

«Утверждаю»



Директор  
Института математики и механики  
им. Н. Н. Красовского Уральского  
отделения РАН,  
чл.-корр. РАН Н.Ю. Лукоянов

« 8 » августа 2017 г.

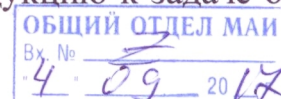
### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию Рассказовой Варвары Андреевны «МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ПЛАНИРОВАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ ПЕРЕВОЗОК МЕТОДАМИ ТЕОРИИ ГРАФОВ И КОМБИНАТОРНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИХ РЕШЕНИЯ», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 - «математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертация Варвары Андреевны посвящена разработке математических моделей, описывающих прикладные задачи, возникающие при организации эффективного функционирования железнодорожных сетей, включая задачу формирования бесконфликтного расписания движения составов и задачу об оптимальном назначении локомотивов.

С практической точки зрения исследуемые в работе **задачи**: задача построения бесконфликтного графика движения составов в терминах нормативных ниток и задача об оптимальном назначении локомотивов (Locomotive Assignment Problem, LAP) **представляются** чрезвычайно **важными**. Проектированию адекватных математических моделей и разработке эффективных методов их анализа посвящены многочисленные работы как отечественных (Д.Н. Гайнанова, Е.Р. Гафарова А.И.Кибзуна, А.Г. Ивахненко, А.А. Лазарева и др.), так и зарубежных авторов (R.Ahuja, A. Basceler, P. Brucker, J. Cordeau, A. Marar, W. Powell и др.)

Традиционно для исследования этих практических задач привлекается аппарат дискретного и смешанного программирования, стохастической оптимизации, а также оптимального управления. Математическую основу данной работы составили оптимизационные задачи на графах. В частности, автором показано, что задача о бесконфликтном графике движения допускает редукцию к задаче о



максимальном независимом множестве (Independent Set) подходящего графа, а задача о назначении локомотивов — к задаче об оптимальном покрытии маршрутами ориентированного графа (Path Cover). Таким образом, предложенные и обоснованные в работе алгоритмы представляют интерес и в плане развития теории аппроксимируемости этих известных труднорешаемых задач.

Таким образом, актуальность тематики данного исследования и научная значимость полученных автором результатов **не вызывают сомнений**.

### **Краткая характеристика работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав и заключения.

**Во введении** автор обосновывает актуальность темы диссертационной работы, формулирует цель и задачи диссертации, приводит обзор текущего состояния исследований по тематике работы и кратко описывает содержание последующих глав.

**В первой главе** автор приводит понятия бесконфликтного расписания, нормативной нитки, задания на ж.д. перевозку и т.п., необходимые для характеристики содержательных постановок исследуемых задач и описывает редукцию последних к соответствующим постановкам комбинаторных задач на графах. В частности, в этой главе вводятся: взвешенный ориентированный граф железнодорожной сети, описывающий технологические свойства моделируемого участка железной дороги, граф конфликтов нормативных ниток и орграфа совместимости заданий на перевозку и показывается, что первая из исследуемых в работе задач сводится к задаче о максимальном независимом множестве в графе конфликтов, а вторая — к задаче о покрытии путями минимальной мощности для орграфа совместимости заданий на перевозку.

**Вторая** глава работы посвящена разработке и алгоритмов построения максимального независимого множества в графе конфликтов нормативных веток. Автором показывается, что данная задача эквивалентна задаче поиска максимального верхнего нуля подходящей булевой функции и предлагается серия полиномиальных алгоритмов для приближенного решения последней. По-видимому, наибольший интерес представляют: Алгоритм 1, для которого обосновано достаточное условие, при котором он находит точное решение задачи; Алгоритмы 2 и 3, являющиеся при обоснованном автором условии приближенными алгоритмами с фиксированной **абсолютной** оценкой точности и эвристический Алгоритм 4.

**В третьей** главе приводится описание нового эвристического алгоритма для приближенного решения задачи об оптимальном назначении локомотивов.

**Четвертая глава** содержит более детальное описание представленных в предыдущих главах алгоритмов (с описанием деталей их реализации на уровне блок-схем) и примеров, иллюстрирующих применение разработанных программных комплексов.

**В заключении** автором подводятся итоги диссертационного исследования и перечисляются результаты, выносимые на защиту.

### **Основные результаты**

1. Разработана математическая модель для задачи планирования грузовых железнодорожных перевозок в терминах бесконфликтных наборов нормативных ниток, основанная на редукции этой задачи к задаче о максимальном независимом множестве в подходящем графе.
2. Разработана математическая модель для задачи организации железнодорожных перевозок в терминах оптимального назначения локомотивов, базирующаяся на редукции данной прикладной задачи к задаче Path Cover об оптимальном покрытии путями подходящего орграфа.
3. Разработана серия приближенных полиномиальных алгоритмов и эвристик для каждой из перечисленных выше задач.
4. Разработаны программные комплексы, содержащие эффективные реализации предложенных алгоритмов.

### **Практическая ценность**

Полученные в работе результаты могут быть использованы специалистами в области математического моделирования и дискретной оптимизации в ИММ УрО РАН, ИПУ РАН, ИМ СО РАН, а также при подготовке соответствующих специальных курсов для студентов УрФУ, МАИ, УрГУПС и др. по специальности математическое моделирование и исследование операций. Предложенные в диссертации алгоритмы и разработанные программные комплексы могут быть использованы для решения актуальных прикладных задач планирования грузовых железнодорожных перевозок, например, в рамках Свердловской железной дороги.

### **Замечания**

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.

Отметим, что **высказанные замечания** ни в коей мере **не снижают** высокой **квалификационной оценки** настоящей диссертационной работы. Кроме того, замечание 3, по-видимому, следует рассматривать как **пожелание к продолжению исследований**.

### Заключение

Диссертационная работа представляет собой завершённую и целостную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком научном уровне. Полученные в работе результаты новы и представляют как теоретический, так и практический интерес.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного Постановлениями Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 и 21.04.2016 № 335, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности - 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Диссертация обсуждена на семинаре отдела математического программирования ИММ УрО РАН 30 июня 2017 года, протокол №542.

Зав. отделом математического программирования,  
доктор физико-математических наук,  
проф. РАН

Подпись заверяю  
Ученый секретарь  
ИММ УрО РАН



М.Ю.Хачай