плановые ограничения прокладки инженерных сетей и коммуникаций, а также сформулированы задачи оптимизации сетей и коммуникаций в трехмерном пространстве.

2. Разработаны различные математические модели для структуры проектируемых типов сетей и коммуникаций на основе двухуровневой гиперсети, позволяющие учитывать их совместимость (или не совместимость), а также вложенность проектируемой коммуникации в области размещения.

3. Разработан модифицированный метод трассировки лучей, позволяющий прокладку инженерных сетей и коммуникаций в условиях городской застройки, с учетом существующих сетей и коммуникаций, а также углы поворота при обходе этих препятствий.

4. Проведен анализ и исследования оптимизационных задач по проектированию и строительству инженерных сетей и коммуникаций различного назначения. Задачи оптимизации сетей и коммуникаций

поставлены в виде многокритериальной задачи, с различными конфликтующими показателями и ограничениями.

5. Доказана NP-трудность задач оптимизации сетей и коммуникаций различного назначения, а также проведено исследование по анализу сложности задач оптимизации сетей и коммуникаций, а также методов их решения.

6. Разработан ряд методов и алгоритмов, таких как: модифицированный метод дифференциальной эволюции, модифицированный алгоритм муравьиной колонии, модифицированный метод k-кратчайших путей, позволяющий построить более предпочтительные решения для многокритериальных задач с заданными ограничениями и требованиями, накладываемыми на проектируемой тип сети.

7. Разработан программный комплекс, позволяющий реализовать ряд алгоритмов, основанных на модели гиперсетей и эволюционного синтеза, а также на различных метаэвристиках, таких как: локальный поиск с адаптацией, генетические алгоритмы, метод дифференциальной эволюции и муравьиный алгоритм.

8. Проведены численные эксперименты и анализ полученных результатов. Как показывает анализ результатов при проведении вычислительных экспериментов, была выявлена эффективность предложенных алгоритмов над классическими методами оптимизации.

5. Апробация научных результатов.

Результаты диссертационной работы представлены: на математическом семинаре академика А.А. Борубаева ИМ НАН КР, 20 мая 2024 г.; на объединенном семинаре ИВМиМГ СО РАН, НГУ и СибГУТИ «Моделирование систем информатики», 17 мая 2016 г.; на объединенном семинаре ИСИ СО РАН и НГУ "Конструирование и оптимизация программ", 17 мая 2022 г.; на еженедельном научном семинаре Института прикладной математики Бакинского государственного университета «Современные проблемы прикладной математики», 13.09.2022 г.; на XVIII заседании Всероссийского научного семинара с международным участием Института Систем Энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН «Математические модели и методы анализа и оптимального синтеза, развивающихся трубопроводных и гидравлических систем», 12-18 сентября 2022 г.; на ежегодной Международной Азиатской школе-семинаре "Проблемы оптимизации сложных систем" (Киргизия, Казахстан, Россия, 2012-2022 гг.); на ежегодной Российской научно-технической конференции "Обработка информационных сигналов и математическое моделирование" (Россия, г. Новосибирск, 2012-2022 гг.); на Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики-2015", посвященной 90-летию со дня рождения академика Г.И. Марчука, Россия, г. Новосибирск, 19-23 октября 2015 г.; на II Международной конференции "Проблемы управления и информационных технологий", посвященной 55-летию Института автоматизации и информационных технологий НАН КР, Кыргызская Республика, г. Бишкек,

25-26 сентября 2015 г.; на VI Международной конференции "Проблемы оптимизации и экономические приложения" Россия, г. Омск, 28 июня - 4 июля 2015 г.; на Международной конференции "Актуальные проблемы вычислительной и прикладной математики-2014", Россия, г. Новосибирск, 8-10 июня 2014 г.; на II Международной научной конференции, посвященной 20-летию образования КРСУ "Актуальные проблемы теории управления, топологии и операторных уравнений", Кыргызская Республика, г. Чолпон-Ата, 5-7 сентября 2013 г.; на конференции молодых учёных ИВМиМГ СО РАН по вычислительной математике и информатике, Россия, г. Новосибирск, 2-4 апреля 2013 г.

6. Научно-практическое значение.

Полученные результаты могут быть использованы в проектных организациях для разработки проектной документации при проектировании и строительстве инженерных сетей и коммуникаций различного назначения. Кроме того, предложенные модели и методы оптимизации сетей и коммуникаций, построенные алгоритмы для комплекса программ позволят оценить стоимость строительства и эксплуатации сетей на этапе проектирования, что важно для экономии временных и финансовых ресурсов, а также трудоемкости проектирования.

7. Внедрение (использование) научных результатов

Результаты диссертационной работы были использованы проектной фирмой ОсОО «РЕАЛПРОЕКТ» в г. Бишкеке, при разработке проектной документации на строительство сетей инженерного обеспечения (сетей электросвязи, теплотрассы) для различных объектов, а также используются в Ошском технологическом университете в г. Ош, в учебном процессе, что подтверждается актами внедрения.

8. Основные результаты диссертации отражены в публикациях:

1. Токтошов, Г.Б. Математические модели и методы как основа цифровизации инженерных коммуникаций: монография [Текст]/Г.Б. Токтошов. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2022. – 212 с.
2. Токтошов, Г. Б. Математические модели и алгоритмы для проектирования магистрального трубопровода транспортировки георесурсов [Текст] / Г. Б. Токтошов, Д. А. Мигов // Изв. Том. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. – 2024. – Т. 335, № 7. – С. 155–165.
3. Toktoshov, G. Y. The Routes Choosing Methodology for Laying Networks in Three-Dimensional Space Proceedings [Text] / G. Y. Toktoshov // Optimization Problems of Complex Systems: 17th Int. Asian School-Seminar. – Moscow; Novosibirsk; Almaty, 2021. – P. 134–138.
4. Lyakhov, O. A. The Repair Works Planning Problems in the-Utility Networks Nodes [Text] / O. A. Lyakhov, G. Y. Toktoshov // Optimization Problems of complex systems: 15th Int. Asian School-Seminar, 26-30 Aug. 2019, Novosibirsk, 2019. – Novosibirsk, 2019. – P. 92–95.
5. Toktoshov, G. The Application of the k-shortest Paths Method for Constructing an Optimal Hypernet [Text] / G. Toktoshov, D. Migov // Optimization

Problems of complex systems: 15th Int. Asian School-Seminar, 26-30 Aug. 2019, Novosibirsk. – Novosibirsk, 2019. – P. 162–166.

6. Токтошов, Г. Ы. Оптимизация маршрутов прокладки магистрального трубопровода для транспортировки георесурсов [Текст] / Г. Ы. Токтошов, А. Н. Юргенсон, Д. А. Мигов // Изв. Том. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 6. – С. 41–49.

7. Toktoshov, G. Y. On a Problem of the Utility Network Design [Text] / G. Y. Toktoshov, A. N. Yurgenson, D. A. Migov // OPTA-SCL 2018, 8-14 July 2018. – 2018. – Vol. 2098. – P. 385–395.

8. Toktoshov, G. Models and Algorithms of Evolutionary Synthesis for Optimization of Engineering Networks [Text] / G. Toktoshov, O. Monakhov // Proc. of Int. Multi-Conf. on Engineering, Computer and Information Sci. (SIBIRCON), Novosibirsk, 18-22 Sept. 2017. – Novosibirsk, 2017. – P. 167–171.

9. Toktoshov, G. Design of Utility Network Subject to Reliability Constraint [Text] / G. Toktoshov, A. Yurgenson, D. Migov // Proc. of Int. Multi-Conf. on Engineering, Computer and Information Sci. (SIBIRCON), Novosibirsk, 18-22 Sept. 2017. – Novosibirsk, 2017. – P. 172–175.

10. Токтошов, Г. Ы. О создании геоинформационных систем на основе гиперсетей для организации инженерной инфраструктуры современных городов [Текст] / Г. Ы. Токтошов // Изв. Том. политехн. ун-та. Инжиниринг георесурсов. – 2016. – Т. 327, № 1. – С. 46–52.

9. Характер результатов диссертации

Полученные результаты диссертационной работы вносят вклад в проектирование и строительство инженерных сетей и коммуникаций различного назначения.

Заседание лаборатории Экономико-математических методов Института математики НАН КР считает, что представленная диссертационная работа Токтошова Г.Ы. «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций» по уровню проведенных исследований, актуальности, новизны и практической ценности полученных результатов удовлетворяет требованиям положения о порядке присуждения ученых степеней Национальной аттестационной комиссии при Президенте Кыргызской Республики, предъявляемым к докторским диссертациям, и её содержание соответствует специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

ВЫВОДЫ

1. Диссертационная работа Токтошова Гулжигита Ысаковича «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций» выполнена на актуальную тему, имеет научную новизну и практическую ценность. Научные положения, выводы и практические рекомендации логически обоснованы проведенным анализом результатов численного алгоритма на примере ряда тестовых задач и могут быть рассмотрены как

существенный вклад в улучшение технологии проектирования инженерных сетей и коммуникаций различного назначения. Представленная работа является законченным самостоятельным научным исследованием, отвечающим требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а сам соискатель достоин искомой степени.

2. Принять положительное заключение по диссертационной работе Токтошова Гулжигит Ысаковича «Разработка моделей и методов оптимизации сетей инженерных коммуникаций», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

3. Замечания, сделанные рецензентами, не носят принципиального характера и не снижают ценность данной работы. После исправления указанных замечаний, диссертационная работа может быть представлена к дальнейшему рассмотрению в диссертационном совете Д 05.23.686 при Институте машиноведения, автоматизации и геомеханики Национальной академии наук Кыргызской Республики и Кыргызско-Российского Славянского университета им. Б. Ельцина, на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

**Председатель заседания,
д.ф.-м.н.**

Асанкулова М.

Секретарь, к.ф.-м.н.

Джеенбаева Г.А.

Подписи Асанкуловой М. и Джеенбаевой Г.А., заверяю:

Ст. инспектор по учету кадров:



Таштанова Б.Ш.

Дата « 16 » 09. 2024