

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.04

**Соискатель:** Рассказова Варвара Андреевна

**Тема диссертации:** Математическое моделирование в задачах планирования и организации железнодорожных перевозок методами теории графов и комбинаторной оптимизации и численные методы их решения

**Специальность:** 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

**Решение диссертационного совета по результатам защиты:** На заседании 29 сентября 2017 года (протокол № 52) диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Рассказовой В. А. «Математическое моделирование в задачах планирования и организации железнодорожных перевозок методами теории графов и комбинаторной оптимизации и численные методы их решения» представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, и принял решение присудить Рассказовой Варваре Андреевне ученую степень кандидата физико-математических наук.

**Присутствовали:** Наумов А. В. – *председатель*, Северина Н. С. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Битюков Ю. И., Борисов А. В., Бортаковский А. С., Грумондз В. Т., Денисова И. П., Кан Ю. С., Кибзун А. И., Короткова Т. И., Котельников М. В., Красильников П. С., Кузнецов Е. Б., Кузнецова Е. Л., Кулагин Н. Е., Пантелеев А. В., Ревизников Д. Л., Семенихин К. В., Сиротин А. Н., Формалев В.Ф.

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 212.125.04, к.ф.-м.н., доцент



Н. С. Северина

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.04 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»  
ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 29.09.2017 № 52

О присуждении Рассказовой Варваре Андреевне ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Математическое моделирование в задачах планирования и организации железнодорожных перевозок методами теории графов и комбинаторной оптимизации и численные методы их решения» по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» представлена в виде рукописи и принята к защите «14» июля 2017 года, протокол № 50, диссертационным советом Д 212.125.04 на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство образования и науки РФ, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, 4, приказы Минобрнауки РФ: о создании диссертационного совета № 714/нк от 02.11.2012, об изменении состава диссертационного совета № 628/нк от 07.10.2013, 574/нк от 15.10.2014, № 1339/нк от 29.10.2015, № 710/нк от 21.06.2016, № 1403/нк от 01.11.2016.

**Соискатель** Рассказова Варвара Андреевна 1991 года рождения, гражданка РФ, в 2014 году с отличием окончила магистратуру по специальности «Математика».

В 2017 году окончила аспирантуру в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский

авиационный институт (национальный исследовательский университет))» (ФГБОУ ВО МАИ (НИУ)).

В настоящее время работает ассистентом кафедры 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» факультета «Информационные технологии и прикладная математика» Федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет))».

**Диссертация выполнена** в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет))» на кафедре 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» факультета «Информационные технологии и прикладная математика».

**Научный руководитель** – заведующий кафедрой 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет))», доктор физико-математических наук, профессор Кибзун Андрей Иванович.

**Официальные оппоненты:**

1. Лазарев Александр Алексеевич, гражданин Российской Федерации, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией № 68 «Теории расписаний и дискретной оптимизации» Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук»;
2. Жукова Галина Николаевна, гражданка Российской Федерации, кандидат физико-математических наук, доцент, доцент департамента программной инженерии национального исследовательского университета «Высшая школа экономики».

**Ведущая организация** – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт математики и механики им. Н. Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук» (Екатеринбург).

**Отзыв на диссертацию официального оппонента, д.ф.-м.н., проф. Лазарева Александра Алексеевича.**

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1. В первой главе не обоснован выбор аппарата булевых функций как метода исследования прикладной задачи планирования железнодорожных перевозок.
2. В третьей главе приводится описание эвристического алгоритма покрытия вершин ориентированного графа множеством максимальных по включению путей, при этом практическая интерпретация критериев поиска не представлена.
3. В четвертой главе приводятся результаты вычислительных экспериментов с использованием разработанных комплексов программ для решения типовых задач, при этом результатом работы комплекса программ для решения задачи организации является покрытие вершин ориентированного графа, однако не приводятся данные о размерности множества путей, что было бы полезно для оценки эффективности подхода в части снижения размерности исследуемой задачи.

**Отзыв на диссертацию официального оппонента, к.ф.-м.н., доц. Жуковой Галины Николаевны.**

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1. Нет обоснования выбора Visual Basic в качестве среды программирования для разработки программных комплексов.
2. При обосновании достоверности полученных результатов (стр. 7) не приводятся результаты проведенного вычислительного эксперимента.
3. Оценка числа единиц в максимальном верхнем нуле названа «эффективной» (стр. 13), однако нет пояснения, в каком смысле понимается в данном случае эффективность.

**Отзыв на диссертацию ведущей организации.**

Ведущая организация дала положительный отзыв на диссертацию. Отзыв подписан заведующим отделом «Математическое программирование» ИММ УрО РАН, доктором физико-математических наук, профессором РАН Хачаем Михаилом Юрьевичем. Отзыв утвержден директором ИММ УрО РАН,

доктором физико-математических наук, профессором РАН, членом корреспондентом РАН Лукояновым Николаем Юрьевичем. Замечания по диссертации:

1. Комментарий к Алгоритму 1 (Глава 2, стр. 45-46) представляется не вполне точным. Согласно тексту диссертации, в нем утверждается, что возможна одна из двух альтернатив: либо алгоритм найдет максимальный верхний нуль исследуемой булевой функции, либо задача может быть сведена к аналогичной для графа меньшего порядка. В то же время нетрудно привести пример графа, применение к которому данного алгоритма не приведет ни к одному из перечисленных выше исходов.
2. В четвертой главе автор приводит результаты численного тестирования разработанных алгоритмов и программных комплексов. Традиционно для этой цели используются либо реальные содержательные постановки (в нашем случае, возникающие при планировании работы конкретной железнодорожной сети), либо тестовые задачи, представленные в одной из общеизвестных публичных библиотек, либо случайные экземпляры, полученные с использованием детально описанных генераторов. Природа же постановок, использованных автором, осталась в работе нераскрытой.
3. Задачи Independent Set и Path Cover, к которым автор сводит исследуемые железнодорожные постановки, хорошо известны в комбинаторной оптимизации. Представляет интерес проведение анализа производительности известных методов в сравнении с алгоритмами, предложенными автором на примере изучаемых в работе постановок, возникающих в реальных задачах железнодорожного планирования.

**На автореферат диссертации поступило 4 отзыва.**

1. **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт математики им. С. Л. Соболева Сибирского отделения Российской академии наук» (ИМ СО РАН).**

Отзыв подписан главным научным сотрудником ИМ СО РАН, доктором физико-математических наук, профессором Кочетовым Юрием Андреевичем. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1. На стр. 10-11 представлен алгоритм *Бегущая волна*, но анализ его трудоемкости и точности опущен.
2. На стр. 12-13 приводятся алгоритмы  $A(G, V_0)$  и  $B(G, V_0)$ , но ничего не говорится об их характеристиках и сравнении с алгоритмом *Бегущая волна*.
3. Исследуется задача о числе единиц в максимальном верхнем нуле булевой функции, но ни слова о статусе самой задачи, правда ли, что она является NP -трудной?

**2. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт систем энергетики им. Л. А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук» (ИСЭМ СО РАН).**

Отзыв подписан заведующим отделом «Прикладная математика» ИСЭМ СО РАН, доктором физико-математических наук, старшим научным сотрудником Хамисовым Олегом Валерьевичем. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1. Недостаточно подробно описан способ задания монотонной булевой функции, порожденной графом конфликтов.
3. **Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования «Уральский государственный университет путей сообщения» (УрГУПС).**

Отзыв подписан заведующей кафедрой «Естественнонаучные дисциплины» УрГУПС, доктором физико-математических наук, профессором Тимофеевой Галиной Адольфовной. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1. При решении задачи организации перевозок автором недостаточно описана значимость нижней оценки числа локомотивов, используемых для назначения и перемещения локомотивов.
4. **Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского» (ННГУ).**

Отзыв подписан доцентом кафедры «Информатика и автоматизация научных исследований» института «Информационные технологии, математика и механика» ННГУ, доктором технических наук, доцентом Старостиным Николаем Владимировичем. Замечания к автореферату:

1. Из автореферата не понятно в чем заключается преимущество сведения исходной задачи к задаче расшифровки монотонной булевой функции, порожденной неориентированным графом конфликтующих нормативных ниток.
2. На стр. 10 автореферата отмечается, что период планирования разбивается на трехчасовые интервала – смысл такой сегментации очевиден, однако непонятна аргументация выбора данного временного шага.
3. В работе указывается, что для генерации вариантов бесконфликтных наборов ниток применяются разные стратегии (жадный поиск и поиск с возвратом), однако в тексте автореферата не указаны вычислительные издержки и результаты алгоритмов в сравнении хотя бы друг с другом.
4. На стр. 17 автореферата (первый абзац) отмечается, что имеет место также параллельная реализация алгоритмов анализа графа конфликтов (жадный поиск и поиск с возвратом), которая «... позволяет в некоторых случаях получить точную оценку числа единиц в максимальном нуле, и, соответственно, набор из множества максимальных верхних нулей, отвечающий некоторому бесконфликтному набору нормативных ниток графика движения поездов». В связи с этим возникает ряд вопросов. Какие средства распараллеливания были использованы? Как выполнено распараллеливание? Каково теоретическое и наблюдаемое ускорение? На задачи каких размеров рассчитаны параллельные средства? На каких задачах удалось воспроизвести точные решения? Насколько эти задачи близки к реальным?

**Выбор официальных оппонентов** обосновывается их компетентностью в области тем, затрагиваемых в диссертационном исследовании.

Официальный оппонент, д.ф.-м.н., проф. Лазарев Александр Алексеевич работает заведующим лабораторией «Теории расписаний и дискретной

оптимизации» института проблем управления РАН. Область научных интересов – теория расписаний, оптимальное управление на железнодорожном транспорте. Автор более 15 монографий и 150 научных работ, значительная часть которых посвящена исследованию задач теории расписаний и оптимизации транспортных процессов.

Официальный оппонент, к. ф.-м. н., доц. Жукова Галина Николаевна – автор более 2 учебно-методических пособий и 20 публикаций на тему математического моделирования в задачах комбинаторной оптимизации. Область научных интересов – алгоритмы решения сложных задач комбинаторной оптимизации, теория сложности.

Выбор ведущей организации – ФГБУН ИММ им. Н. Н. Красовского УрО РАН – обусловлен широким кругом проводимых научных исследований в области математического моделирования транспортных и технологических процессов и разработки вычислительных алгоритмов комбинаторной оптимизации. Направления научной деятельности ФГБУН ИММ им. Н. Н. Красовского УрО РАН включают развитие математической теории процессов управления, исследования в области теории и методов решения задач математического программирования и распознавания образов, некорректных и обратных задач, развитие методов математического моделирования и создание алгоритмического и программного обеспечения для решения задач управления и оптимизации, развитие базы ЭВМ высокой производительности и разработка системного программного обеспечения для параллельных и распределенных вычислительных систем.

Соискатель имеет 10 опубликованных научных работ по теме диссертации, из которых 4 работы опубликованы в изданиях из Перечня ведущих рецензируемых научных журналов и изданий (в том числе 2 работы опубликованы в журналах, реферируемых в международной базе Web of Science). Подготовлена к государственной регистрации (и принята заявка на регистрацию) 1 программы для ЭВМ.

**Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:**



1. Гайнанов Д. Н., Коньгин А. В., Рассказова В. А. Математическое моделирование грузовых железнодорожных перевозок методами теории графов и комбинаторной оптимизации // Автоматика и телемеханика, № 11, 2016. – С. 60-79 (входит в БД Web of Science).
2. Гайнанов Д. Н., Рассказова В. А. Алгоритм расшифровки монотонных булевых функций, порождаемых неориентированными графами // Вестник южно–уральского государственного университета, № 3 (9), 2016, 9. – С. 17-30 (входит в БД Web of Science).
3. Гайнанов Д. Н., Рассказова В. А. Алгоритм покрытия вершин ориентированного графа в задаче о назначении и перемещении локомотивов // Труды МАИ, № 92, 2017 (электронный ресурс).
4. Гайнанов Д. Н., Кибзун А. И., Рассказова В. А. Алгоритм покрытия вершин ориентированного графа минимальным числом простых ориентированных путей // Вестник компьютерных и информационных технологий, № 5, 2017. – С. 51-56.

Диссертационный совет отмечает, что в выполненном диссертационном исследовании получены следующие **новые научные результаты**:

- **разработана** математическая модель для решения задачи планирования железнодорожных перевозок на этапе формирования бесконфликтного набора нормативных ниток;
- **доказано** утверждение об оценке числа единиц в максимальном верхнем нуле и **разработан** вычислительный алгоритм формирования верхнего нуля монотонной булевой функции, порождённой неориентированным графом, и **получена** оценка вычислительной сложности разработанного алгоритма;
- **разработана** математическая модель для решения задачи организации железнодорожных перевозок на этапе назначения и перемещения локомотивов без учёта ограничений на использование и техническое обслуживание локомотивов;
- **доказано** утверждение о свойствах минимального покрытия и **разработан** вычислительный алгоритм покрытия вершин

ориентированного графа множеством максимальных по включению путей.

**Теоретическая значимость** исследования определяется перспективой последующего развития теоретико-графового метода моделирования для решения широкого класса задач управления транспортными, производственными и технологическими процессами, а также исследования полиномиально разрешимых классов NP-трудных задач комбинаторной оптимизации.

**Практическая значимость работы заключается в том, что** полученные результаты в области разработки проблемно-ориентированных комплексов прикладных программ могут составить основу для разработки полноценного алгоритмического и программного обеспечения для систем управления транспортными процессами на этапах долгосрочного и оперативного планирования и организации перевозок.

**Достоверность** полученных результатов обеспечивается использованием классического аппарата моделирования и адекватностью приложения выбранной методологии в исследуемых задачах. Реализация посредством компьютерных технологий подтверждает корректность разработанных алгоритмов, кроме того, исходные данные для вычислительных экспериментов отвечают реальным планам перевозок для существующих железнодорожных транспортных сетей и апробированы на примере оптимизации планирования железнодорожных перевозок для Московской железной дороги, имеющей наиболее развитый и сложный граф сети среди всех дорог ОАО РЖД.

**Личный вклад** соискателя состоит в формулировке утверждения об оценке числа единиц в максимальном верхнем нуле монотонной булевой функции, порождённой неориентированным графом, и утверждения о свойстве специфического ориентированного графа. Посредством программных комплексов на языке Visual Basic автором реализованы разработанные алгоритмы, проведены вычислительные эксперименты и анализ полученных результатов.

Диссертационный совет считает, что диссертационная работа Рассказовой Варвары Андреевны является самостоятельно выполненной, завершённой

научно-квалификационной работой, в которой получены важные результаты в области разработки математических моделей, вычислительных алгоритмов и программных комплексов для решения актуальных задач планирования и организации железнодорожных перевозок. **Диссертация удовлетворяет пункту 9 постановления Правительства РФ №842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней».**

На заседании «29» сентября 2017 года диссертационный совет принял решение присудить Рассказовой В. А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 20 человек, из них 4 доктора наук по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 20, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета  
Д 212.125.04, д.ф.-м.н., доцент

А. В. Наумов

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 212.125.04, к.ф.-м.н., доцент

Н. С. Северина

29 сентября 2017 г.