

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.02

Соискатель: Рассказова Варвара Андреевна

Тема диссертации: Математическое и программное обеспечение системы планирования производственных процессов на основе решения задач целочисленного линейного программирования

Специальность: 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

Решение диссертационного совета по результатам защиты: На заседании 27 июня 2025 года (протокол № 38) диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация Рассказовой Варвары Андреевны «Математическое и программное обеспечение системы планирования производственных процессов на основе решения задач целочисленного линейного программирования» 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 доктора физико-математических наук.

Присутствовали: Наумов А.В. – *председатель*, Кибзун А.И. – *зам. председателя*, Гидаспов В.Ю. – *ученый секретарь*, а также члены диссертационного совета: Бардин Б.С., Битюков Ю.И., Борисов А.В., Грумондз В.Т., Иванов С.В., Колесник С.А., Котельников М.В., Красильников П.С., Красинский А.Я., Кузнецов Е.Б., Кузнецова Е.Л., Кулагин Н.Е., Куравский Л.С., Пантелеев А.В., Ревизников Д.Л., Семенихин К.В., Сеницин В.И., Формалев В.Ф.

Председатель диссертационного совета
24.2.327.02, д.ф.-м.н., профессор



А.В. Наумов

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.327.02, д.ф.-м.н., с.н.с.



В.Ю. Гидаспов

Проректор по научной работе,
д.т.н., доцент



А.В. Иванов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.02, СОЗДАННОГО
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»,
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
ПО ДИССЕРТАЦИИ
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27.06. 2025 г. № 38

О присуждении Рассказовой Варваре Андреевне, гражданке РФ, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Математическое и программное обеспечение системы планирования производственных процессов на основе решения задач целочисленного линейного программирования» по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей принята к защите 24 марта 2025 года (протокол заседания № 35) диссертационным советом 24.2.327.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, 125993, г. Москва, А-80, ГСП-3, Волоколамское шоссе, д. 4, приказы Минобрнауки России: 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, № 1017/нк от 20.10.2017, № 272/нк от 27.03.2019, № 1097/нк от 03.10.2022, № 1215/нк от 12.10.2022.

Соискатель Рассказова Варвара Андреевна, 2 ноября 1991 года рождения. В 2012 г. окончила бакалавриат государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный

областной университет» по специальности «Математика» (диплом с отличием ВБА № 0664566). В 2014 г. окончила магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Московский государственный педагогический университет» по направлению «Математика» (диплом с отличием № 107718 0316849). В 2017 г. окончила аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по направлению подготовки «Компьютерные и информационные науки» (диплом № 107718 0962419). В 2017 г. защитила диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (диплом кандидата наук КНД № 039996).

Рассказова Варвара Андреевна работает в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» на кафедре 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» Института № 8 «Компьютерные науки и прикладная математика» в должности доцента.

Диссертация выполнена на кафедре 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)», Министерство науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – Кибзун Андрей Иванович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой 804 «Теория вероятностей и компьютерное моделирование» Института № 8 «Компьютерные науки и прикладная математика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

1. Лазарев Александр Алексеевич, доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник, заведующий лабораторией № 68

«Теории расписаний и дискретной оптимизации» федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова Российской академии науки» (ИПУ РАН);

2. Хамисов Олег Валерьевич, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник, главный научный сотрудник, заведующий отделом прикладной математики № 90 федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт систем энергетики имени Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук» (ИСЭМ СО РАН);
3. Николаев Андрей Валерьевич, доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой дискретного анализа факультета информатики и вычислительной техники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова» (ЯрГУ),

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН), г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном главным научным сотрудником отдела № 92 «Дискретные методы в управлении» отделения № 9 «Математическое обеспечение вычислительной техники», доктором технических наук, доцентом Славиним Олегом Анатольевичем и утвержденном директором ФИЦ ИУ РАН, доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН Посыпкиным Михаилом Анатольевичем, указала, что представленная диссертация является завершенной научно-квалификационной работой, содержит новые подходы к решению важной научной задачи, имеющей теоретическую и практическую значимость, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение. Диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне. Результаты, выносимые на защиту, являются обоснованными и достоверными. Основные положения достаточно полно представлены в научных публикациях. Автореферат соответствует содержанию диссертационной работы. Диссертационная работа удовлетворяет всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям, а ее

автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

Замечания по диссертации:

1. В главе 1 для снижения размерности задачи прогнозного планирования предложена верхняя оценка параметра модели целочисленного линейного программирования. Однако сами размерности (с минимальной величиной параметра или с применением установленного значения верхней оценки) не приводятся, что затрудняет понимание достигнутого эффекта.
2. В главе 2 на заключительном этапе модификации базового решения задачи оперативного планирования предложена модель целочисленного линейного программирования. Здесь же упоминается, что жадная стратегия для этих целей может повлечь одностороннее смещение решения. Приводится пример. Однако данный пример не отражает в полной мере недостатки жадной стратегии, поскольку опирается на конкретное выбранное направление поиска. Учитывая, что жадный подход характеризуется экстремально высокой вычислительной эффективностью, следовало бы более развернуто обосновать его неприменимость для рассматриваемой вспомогательной задачи.
3. В главе 3 задача распределительного типа решается последовательно с учетом ограничений 1-й и 2-й очереди. При этом для ограничений 1-й очереди случай несовместности соответствующей модели целочисленного линейного программирования не обсуждается (хотя идеологически, данный случай не может быть исключен). Кроме того, в разделе 3.2 следовало бы больше внимания уделить содержательному смыслу противоречий в ограничениях 2-й очереди (природа возникновения, риски, влияние на качество комплексного решения и т.д.).
4. В главе 4 предложен метаэвристический алгоритм на основе метода чередующихся окрестностей. Ясно, что данный алгоритм характеризуется высокой вычислительной эффективностью. Однако сравнение его приводится только в классе таких же метаэвристик. Интерес же представляет анализ быстродействия по сравнению с фундаментальными подходами для труднорешаемых задач (оценка достигнутого эффекта).

Именно в этом ключе становится понятной целесообразность его реализации в составе автоматизированной системы, где основные функциональные модули проектируются в форме задач целочисленного линейного программирования с использованием солверов открытых библиотек.

5. В главе 5 наблюдается отклонение от стандартной нотации проектирования автоматизированных систем. Например, на этапе проектирования функциональной архитектуры недостает BPMN-диаграммы (описание действий пользователя). Аналогично, на этапе проектирования прикладной архитектуры недостает DFD- и ER-диаграммы (описание схемы потоков данных и разметка объектной модели соответственно). Кроме того, не приводятся требования к серверным мощностям, что особенно важно в свете предложенного подхода к проектированию на основе моделей алгоритмически сложных задач.
6. В главе 6 разработанное программное обеспечение используется для решения практических задач производственного планирования. Рассматриваются все постановки, для которых в предшествующих главах 1-3 были предложены подходы и методы решения. Однако для задачи распределительного типа с ограничениями 2-й очереди (раздел 3.2) вычислительный эксперимент не проводится, что вызывает определенное недоумение – либо система оказывается неприменимой, либо данная постановка является весьма специфической и выходит за рамки рассматриваемого прикладного примера. Данное обстоятельство (как и причины его возникновения) следовало бы явным образом отразить во избежании разночтений.

Отзыв ведущей организации на диссертационную работу Рассказовой Варвары Андреевны «Математическое и программное обеспечение системы планирования производственных процессов на основе решения задач целочисленного линейного программирования» обсужден и принят на расширенном заседании отдела № 92 «Дискретные методы в управлении» отделения № 9 «Математическое обеспечение вычислительной техники» ФИЦ ИУ РАН (протокол № 9-5 от 21.04.2025 г.).

Соискатель имеет 54 опубликованные научные работы по теме диссертации, из которых 6 статей в журналах, входящих в Перечень ВАК и индексируемых в Web of Science или Scopus, 4 статьи в журналах из Перечня ВАК, 7 статей в трудах конференций, индексируемых в Web of Science или Scopus, 2 коллективные монографии, индексируемые в Scopus. Получено 4 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. В других научных изданиях опубликовано 3 статьи, в материалах конференций опубликовано 28 работ.

Содержание данных работ в полной мере отражает содержание диссертационной работы, в которой отсутствуют некорректные и недостоверные ссылки, соискателем в данных работах получены основные теоретические и практические результаты.

Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации.

Статьи в журналах, индексируемых в Web of Science или Scopus:

1. Гайнанов Д. Н., Кибзун А. И., Рассказова В. А. Задача о декомпозиции множества путей ориентированного графа и ее приложение // Автоматика и телемеханика. 2018, № 12, С. 142–166.

Личный вклад автора заключается в разработке, программной реализации и обосновании эффективности эвристического графового подхода в приложении к решению задачи о назначении производственного оборудования для исполнения заданного плана технологических работ.

2. Gainanov D. N., Mladenovic N., Rasskazova V. A. Maximum Independent Set in Planning Freight Railway Transportation // Frontiers of Engineering Management, 2018, 5(4): 499–506.

Личный вклад автора заключается в разработке эвристического алгоритма для решения NP-трудных задач комбинаторной оптимизации и доказательстве абсолютной оценки отклонения приближенного решения.

3. Гайнанов Д. Н., Игнатов А. Н., Наумов А. В., Рассказова В. А. О задаче назначения “технологического окна” на участках железнодорожной сети // Автоматика и телемеханика, 2020, № 6, с. 3–16.

Личный вклад автора заключается в анализе и классификации качественных характеристик целевого функционала моделей целочисленного линейного программирования для решения задач

планирования технологических работ при организации транспортных процессов на железной дороге.

4. Кибзун А. И., Рассказова В. А. Модель целочисленного линейного программирования как математическое обеспечение системы оптимального планирования производства на этапе оперативного графикования // Автоматика и телемеханика, 2023, № 5, с. 3–16.

Личный вклад автора заключается в формализации задач потокового типа на этапах прогнозного и оперативного планирования в форме моделей целочисленного линейного программирования, реализации их в составе комплексной системы и проведении вычислительного эксперимента на данных реальных размерностей.

5. Kibzun A. I., Rasskazova V. A. On the Properties of the LIP model in class of the RCPSPs. Mathematics (2023). 11, 2086.

Личный вклад автора заключается в доказательстве верхней оценки управляемого параметра модели целочисленного линейного программирования для решения задач планирования потокового типа в классе RCPSP, позволяющей существенно снизить ее размерность.

6. Рассказова В. А. Декомпозиционный подход в задаче планирования распределительного типа с приоритетами ограничений // Вестник ЮУрГУ. Серия «Математическое моделирование и программирование», 2024, т. 17 (3), с. 87–101.

Статьи в трудах конференций, индексируемых в Web of Science или Scopus:

7. Gainanov D. N., Mladenovic N., Rasskazova V. A., Urosevic D. Heuristic Algorithm for Finding the Maximum Independent Set with Absolute Estimate of the Accuracy // CEUR-WS Proceedings. Vol. 2098, 2018, pp. 141–149.

Личный вклад автора заключается в разработке расширенного алгоритма симплицального вершинного теста для решения NP-трудных задач комбинаторной оптимизации и проведении вычислительного эксперимента на тестовых данных библиотеки DIMACS.

8. Chernavin P. F., Gainanov D. N., Rasskazova V. A. Convex Hulls in Solving Multiclass Pattern Recognition Problem // Lecture Notes in Computer Science, 2020, vol. 12096, pp. 390–401.

Личный вклад автора заключается во введении и формализации понятия выпукло отделимых множеств и применении описанной структуры в задачах анализа несовместных систем условий.

9. Gainanov D. N., Korablev I. G., Rasskazova V. A. On solving the warehouse procession optimization problem using a tuple of heuristics // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 927(1), 012058.

Личный вклад автора заключается в постановке задач логистического планирования на производстве и разработке эвристических алгоритмов их решения, а также в разметке тестовых данных для проведения вычислительного эксперимента с использованием разработанных подходов.

10. Gainanov D. N., Mladenovic N., Rasskazova V. A. Simplicial Vertex Test in Solving the Railway Arrival and Departure Paths Assignment Problem // Lecture Notes in Computer Science, 2021, vol. 12559, pp. 123–137.

Личный вклад автора заключается в описании математической модели планирования ресурсов на примере прикладной задачи в области транспортной логистики, а также в разработке графового подхода к ее решению в постановке многокритериальной оптимизационной задачи с противоречивыми ограничениями.

11. Berenov D. A., Gainanov D. N., Rasskazova V. A. Algorithm for Predicting the Quality of the Product Based on Technological Pyramids in Graphs // Lecture Notes in Computer Science, 2021, vol 12931, pp. 128–141.

Личный вклад автора заключается в разработке и программной реализации алгоритма классификации качественных характеристик производственных процессов потокового типа для принятия управленческих решений относительно их последующего прерывания или переназначения последовательности прохождения технологических агрегатов.

12. Berenov D. A., Gainanov D. N., Rasskazova V. A. Integer Linear Programming in Solving an Optimization Problem at the Mixing Department of the Metallurgical Production. Lecture Notes in Computer Science, 2023, vol. 13621, pp. 145–161.

Личный вклад автора заключается в разработке вложенных моделей целочисленного линейного программирования и схемы последовательных

ограничений с приоритетами для решения задачи планирования производственных процессов распределительного типа в отрасли черной металлургии.

13. Rasskazova V. A. LIP Model in Solving RCPSP at the Flow Type Production // CCIS, 2024, vol. 1913, pp. 75–88.

Статьи в журналах из перечня рецензируемых научных изданий ВАК по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей:

14. Гайнанов Д. Н., Рассказова В. А., Чернавин П. Ф. Выпуклые оболочки и выпукло отделимые множества в задаче многоклассового распознавания образов // Труды МАИ (2019), 104.

Личный вклад автора заключается в развитии подхода классификации качественных характеристик процессов потокового типа и дооснащении его элементами робастного оценивания на основе анализа данных о фактически реализованных маршрутах производства с последующим вовлечением выявленных закономерностей в процедуры принятия управленческих решений.

15. Беренов Д. А., Рассказова В. А. Модель объектных отношений для интеллектуального управления на основе производственных данных // Моделирование и анализ данных. 2023. Т. 13. № 1 С. 5–18.

Личный вклад автора заключается в разработке и описании компонент универсальной объектной модели, реализующих разнообразные аспекты планирования производственных процессов потокового и распределительного типов, характерные для широкого спектра отраслей промышленности.

16. Рассказова В. А., Скуридин А. А. Задача о назначении производственных ресурсов с системой ограничений // Моделирование и анализ данных. 2023. Т. 13. № 2. С. 142–150.

Личный вклад автора заключается в математической постановке задачи планирования распределительного типа на примере производственных процессов в отрасли цветной металлургии, а также в разработке комплексного подхода к ее решению, в том числе для случая противоречивой системы ограничений.

17. Кибзун А. И., Рассказова В. А. Генетический алгоритм размещения требований в задаче планирования производственных процессов потокового типа // Программные продукты и системы. 2025. Т. 38. № 1. С. 561–566.

Личный вклад автора заключается в разработке концепции и программной реализации алгоритма оптимизации входных данных в задаче потокового типа, а также в доказательстве оценок предложенного алгоритма, гарантирующих разрешимость основной задачи прогнозного планирования производства.

Свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:

18. Гайнанов Д. Н., Кибзун А. И., Рассказова В. А. Программа для решения обобщенной задачи о назначениях методом покрытия вершин ориентированного графа. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019663227 от 9 декабря 2019 г.

Личный вклад автора заключается реализации программного обеспечения и проведении с его использованием масштабного вычислительного эксперимента на данных реальной размерности.

19. Беренов Д. А., Гайнанов Д. Н., Рассказова В. А. [и др.] Data PLAN. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021665276 от 13 сентября 2021 г.

Личный вклад автора заключается в разработке компонентной архитектуры и процедур взаимодействия, а также в реализации математических методов и алгоритмов, для решения задач планирования производственных процессов с использованием разработанного программного обеспечения.

20. Рассказова В. А. Программа для решения NP-трудных задач комбинаторной оптимизации методом ESVT с шагом Interchange. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022686586 от 29 декабря 2022 г.

21. Рассказова В. А., Скуридин А. А. Программа для решения задачи о назначениях производственных ресурсов с ограничениями в виде задачи ЦЛП. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023617643 от 7 апреля 2023 г.

Личный вклад автора заключается в разработке и тестировании прототипа программы, в том числе с использованием данных реальных размерностей в условиях противоречивости ограничений.

Коллективные монографии:

22. Pardalos P. M., Rasskazova V. A., Vrahatis M. Black Box Optimization, Machine Learning, and No Free Lunch Theorems (Eds.) Springer Optimization and Its Applications, 2021.

Личный вклад автора заключается в анализе и классификации подходов к решению сложных задач комбинаторной оптимизации в условиях частичной или полной неопределенности входных данных.

23. Archetti F., Kotsireas I. S., Pardalos P. M., Rasskazova V. A., Simos D. S. Learning and Intelligent Optimization. Springer Cham (2023). ISBN: 978-3-031-24866-5, P. 566.

Личный вклад автора заключается в систематизации и классификации методов машинного обучения и прогнозного робастного управления в различных прикладных задачах планирования, в том числе в классах производственных задач потокового и распределительного типов.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

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

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1) Для задачи формирования детализированных маршрутов производства во второй главе разработаны базовая и расширенная модели ЦЛП. Но какова совокупная размерность задачи и насколько она снижается при рассмотрении, например, базовой модели с учетом минимальных длительностей обработки работ на каждом этапе технологической цепочки? Иными словами, какой эффект по трудоемкости доставляет предложенная методика? В работе этот важный вопрос не рассматривается.

2) Местами в рамках предложенных в работе моделей ЦЛП наблюдается некоторое пренебрежение размерностью величин. В частности, для задачи распределительного типа в третьей главе вводится комплексный целевой функционал, включающий в себя одновременно бинарные и целочисленные переменные. При этом целочисленные переменные выступают в своем роде

штрафами. По-видимому, предполагается, что они должны в таком случае быть достаточно большими априори? Однако, положив единицы измерения, скажем, в сотых долях, модель становится неустойчивой с точки зрения ее прикладного назначения. То же касается и задачи размещения работ в первой главе, где размерности длительностей операций не формализованы явным образом.

3) В четвертой главе приводятся результаты экспериментального исследования с использованием алгоритма ESVTwIC (расширенный симплексный метод), в основе которого лежит жадная стратегия. Но судя по структуре алгоритма, останов достигается в ближайшем локальном решении. Вероятно, именно с этим и связан полученный эффект по быстродействию? В таком случае следовало бы явно указать, что для целей задач рассматриваемого класса отклонение значения целевой функции приближенного решения от оптимального полагается менее значимым, в сравнении с критерием фактических вычислительных затрат.

4) Пятая глава посвящена разработке программного обеспечения системы планирования производственных процессов. Однако часть функций, реализующих ее математическое обеспечение, лишь косвенно упоминаются в контексте общего описания модулей. В частности, вызывают вопросы программные структуры, реализующие графовые алгоритмы, предложенные во второй и четвертой главах. Какой способ организации графов используется? Какой трудоемкостью по времени и по памяти характеризуются данные алгоритмы с учетом того или иного способа организации данных? Во многом ответы на данные вопросы зависят от типовых размерностей решаемых прикладных задач, однако последние в структурированном виде в работе также не приводятся. Вообще вопросам оценки трудоемкости алгоритмов не уделено никакого внимания, что вызывает недоумение.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, д.ф.-м.н., старшего научного сотрудника Хамисова Олега Валерьевича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1) В работе предлагается подход на основе штрафных функций для разрешения противоречивых моделей математического программирования. В главе 2 данный подход применяется для решения задачи потокового производства на этапе оперативного планирования, в главе 3 – для решения задачи

распределительного типа с ограничениями 2-й очереди. В главе 5 данный подход положен в основу программной компоненты, реализующей модели параллельной обработки данных в системе планирования производственных процессов. Но как теоретически, так и с практической точки зрения возникают вопросы рассмотрения альтернативных методов коррекции несобственных моделей оптимизации (например, комитеты большинства, матричные и структурные методы коррекции). Применимы ли они в классе рассматриваемых задач? Если нет, то почему? Если да, то следовало бы отразить результаты сравнительного анализа по трудоёмкости.

2) В главе 2 для решения задачи оперативного планирования производственных процессов потокового типа разработан графовый подход, реализация которого сведена к рассмотрению задачи квадратичного программирования. Однако методы её решения в работе не обсуждаются. Вместе с тем остаётся неясным, может ли данный подход быть применим на этапе прогнозного планирования, а также для задачи распределительного типа? Вопрос особенно актуален на фоне главы 6, где вычислительный эксперимент проводится с использованием данных реальных производственных процессов.

3) В описании прикладного ПО системы не представлены явно схемы и модели распределенной и параллельной обработки данных (только для модуля планирования распределительного типа). В этой связи глобальная структура предложенной в работе концепции проектирования оказывается лишённой иллюстративного сопровождения, что могло бы привнести дополнительный, весьма значительный вклад в формализацию разработанных подходов. Вместе с тем было бы полезно провести разметку прикладных функций ПО относительно предложенных в предыдущих главах методов и алгоритмов.

4) В главе 6 представлены результаты вычислительных экспериментов с использованием разработанного программного обеспечения. По контексту можно сделать вывод, что для решения рассматриваемых прикладных задач используются модули, реализующие модели ЦПП и библиотеки с открытым исходным кодом. Но в рамках разработки математического обеспечения системы в главах 1-4 также были предложены альтернативные графовые подходы. Применялись ли они в этих экспериментах? Проводилось ли сравнение получаемых решений? Из главы 6 на данные вопросы ответов не следует.

Отзыв на диссертацию официального оппонента, д.ф.-м.н., доцента Николаева Андрея Валерьевича.

Отзыв положительный. Замечания по диссертационной работе:

1) Не для всех моделей ЦПП первых трёх глав в явном виде указана размерность модели, т.е. как число переменных и ограничений зависит от размера входных данных задачи. Асимптотическая оценка была бы здесь полезна, чтобы оценить на решение задач какого размера мы можем рассчитывать с помощью данных моделей.

2) В четвёртой главе диссертации рассматриваются несколько алгоритмов для задачи о наибольшем независимом множестве в графе, в частности: расширенный симплициальный вершинный тест (ESVT) и модификация алгоритма ESVT с дополнительной эвристикой поиска с чередующимися окрестностями (ESVTwIC). Вычислительные эксперименты проведены на графах из стандартной библиотеки DIMACS. Здесь есть два замечания.

2.1) Наибольшее независимое множество – это достаточно изученная задача, для которой известно значительное число алгоритмов. Однако в диссертации нет сравнения предложенных алгоритмов с известными из литературы. В таблице 4.3.3 с результатами вычислительных экспериментов приводятся лишь лучшие из известных решений для каждого тестового графа. Беглый анализ работ по теме показывает, что алгоритмы ESVT и ESVTwIC оказываются очень эффективными по времени работы и приемлемыми по результату. Безусловно время работы зависит от конкретной реализации и машины, на которой выполнялся эксперимент. Так что здесь стоило бы добавить хотя бы один известный алгоритм для сравнения и установочного результата.

2.2) По таблице 4.3.3 не очевидно, что дополнительная эвристика поиска с чередующимися окрестностями дает значительный выигрыш. Оба алгоритма ESVT и ESVTwIC показывают статистически неразличимое время работы и примерно одинаковые результаты.

3) Эвристические алгоритмы ESVT и ESVTwIC для задачи о наибольшем независимом множестве из четвёртой главы немного повисают в воздухе в двух последующих главах, где обсуждаются разработка программного обеспечения системы планирования производственных процессов и прикладные

задачи планирования производственных процессов потокового и распределительного типов. Указано лишь, что данные алгоритмы реализованы в рамках общей системы. В четвёртой главе сказано, что эвристические алгоритмы применяются в рамках парадигмы «преобразуй и властвуй», когда модель целочисленного линейного программирования сводится к задаче о наибольшем независимом множестве в графе. В таком случае, аналогично первому замечанию, в явном виде не указана сложность сведения: как число вершин и рёбер графа связано с размерностью модели ЦЛП и, соответственно, с размером входных данных исходной задачи планирования.

4) Для эвристического алгоритма покрытия вершин ориентированного графа минимальным числом максимальных по включению путей из раздела 2.3.2, в отличие от других эвристических алгоритмов в диссертации, не приведено результатов вычислительных экспериментов с анализом работы алгоритма. Указан лишь пример построения покрытия для задачи малой размерности.

Отзывы на автореферат.

1. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Петрозаводский государственный университет» (ПетрГУ).

Отзыв подписан профессором кафедры «Прикладная математика и кибернетика» института математики и информационных технологий, доктором технических наук, профессором Питухиным Евгением Александровичем. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) В автореферате приводится оценка параметра конфигурации модели целочисленного линейного программирования в классе задач потокового типа, обеспечивающая значительное снижение размерности (теорема о верхней оценке параметра). Однако не ясным остается порядок размерности в общем случае и для установленного значения. Кроме того, не обсуждается также и вопрос качества целевого функционала для предложенной конфигурации – насколько снижается качество комплексного решения при таком подходе?

2) Разработанное в главе 5 программное обеспечение реализует предложенные в предыдущих главах подходы и методы, в основе которых лежат модели целочисленного линейного программирования. Для решения их в системе используются метаэвристические алгоритмы и открытые библиотеки на Python.

Однако и в том, и в другом случае, вопросы трудоемкости реализуемых процедур являются важными, поскольку все рассматриваемые задачи характеризуются как алгоритмически сложные. В этой связи в автореферате следовало бы указать явным образом, на какие вычислительные ресурсы рассчитано данное программное обеспечение для достижения установленного порядка отклика системы на каждом этапе.

3) В автореферате диссертации не приведены данные о параметрах практически решаемых задач и показателях эффективности алгоритма на этих задачах, а также не представлены преимущества (отличия) предложенного соискателем алгоритма от других известных.

2. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики» в Нижнем Новгороде (НИУ ВШЭ, г. Нижний Новгород).

Отзыв подписан заведующим лабораторией алгоритмов и технологий анализа сетевых структур, заведующим кафедрой прикладной математики и информатики факультета информатики, математики и компьютерных наук, доктором физико-математических наук, профессором Калягиным Валерием Александровичем. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) В описании главы 1 диссертации упоминается генетический алгоритм оптимизации входных данных для задачи планирования потокового типа, однако его структура и свойства в автореферате не обсуждаются; подобный анализ мог бы внести определенную ясность в масштабы противоречивости базовой модели целочисленного линейного программирования для рассматриваемого этапа; кроме того, всюду далее случаи неразрешимых постановок преодолеваются посредством методики формирования максимальных совместных подсистем ограничений – при этом идеологическая мотивация применения на начальном этапе альтернативного подхода с использованием генетического алгоритма явным образом не прослеживается.

2) Согласно автореферату, ключевым результатом главы 3 является разработка методики реализации схемы последовательных приоритетных ограничений в задачах планирования производства распределительного типа; данная методика основана на подходе массовой декомпозиции комплексной

задачи, однако оценки качества полученных таким образом приближенных решений в автореферате не приводятся.

3. Федеральное государственное автономное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» (НИЦ «Курчатовский институт» – НИИСИ).

Отзыв подписан заведующим отделом программных средств визуализации, доктором физико-математических наук, профессором Михайлюком Михаилом Васильевичем. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) В автореферате слабо отражены идеологические преимущества реализации распределенной архитектуры системы по сравнению с подходом вертикальной масштабируемости.

2) Основная цель предложенной в работе модели параллельной обработки данных состоит в снижении вычислительной нагрузки на расчетное ядро. Однако требования к серверным мощностям, в том числе в сравнении с последовательной реализацией программных функций, в автореферате не приводятся. Результаты данного анализа могли бы внести существенный вклад в понимание достигнутого эффекта по быстродействию.

4. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт математики и механики имени Н.Н. Красовского Уральского отделения Российской академии наук» (ИММ УрО РАН).

Отзыв подписан заведующим отделом математического программирования, доктором физико-математических наук, членом-корреспондентом РАН Хачаеми Михаилом Юрьевичем. Отзыв положительный. Замечаний нет.

5. Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Омский государственный университет имени Ф.М. Достоевского» (ОмГУ).

Отзыв подписан заведующим кафедрой компьютерной математики и программного обеспечения факультета цифровых технологий и кибербезопасности, доктором физико-математических наук, профессором Симанчевым Русланом Юрьевичем. Отзыв положительный. Замечания к автореферату:

1) В описании главы 2 диссертации в автореферате частично используются обозначения, идентичные по начертанию, но отличные по содержательному смыслу от принятых в описании главы 1. При этом структурированного списка используемых обозначений по главам в автореферате нет, что весьма затрудняет прочтение.

2) Обособленными от основного текста выглядят результаты главы 4. Взаимосвязь предложенной метаэвристики с исследуемыми в работе задачами планирования производственных процессов хотя и понятна с точки зрения принадлежности предложенных моделей ЦПП классу NP-hard, однако в явном виде в автореферате не прослеживается.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области тем, затрагиваемых в диссертационном исследовании.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, профессор Лазарев Александр Алексеевич работает главным научным сотрудником, заведующим лабораторией № 68 «Теории расписаний и дискретной оптимизации» федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт проблем управления имени В.А. Трапезникова Российской академии наук» (ИПУ РАН). Область его научных интересов включает различные вопросы дискретной оптимизации (комбинаторные проблемы, моделирование, алгоритмы декомпозиции), программирования в ограничениях и теории расписаний (сложность, точные и приближенные методы, параллельные вычисления), а также их приложений в задачах производственного планирования. Лазарев Александр Алексеевич является автором 128 научных работ, опубликованных в журналах и сборниках, индексируемых в Scopus и Web of Science, число публикаций в РИНЦ – 156. Лазарев Александр Алексеевич – автор нескольких монографий по теории расписаний, методам оптимизации и дискретному программированию.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник Хамисов Олег Валерьевич работает главным научным сотрудником, заведующим отделом прикладной математики № 90 федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт систем энергетики имени Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук» (ИСЭМ СО РАН). Область его научных интересов включает различные вопросы

математического моделирования, вычислительной математики и математического программирования, в том числе целочисленного математического программирования. Хамисов Олег Валерьевич является автором 83 научных работ, опубликованных в журналах и сборниках, индексируемых в Scopus и Web of Science, число публикаций в РИНЦ – 152. Хамисов Олег Валерьевич – автор нескольких монографий по моделированию и оптимизации сложных технических и экономических систем.

Официальный оппонент, доктор физико-математических наук, доцент Николаев Андрей Валерьевич работает заведующим кафедрой дискретного анализа факультета информатики и вычислительной техники федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова» (ЯрГУ). Область его научных интересов включает различные вопросы дискретной математики, теории сложности вычислений, комбинаторной оптимизации и линейного программирования. Николаев Андрей Валерьевич является автором 24 научных работ, опубликованных в журналах и сборниках, индексируемых в Scopus и Web of Science, число публикаций в РИНЦ – 67.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской академии наук» (ФИЦ ИУ РАН) – является признанным лидером в области информационных технологий, системного анализа и управления, вычислительной и прикладной математики. В отделе № 92 «Дискретные методы в управлении» отделения № 9 «Математическое обеспечение вычислительной техники», подготовившем отзыв, ведутся исследования и разработки системных решений и программного обеспечения вычислительных комплексов и сетей новых поколений, в том числе подходы и методы организации параллельных и распределенных вычислений, проблемно-ориентированный системный анализ и моделирование технических, организационных, социально-экономических и других объектов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие новые научные результаты:

- разработаны методы проектирования функциональных компонент системы планирования производственных процессов на основе моделей

целочисленного линейного программирования (ЦЛП), обеспечивающие ее гибкость к адаптации и применению в широком классе задач;

- установлена верхняя оценка для параметра конфигурации расчетного ядра системы, позволяющая существенно снизить размерность модели ЦЛП в задаче потокового типа на этапе прогнозного планирования, что влечет значительное преимущество подхода с точки зрения вычислительных затрат на поиск решения;

- предложен алгоритм распределённой обработки данных в задаче потокового типа, обеспечивающий снижение вычислительной нагрузки на расчетное ядро системы и гарантирующий при этом существование решения на этапах прогнозного (верхнеуровневого) и оперативного (детализированного) планирования;

- разработан подход к параллельной обработке данных в системе планирования производственных процессов, реализующий как функционал поиска максимальных совместных подсистем (МСП) ограничений в задачах ЦЛП, так и функционал автоматического и достоверного контроля входных данных на предмет противоречий в нормативно-справочной информации (НСИ) и технологических правилах;

- разработаны модели ЦЛП для решения задач оптимизации производственных процессов в системах планирования распределительного типа;

- установлены необходимые и достаточные условия существования решения оптимизационной задачи планирования распределительного типа и на их основе разработана модель реализации схемы последовательных ограничений;

- разработана методология реализации функционала приоритетной очереди ограничений в оптимизационных задачах планирования распределительного типа на основе алгоритма корректировки системы условий и целевой функции;

- разработан алгоритм взаимодействия функциональных компонент в модуле планирования производственных процессов распределительного типа на основе синтеза локально оптимальных решений и интеграции поправочного ограничения, гарантирующего качество в совокупности;

- разработаны архитектура и форматы взаимодействия внешних источников данных, пользовательского интерфейса и функциональных компонент системы планирования производственных процессов;

- разработан проблемно-ориентированный комплекс программ для решения прикладных задач планирования производственных процессов потокового и распределительного типов.

Теоретическая значимость полученных результатов состоит в развитии методов ЦЛП для решения широкого класса прикладных задач планирования производственных процессов; в обобщении методов формирования МСП ограничений в противоречивых задачах оптимизации; в разработке новых подходов и алгоритмов моделирования схем приоритетных и последовательных ограничений в задачах комплексного сквозного планирования.

Практическая значимость полученных результатов обусловлена разработкой полнофункционального программного обеспечения системы планирования производственных процессов в классах задач потокового и распределительного типов и возможностью применения его в контуре комплексных систем управления процессами на предприятиях в различных отраслях промышленности (например, таких как деревообработка, горнодобывающая отрасль, металлургическое производство, кабельное производство, пищевая промышленность).

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением фундаментальных математических подходов и методов. Для проверки корректности и эффективности разработанных моделей и алгоритмов производились вычислительные эксперименты с использованием реальных производственных данных. Результаты моделирования и вычислительные эксперименты подтверждают теоретические положения.

Личный вклад. Все результаты диссертации получены лично автором. Из результатов, опубликованных в соавторстве, в диссертацию включен только материал, вклад соискателя в который был определяющим.

В ходе защиты диссертации критических замечаний высказано не было.

Диссертационный совет считает, что диссертационная работа Рассказовой Варвары Андреевны является самостоятельно выполненной законченной научно-

квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых можно квалифицировать как научное достижение в области проектирования и разработки математического и программного обеспечения систем автоматизированного планирования сложных производственных процессов. Разработанные подходы к проектированию и реализации в контуре комплексной системы методов распределенной и параллельной обработки данных, а также схем последовательных ограничений с приоритетами, в том числе в условиях противоречивости, характеризуются высокой практической значимостью с точки зрения моделирования процессов реальных размерностей, обеспечивая тем самым решение научной проблемы, имеющей важное значение в широком классе задач производственного планирования. Диссертация удовлетворяет пунктам 9–14 постановления Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 «О порядке присуждения ученых степеней».

На заседании 27 июня 2025 года диссертационный совет принял решение присудить Рассказовой Варваре Андреевне ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 7 докторов наук по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей, участвовавших в заседании, из 30 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за 21, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного совета
24.2.327.02, д.ф.-м.н., профессор



А. В. Наумов

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.327.02, д.ф.-м.н., с.н.с.



В. Ю. Гидаспов

Проректор по научной работе,
д.т.н., доцент




А. В. Иванов

27 июня 2025 г.