

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и цифровому
развитию МГТУ им. Н.Э. Баумана,
доктор экономических наук,
профессор

Дрогозов П. А.

«10» октября 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Московский государственный технический
университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский
университет)»
(МГТУ им. Н.Э. Баумана)

Диссертация «Исследование комбинаторных свойств и оценка
вычислительной сложности задач рюкзачного типа» выполнена Московском
государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет) на кафедре информационной
безопасности.

В период подготовки диссертации Волков Мария Сабина Александровна
являлась аспирантом очной формы обучения Московского государственного
технического университета имени Н.Э. Баумана (национальный
исследовательский университет).

В 2022 году окончила Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования «Московский
государственный технический университет имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет)» по специальности
«Информационная безопасность автоматизированных систем» с присвоением
квалификации специалист. Диплом с отличием 107718 1249136 выдан 07 июля
2022 г.

Справка № 02.07-12/66 о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2025
году Московским государственным техническим университетом имени Н.Э.
Баумана (национальный исследовательский университет).

Научный руководитель — доктор физико-математических наук,
профессор Гордеев Эдуард Николаевич работает в Московском
государственном техническом университете имени Н.Э. Баумана
(национальный исследовательский университет) на кафедре информационной
безопасности в должности профессора.

Тема диссертации утверждена на заседании Ученого совета научно-учебного комплекса «Информатика и системы управления» (протокол от 21.04.2025 № 12).

По итогам обсуждения было принято следующее заключение:

Актуальность темы исследования

Исследование вычислительной сложности комбинаторных задач остаётся одним из центральных направлений теоретической информатики. Особое значение при этом имеют NP-полные задачи, такие как задача о рюкзаке, которые служат не только объектом фундаментального анализа, но и универсальным инструментом для оценки сложности широкого круга вычислительных проблем. Современное развитие теории сложности показало, что практическая труднорешаемость таких задач зависит не только от их принадлежности к классу NP, но и от внутренних комбинаторных характеристик конкретных экземпляров.

Актуальность исследования определяется необходимостью более глубокого анализа комбинаторных структур задач рюкзачного типа, выявления закономерностей, определяющих их вычислительную сложность, и разработки методов построения экземпляров с контролируемыми свойствами. Решение этих задач позволяет уточнить границы между полиномиально и экспоненциально решаемыми случаями, что имеет важное значение для развития теории сложности и общей классификации NP-трудных задач.

Научная новизна

Научная новизна работы заключается в комплексном исследовании комбинаторных и алгоритмических свойств задач рюкзачного типа и разработке методов анализа их вычислительной сложности. Получены следующие результаты:

1. Выведены аналитические формулы для оценки числа допустимых решений задачи об ограниченном рюкзаке и среднего значения функционала задачи о 0–1 рюкзаке.
2. Введено и исследовано понятие сюръективных линейных форм; найден алгоритм вычисления всех их допустимых решений и установлены параметры, влияющие на сложность вычислений.
3. Разработаны методы построения линейных форм с контролируемым числом решений, позволяющие управлять комбинаторной структурой задачи.
4. Исследованы линейные формы с разрывами в области значений и предложен алгоритм их построения, показывающий влияние разрывов на распределение решений.
5. Разработан метод преобразования легкорешаемых экземпляров задачи о рюкзаке в вычислительно сложные при сохранении конфигурации множества решений, что демонстрирует их применимость в задачах

защиты информации и анализа сложности дискретных структур.

Теоретическая значимость

В работе предложен комплекс научных результатов, формирующих основу для анализа комбинаторных и алгоритмических свойств задач рюкзачного типа. Разработанные методы позволяют формально описывать и классифицировать экземпляры задач по внутренним параметрам, оценивать их вычислительную сложность и устойчивость к известным методам решения. Полученные результаты вносят вклад в развитие теории сложности и комбинаторного анализа NP-полных задач.

Практическая значимость

Исследование направлено на разработку алгоритмических средств, позволяющих управлять сложностью экземпляров задач о рюкзаке и исследовать границы их вычислимости. Предложены методы генерации задач с заданными комбинаторными характеристиками, алгоритм поиска всех решений для специального класса экземпляров с линейной сложностью, а также преобразования, сохраняющие структуру множества решений при переходе от легкорешаемых к труднорешаемым случаям. Полученные результаты вносят вклад в развитие теории сложности и комбинаторного анализа NP-полных задач, а также могут быть использованы при построении алгоритмов кодирования и защиты информации.

Достоверность результатов

Достоверность полученных результатов обеспечивается использованием строгого математического аппарата и опорой на фундаментальные исследования в области теории сложности и комбинаторного анализа, представленные в работах отечественных и зарубежных авторов. Предложенные в диссертации теоретические положения подтверждаются строгими доказательствами и согласуются с известными результатами в смежных областях. Практические алгоритмы и аналитические зависимости проверены вычислительными экспериментами, а основные выводы апробированы на профильных научных конференциях и опубликованы в рецензируемых изданиях.

Личный вклад соискателя

Волков М.С.А. самостоятельно разработала теоретический аппарат, доказала основные теоремы, спроектировала и реализовала программный комплекс, организовала и провела все экспериментальные исследования, а также подготовила публикации и доклады.

Апробация

Основные результаты работы доложены и обсуждены на следующих конференциях:

– XII Международная конференция «Безопасные информационные технологии», Москва, 2023;

- XIII Международная конференция «Безопасные информационные технологии», Москва, 2024;
- V Межвузовская конференция аспирантов «Наука, технологии и бизнес», Москва, 2023.

Публикации по теме диссертации

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 9 работах в рецензируемых изданиях, в том числе 5 из перечня ВАК РФ и приравненных международных наукометрических баз. Общий объем составляет 7,8 п.л.; личный вклад автора составляет 6 п.л.

1. Волков М. С. А. Комбинаторные свойства задачи об ограниченном рюкзаке // Прикладная дискретная математика. 2024. № 63. С. 117-130. (WOS, Scopus, ВАК). 1,64 п.л.
2. Волков М. С. А., Гордеев Э. Н., Леонтьев В. К. О среднем числе допустимых решений в задаче о рюкзаке // Прикладная дискретная математика. 2025. № 68. С. 103-113. (WOS, Scopus, ВАК). 1,28/0,77 п.л.

Соискателем получена формула для среднего числа решений задачи о рюкзаке при $x \in \{0,1,2\}^n$ и компонентах вектора весов из диапазона $[0, b]$ и найдена производящая функция для объема множества допустимых решений при ограничении весовых коэффициентов значением p .

3. Волков М. С. А., Гордеев Э. Н. Применение неинъективных векторов в ранцевых криптосистемах // Безопасность информационных технологий, 2025. Т. 32. №. 1. С. 122-131. (ВАК). 1,16/0,96 п.л.

Соискателем установлены необходимые и достаточные условия сюръективности линейных форм и разработан эффективный алгоритм поиска всех решений с оценкой сложности. Получены комбинаторные оценки числа сюръективных форм, предложены методы повышения однозначности преобразования за счёт контрольных сумм и исключения младших коэффициентов.

4. Волков М. С. А. Анализ и реализация криптосистемы на основе неинъективных ранцев // Безопасность информационных технологий, 2025, Т. 32, №. 2. С. 100-111. (ВАК). 1,34 п.л.
5. Леонтьев В. К., Гордеев Э. Н., Волков М. С. А. Классическая непрерывность и ее дискретный вариант. Прикладная физика и математика. 2022. № 1. С. 31-37. (ВАК). 1,06/0,2 п.л.

Соискателем были проанализированы основные положения классического понятия непрерывности.

6. Волков М. С. А., Гордеев Э. Н. О непрерывности линейных форм // Безопасные информационные технологии: Материалы XII Международной научно-технической конференции, посвященной 25-летию кафедры ИУ8, Москва, 02 ноября 2023 года. Москва: Издательство МГТУ им. Баумана, 2024. С. 16-20. 0,33/0,25 п.л.

Соискателем получены критерии непрерывности линейных форм при $x \in \{0, 1, \dots, p\}$ и комбинаторные оценки числа таких форм. Установлены связи между коэффициентами формы и числом разрывов в её области значений, а также разработан конструктивный алгоритм построения форм с заданной структурой разрывов.

7. Волков М. С. А., Гордеев Э. Н., Леонтьев В. К. О свойствах решений обобщенной задачи о рюкзаке // Безопасные информационные технологии: Материалы XII Международной научно-технической конференции, посвященной 25-летию кафедры ИУ8, Москва, 02 ноября 2023 года. Москва: Издательство МГТУ им. Баумана, 2024. С. 10-15. 0,37/0,26 п.л.

Соискателем получена формула для среднего значения целевой функции на множестве решений задачи о рюкзаке, выражаемая через мощность подзадач меньшей размерности. Для случая переменных $x \in \{0, 1, 2\}$ найдена формула для выражения среднего числа решений при ограниченных коэффициентах.

8. Волков М. С. А., Гордеев Э. Н. Исследование и применение сюръективных рюкзаков в криптографии // Безопасные информационные технологии: Материалы XIII Международной научно-технической конференции, Москва, 01 ноября 2024 года. Москва: Издательство МГТУ им. Баумана, 2024. С. 54-56. 0,17/0,13 п.л.

Соискателем получены условия сюръективности линейных форм, оценено количество таких форм, и показано, что они обладают высокой плотностью.

9. Volkov, M. S. A. Application of the Method of Coefficients for the Analysis of Combinatorial Properties of the Knapsack Problem / M. S. A. Volkov // Science, Engineering and Business: Collection of materials V Interacademic Conference for Graduate Students and Young Researchers, Moscow, 18-19 апреля 2023 года. Moscow: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2023. P. 303-308. 0,45 п.л.

Полнота изложения:

Публикации полностью отражают основные положения диссертации: теоретическую базу, алгоритмические решения и результаты экспериментальной проверки.

По результатам рассмотрения диссертации «Исследование комбинаторных свойств и оценка вычислительной сложности задач рюкзачного типа» принято следующее заключение:

Диссертация является самостоятельной, завершенной научно-квалификационной работой, посвященной исследованию комбинаторных свойств и оценке вычислительной сложности задач рюкзачного типа. Содержание диссертации соответствует п.п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней.

Тема и содержание диссертации полностью соответствуют выбранной специальности 1.2.3. «Теоретическая информатика, кибернетика»

(физико-математические науки), в частности по следующим пунктам:

п. 3 «Теория сложности алгоритмов и вычислений» — выполнен систематический анализ вычислительной сложности некоторых классов экземпляров NP-полной задачи о рюкзаке; установлены зависимости сложности решения от комбинаторных параметров задачи и разработаны алгоритмы решения с обоснованными оценками вычислительной сложности;

п. 8 «Математическое программирование» — получены аналитические формулы для среднего числа допустимых решений по всем задачам заданной размерности при ограниченных значениях коэффициентов весов и среднего значения функционала задачи о рюкзаке, что позволяет проводить анализ комбинаторных свойств и структуры множества решений дискретных экстремальных задач;

п. 25 «Методы высоконадежной обработки информации и обеспечения помехоустойчивости информационных коммуникаций для целей передачи, хранения и защиты информации» — показано, что предложенные методы позволяют создавать структуры и алгоритмы, основанные на труднорешаемых экземплярах задач о рюкзаке, которые могут использоваться для обеспечения защиты и устойчивости данных при передаче и обработке.

Диссертационная работа на тему: «Исследование комбинаторных свойств и оценка вычислительной сложности задач рюкзачного типа» Волков Марии Сабинны Александровны рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.3. «Теоретическая информатика, кибернетика».

Заключение принято на заседании кафедры «Информационная безопасность» МГТУ им. Н.Э. Баумана

Присутствовало на заседании 22 человека

Результаты голосования:

«за» — 22 чел.

«против» — 0 чел.

«воздержалось» — 0 чел.

протокол

от 07.10.2025 № 04.20-04.05/2

Заведующий кафедрой
д. ф.-м. н., доцент



Басараб М. А.