



ИНСТИТУТ ТРАНСПОРТА И СВЯЗИ

МАРИНА РЕБЕЗОВА

**ЛОГИСТИКА И ОПТИМИЗАЦИЯ
ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ АВИАЦИОННЫХ УСЛУГ
НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ**

АВТОРЕФЕРАТ ДИССЕРТАЦИОННОЙ РАБОТЫ
На соискание степени доктора инженерных наук

Научная область „Транспорт и сообщение”
Научная подобласть „Телематика и логистика”

Научный руководитель
Dr. habil. sc. ing., профессор
А.М.Андронов

РИГА - 2017

УДК 656.7.072

Р 312

Институт транспорта и связи

Ребезова М.

Логистика и оптимизация дополнительных авиационных услуг на воздушном транспорте: Автореферат промоционной работы. Рига: Институт транспорта и связи, 2017.

В представленном материале сохранен авторский стиль и оформление.

ISBN 978-9984-818-71-9

© М. Ребезова, 2017

© Институт транспорта и связи, 2017

**ДИССЕРТАЦИОННАЯ РАБОТА ПРЕДСТАВЛЕНА В ИНСТИТУТ
ТРАНСПОРТА И СВЯЗИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ –
ДОКТОР ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК (Dr.sc.ing.)**

ОФИЦИАЛЬНЫЕ РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Dr.sc.ing. Ирина Яцкив
Профессор, Институт транспорта и связи
Рига, Латвия

Dr.habil.sc.ing. Владимир Шестаков
Профессор, Рижский технический университет
Рига, Латвия

Dr.habil.sc.ing. Рамунас Палшайтис
Профессор, Вильнюсский технический университет Гедимина
Вильнюс, Литва

Защита диссертационной работы состоится 05.07.2017 в 14.00 в промоционном совете Института транспорта и связи по адресу: Латвия, г. Рига, ул. Ломоносова 1, ауд. 130, тел. +371 67100594, fax: +371 67100535.

ПОДТВЕРЖДЕНИЕ

Я подтверждаю, что выполнила данную диссертационную работу, которая представлена на рассмотрение в Институт транспорта и связи на соискание ученой степени доктора инженерных наук (Dr.sc.ing.). Данная диссертационная работа ранее не представлялась на рассмотрение в другие промоционные советы.

_____, 2017

М. Ребезова

Данная диссертационная работа написана на английском языке, состоит из введения, 5 глав и заключения, 22 рисунков, 42 таблиц, 3 приложений, в целом – 148 страниц. Список используемой литературы включает в себя 105 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ

АННОТАЦИЯ.....	5
СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ.....	6
1. АКТУАЛЬНОСТЬ И МОТИВАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	7
2. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	9
3. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	9
4. СТЕПЕНЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМЫ.....	10
5. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	14
6. НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ.....	14
7. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ.....	15
8. АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ.....	16
9. СТРУКТУРА ДИССЕРТАЦИИ.....	16
10. ТЕЗИСЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ.....	17
11. ОБЗОР ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	18
11.1 Анализ состояния, тенденций и проблем развития услуг мирового пассажирского воздушного транспорта.....	18
11.2 Разработка модели формирования и распределения инвестиций на проекты дополнительных неавиационных услуг на предприятии воздушного транспорта.....	22
11.3 Разработка модели сетевого планирования процесса обработки документов при продаже услуг на предприятии воздушного транспорта.....	26
11.4 Разработка модели взаиморасчетов по обязательствам участников при продаже услуг на воздушном транспорте.....	30
11.5 Мониторинг тревел-агентств на базе многофакторного прогноза показателей их деятельности.....	32
12 ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	36
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА.....	38

АННОТАЦИЯ

Диссертационная работа Марины Ильиничны Ребезовой «Логистика и оптимизация дополнительных авиационных услуг на воздушном транспорте». Научный руководитель Dr. habil. sc. ing., профессор Александр Михайлович Андронов.

Основной целью исследования является разработка методологии формирования комплекса дополнительных неавиационных услуг предприятий пассажирского воздушного транспорта (авиаперевозчиков), документальное оформление которых осуществляется на стандартных перевозочных документах (СПД) систем взаиморасчетов на воздушном транспорте (СВР), и оптимизации логистики обработки результатов продажи таких услуг.

В работе проанализирован опыт продаж и организации взаиморасчетов по дополнительным неавиационным услугам в одной из мировых СВР, официально именуемой в IATA (International Air Transport Association) «Система Взаиморасчетов на Воздушном Транспорте – Транспортная Клиринговая Палата» (СВВТ-ТКП), проведены статистические и оптимизационные исследования, обобщены полученные результаты, предложены математические модели по выбору и формированию всего комплекса дополнительных неавиационных услуг, разработаны научно-методические основы организации продажи дополнительных неавиационных услуг, логистики и технологии взаиморасчетов по ним, даны рекомендации по их практическому внедрению на предприятиях ВТ.

Материалы диссертационных исследований отражены в стандартах СВВТ-ТКП, в Технологии взаиморасчетов СВВТ-ТКП и в учебных пособиях для ВУЗов гражданской авиации.

Полученные результаты носят универсальный характер и могут применяться перевозчиками на других видах транспорта.

Основные результаты исследования представлены на 5-ти международных научно-практических конференциях и отражены в 18 научных публикациях.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

АА	Аккредитованное агентство
АСБ	Автоматизированная система бронирования
ВТ	Воздушный транспорт
ГА	Гражданская авиация
ГРС	Глобальная распределительная система
ИПП	Интернет-пункт продажи
ИС ТКП	Информационная система Транспортной Клиринговой Палаты
ИТ	Информационные технологии
КСР	Конференция системы взаиморасчетов
НСАВ	Наблюдательный совет авиапредприятий по взаиморасчетам
СВВТ-ТКП	Система взаиморасчетов на воздушном транспорте- Транспортная Клиринговая Палата
СВР	Система взаиморасчетов на воздушном транспорте
СПД	Стандартный перевозочный документ
СПЖД	Система продажи железнодорожных перевозок
СИБ	Система интерактивного взаимодействия
СИО	Система интерактивной отчетности
ТКП	Транспортная Клиринговая Палата
ЦЭБ	Центр электронного билетооформления
ЕТ	(Electronic Ticket) Электронный билет
EMD	(Electronic Miscellaneous Document) Электронный многоцелевой документ
МСО	(Miscellaneous Charges Order) Ордер разных сборов

1. АКТУАЛЬНОСТЬ И МОТИВАЦИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

В настоящее время на пассажирском воздушном транспорте (ВТ) широко используются многоуровневые каналы распределения услуг по различным логистическим схемам, одна из которых - «авиакомпания - консолидатор - агент». Наиболее эффективными консолидаторами в последние десятилетия являются мировые системы взаиморасчетов (СВР), отличающиеся следующими особенностями:

- использование собственных СПД (нейтральных по отношению к перевозчикам), которые введены соответствующими резолюциями IATA (International Air Transport Association), на которых оформляются проданные услуги и которые признаются всеми участниками соответствующей СВР;
- бронирование и продажа услуг в нейтральной среде СВР только через глобальные распределительные системы (ГРС), аккредитованные в СВР, не представляющей конкурентных преимуществ по продаже услуг ни одному из участников СВР;
- использование единых в рамках каждой из СВР информационных технологий взаиморасчетов по проданным услугам между участниками СВР.

СВР обеспечивают для авиакомпаний-участников существенную экономию затрат на создание их собственной представительской и агентской среды.

В настоящее время в мире функционирует три СВР:

- американская система ASP (Area Settlement Plan), действующая под управлением корпорации ARC (Airlines Report Corporation);
- европейская BSP (Bank Settlement Plan), действующая под управлением ассоциации IATA;
- российская СВВТ-ТКП, действующая под управлением ТКП

Каждая из этих СВР эмитирует собственные СПД, основными из которых являются:

- электронные билеты (ЕТ), предназначенные для оформления основной услуги – перевозки пассажиров;
- электронные многоцелевые документы (EMD), предназначенные для оформления дополнительных услуг.

В мире по каналам СВР продается и оформляется на СПД до 60% услуг пассажирского ВТ на сумму более \$600 млрд.

Мировой пассажирский ВТ продолжает устойчиво развиваться со среднегодовым приростом перевозок до 5%. Однако, финансовое положение традиционных авиакомпаний очень тяжелое. Из докладов генерального директора IATA на общих

годовых собраниях следует, что традиционные авиакомпании накопили к настоящему времени долгов на сумму более \$ 200 млрд., причем около \$50 млрд. за последнее десятилетие (до 2012 г.).

Вместе с тем, авиакомпании-дискаунтеры (Low Cost) не «подпадающие» под статистику IATA, в отличие от традиционных авиакомпаний показывают все возрастающие не только объемы (в настоящее время до 25% от общего объема перевозок пассажиров), но и прибыльность своей деятельности. Такой результат достигается за счет использования новых бизнес-моделей, характеризующихся в основном:

- «тотальной» минимизацией расходов по всем видам внутрихозяйственной деятельности и авиационного обслуживания;
- использованием только прямых каналов распределения услуг через web-сайты;
- максимальным дроблением основной услуги – авиаперевозки путем выделения из нее отдельно тарифицируемых дополнительных авиационных услуг;
- качественным расширением состава дополнительных неавиационных услуг.

Традиционные авиакомпании не могут полностью пойти по «пути дискаунтеров», так как имеют свой контингент пассажиров со своими потребностями и привычками. Однако некоторые возможности новых бизнес-моделей обслуживания пассажиров стали внедряться также и в практику традиционных авиакомпаний. К таким возможностям относятся:

- выделение из пассажирской авиаперевозки ряда услуг, стоимость которых ранее входила в базовый тариф, и их предложение пассажирам в виде дополнительных отдельно тарифицируемых услуг;
- расширение спектра дополнительных неавиационных услуг, в том числе перевозок смежными видами наземного транспорта, услуг отелей, аренды автомобилей и др.

Начиная с 2009 г. авиакомпании стали дистрибутировать контент своих дополнительных услуг через собственные web-сайты. Дополнительные авиационные услуги образовали новый рынок, давший авиакомпаниям только в 2014 г. свыше \$50 млрд. дополнительных доходов.

Таким образом, расширение спектра дополнительных авиационных и неавиационных услуг, формируемых и реализуемых как самими авиакомпаниями по своим прямым каналам с оформлением продаж на собственной перевозочной документации, так и через каналы СВР с оформлением продаж на СПД, является в

настоящее время одним из основных направлений повышения доходности традиционных авиакомпаний, а также развивает бизнес СВР и аккредитованных в них агентов.

Актуальность проблемы подчеркивает и Резолюция 787 IATA от 2012 г. по проекту NDC (New Distribution Capability), суть которой заключается в разработке нового стандарта обмена сообщениями и продуктов технологической поддержки бронирования и продажи дополнительных услуг на пассажирском ВТ.

2. ОБЪЕКТ И ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являются пред- и послепродажные процессы в бэк-офисах авиакомпаний и СВР по формированию дополнительных услуг и логистике их продвижения на рынке, разработке технологий и сетевых графиков обработки документации по реализации этих услуг совместно с авиаперевозками, взаиморасчетам, мониторингу и оценке уровня опасности риска неплатежеспособности тревел агентств.

Предмет исследования – модели и методы оптимизации пред- и послепродажных процессов в бэк-офисах авиакомпаний и СВР по всей цепочке: «формирование оптимальных наборов предлагаемых для продажи дополнительных услуг → обработка результатов продаж дополнительных услуг → взаиморасчеты за проданные дополнительные услуги → мониторинг деятельности тревел агентств».

3. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Цель диссертационного исследования состоит в разработке методологии оптимизации и формирования комплекса дополнительных неавиационных услуг, реализуемых совместно с авиационными услугами, их логистики и обработки постпродажных результатов.

Для реализации поставленной цели необходимо было решить следующие задачи предмета исследований:

1. Провести анализ статистики формирования и продаж дополнительных услуг на мировом рынке услуг путешествий и туризма.
2. Выявить проблемные вопросы формирования дополнительных неавиационных услуг в комплексе с авиационными услугами и оптимизации их состава, процессов и технологий взаиморасчетов.
3. Разработать методические основы логистики и технологии взаиморасчетов на воздушном транспорте применительно к авиакомпаниям и агентам, реализующим услуги в нейтральной среде СВВТ-ТКП.

4. Разработать оптимизационную стохастическую модель выбора проектов по формированию дополнительных неавиационных услуг в сочетании с авиационными услугами на предприятии ВТ (авиакомпания, СВР), учитывающую ограничения на суммарные затраты на планируемый период и синергию уменьшения затрат на совместно реализуемые основные и дополнительные услуги.
5. Построить математическую модель решения задачи погашения взаимных обязательств при взаиморасчётах за совмещенную продажу авиационных услуг и неавиационных дополнительных услуг на предприятии ВТ.
6. Построить модель задачи распределения времени выполнения всех работ сетевого графика процесса взаиморасчетов при совмещенной продаже авиационных услуг и неавиационных дополнительных услуг.
7. Разработать статистическую модель априорной оценки уровня опасности риска банкротства агентства, учитывающую для конкретного агентства как внешние, так и внутренние факторы.
8. Разработать компьютерные программы и провести численные эксперименты с применением построенных математических моделей на основе реальных данных применительно к СВВТ-ТКП.

Таким образом, **концептуальный подход** исследования заключается в следующем. Основываясь на статистическом анализе продаж дополнительных неавиационных услуг, тенденциях, проблемах и перспективах их развития, разработать соответствующие математические модели, проанализировать и применить их для решения рассматриваемых задач на предприятии воздушного транспорта на примере продаж дополнительных услуг в нейтральной среде СВВТ-ТКП.

4. СТЕПЕНЬ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМЫ

Сложность решения задач исследований по поставленной проблеме заключалась в следующих ракурсах:

1. Отсутствие опыта организации, статистики и экономики продажи дополнительных неавиационных услуг в нейтральных средах ведущих мировых СВР – BSP IATA и ASP ARC.
2. Закрытость материалов теоретических исследований ведущих СВР – ARC и BSP IATA, связанная с коммерческой тайной.
3. Необходимость обобщения первоначального опыта продаж и взаиморасчетов по неавиационным дополнительным услугам в СВВТ-ТКП, выбор

соответствующих моделей теории исследования операций и их приложение для решения поставленных оптимизационных задач.

Таким образом, в СВВТ-ТКП, в том числе с участием диссертанта, вначале решались задачи разработки методических основ организации, логистики и технологии взаиморасчетов при продаже дополнительных неавиационных услуг, затем – статистических и оптимизационных исследований и, далее, – обобщения полученных результатов на возможное применение в других СВР и в авиакомпаниях.

Заметим, что основы организации СВВТ-ТКП, первоначально базировавшиеся на решениях ASP ARC, были заложены ещё в 1990 г. в Центральном научно-исследовательском институте автоматизированных систем управления гражданской авиации (Рига) коллективом ученых во главе с А.Б. Фрайманом. История становления, виды обеспечения и современное состояние СВВТ-ТКП детально описаны в учебном пособии TSI «Основы СВВТ» под редакцией Э. Махарева и учебном пособии для студентов ВУЗОВ Российской Федерации «Введение в СВВТ» под общей редакцией Э. Махарева и С.В. Ильичева, ряд разделов которых включают материалы диссертанта. Ряд методических вопросов исследованы в научных публикациях Е.Г. Дрозда, В.В. Клубова.

Нормативное обеспечение деятельности СВВТ-ТКП базируется на группе из примерно сотни стандартов, применяемых при бронировании и взаиморасчетах всеми участниками этой системы, в том числе латвийской авиакомпанией Air Baltic и авиакомпаниями других стран Евросоюза, а также рядом аккредитованных агентов этих стран. Идея организации продажи дополнительных неавиационных услуг в СВВТ-ТКП базировалась на нормативных актах и технологиях соответствующих резолюций IATA по вводу в действие и обработке нейтрального ордера разных сборов (МСО) в 2006 г., электронного ордера разных сборов (EMCO) в 2008 г., и самое основное – нейтрального EMD.

Несмотря на принятие резолюций IATA, в том числе по такому важному СПД, как EMD, этот инструментарий все еще не использован в BSP IATA и ASP ARC для продажи дополнительных неавиационных услуг в своих нейтральных средах. Методы и технологии реализации дополнительных неавиационных услуг носят корпоративный (не нейтральный) характер, а теоретические обоснования решений оптимизационных задач в этой сфере носят конфиденциальный характер и в открытой печати практически отсутствуют. Первые оформленные на EMD ARC и EMD BSP дополнительные авиационные услуги относятся к концу 2011 г. Таким образом, СВВТ-ТКП стала первой СВР в мире, реализовавшей возможность оформления на EMD дополнительных неавиационных услуг уже в конце 2008 г.

В целом ясно, что методические основы организации продажи дополнительных неавиационных услуг и взаиморасчетов по ним в нейтральных средах СВР должны базироваться на уже существующих методах организации и технологиях продажи и взаиморасчетов по основным и дополнительным авиационным услугам, что диктуется как технологическими, так и экономическими соображениями. Принципы и технологии такой организации продажи и взаиморасчетов детально проработаны и отражены в соответствующих резолюциях IATA, а также в документах Конференций IATA по пассажирским перевозкам, ET, EMD, электронному оформлению пассажирских авиаперевозок и дополнительных авиационных услуг. Заслуга в разработке этих документов целиком принадлежит специалистам IATA, специалистам по коммерции ведущих мировых авиакомпаний, а также специалистам поставщиков услуг ГРС Amadeus, Galileo и Sabre. Особо отметим координирующую роль по разработке данной проблемы руководителей департаментов и специалистов IATA: Brian Pearce, Eric Leopold, Sebastien Touraine, David McEwen, Jane Watkins, Thibant Ruy, Daniel XU, Enrique Wallace.

Исходя из изложенного, вопросы организации, как деятельности по созданию, объединению, поддержанию и контролю процессов внедрения, реализации, а также перспектив развития продажи дополнительных услуг в СВВТ-ТКП, в свое время вышли на передний план и, соответственно, требовали детального изучения. Методическая проработка вопросов организации продажи услуг пассажирского ВТ и международные ИТ IATA, стандарты СВВТ-ТКП, разработанные на основе стандартов и ИТ IATA, явились исходной методической базой для организации продажи и взаиморасчетов по дополнительным услугам в СВВТ-ТКП. С 2007 г. нормативная база СВВТ-ТКП по реализации дополнительных неавиационных услуг пополнилась десятком стандартов и ИТ, разработка которых велась специалистами ТКП (в том числе с участием диссертанта) под руководством А.А. Русс, Т.И. Тращенко, Т.Е. Кондрахиной и специалистами ЗАО «Информационные технологии гражданской авиации» под руководством С.В. Горина и В.П. Могилына.

Почти пятилетний опыт продажи и взаиморасчетов за проданные дополнительные услуги был обобщен и методически и статистически, в результате чего были сформулированы задачи оптимизации процессов, применения соответствующих математических методов исследования операций для их решения и разработки компьютерных программ для численного анализа результатов. При формулировании оптимизационных задач и их математической постановке диссертант базировалась на фундаментальных трудах по теории исследования операций и графов М.С. Красса и Б.П.

Чупрынова, Б.П. Муртафы (B.P. Murtagh), Н. Кристофидеса (N. Christofides), М. Свами (M.N.S Swamy), К. Тхуласирамана (K. Thulasiraman), М.Е. Портера (M.E. Porter), П.К. Жилморе (P.C. Gilmore) и Р.И. Гомори (R.E. Gomory) Т.К. Ху (T.C. Hu); Р.А. Брэдли (R.A. Braudly); М.О. Ванхоуки (M.O. Vanhoucke); С. Мукхерье (S. Mukherjee) и К. Базу (K. Basu); Р.Н Вадзинскова; Оре (O. Ore), С. Котца (S. Kotz), С. Надараджа (S. Nadarajah). В работе также использовались приложения фундаментальных трудов к близким по постановкам в данной работе задачам по управлению доходами и сетевому планированию на воздушном транспорте, и по клиринговым операциям в целом в работах: А. Андропова (A. Andronovs); Р. Кросса (R. Kross); Р. Шумского (R. Shumsky), В.Е. Симона (W. E. Simon) и С. Нетессайни (S. Netessine); Э.И. Махарева (E.I. Maharev), Р.Т. Суринова, Л. И. Замковой, Н. Н. Калиткина, Д. С. Бурьяна, С. А. Веремеенко, М. А. Лунева, С. И. Зуховицкого.

В ходе проведения исследований была выявлена необходимость модификации некоторых классических задач. Так классическая задача о рюкзаке, примененная к выбору проектов развития услуг на планируемый период в условиях ограниченных инвестиций, во-первых, была сформулирована с учетом синергетического эффекта от совместно реализуемых проектов, и, во-вторых, была сформулирована в стохастической постановке. Последнее выявило неоднозначность оптимальных решений, зависящих от поставленных критериев: максимизация среднего дохода и минимизация вероятности разорения.

Сложнейшую задачу оптимизации взаиморасчетов между большим количеством участников удалось свести к более простой задаче погашения взаиморасчетов на графе и ее решению стандартными пакетами линейного программирования.

Разработанная модель решения задачи нахождения распределения времени выполнения всех работ сетевого графика процесса взаиморасчетов при совмещенной продаже авиационных услуг и неавиационных дополнительных услуг в нейтральной среде СВР отличается от известных моделей использованием полиномиальной аппроксимации, что позволило единообразным способом описывать различные варианты распределения времени выполнения как отдельных работ, так и их комбинаций.

Впервые предложен инструментарий оценки финансовых рисков авиакомпаний и СВР от деятельности аккредитованных в них тревел-агентов на основе многофакторного прогноза соответствующих показателей.

5. МЕТОДОЛОГИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В диссертации для постановки и решения задач использованы преимущественно методы математической статистики и исследования операций. В частности, в проведенных исследованиях применяются следующие математические модели:

- обработки статистических данных;
- графов;
- сетевого планирования и управления;
- многофакторного анализа.

Для решения поставленных задач использованы методы:

- теории графов,
- регрессионного анализа,
- линейного программирования;
- целочисленного программирования.

В работе использовалась научная, методическая и учебная литература в отмеченных областях, в том числе сборники научных трудов и трудов международных конференций Института транспорта и связи. Широко использовались международные стандарты ИТ СВР, стандарты ИТ СВВТ-ТКП, материалы годовых общих собраний IATA и материалы публичных дебатов по острым проблемам развития мирового пассажирского ВТ в средствах массовой информации.

Информационную базу исследования составили нормативные документы, информационно-аналитические материалы и стандарты IATA, СВВТ-ТКП, провайдеров услуг ГРС и продажи пассажирских авиаперевозок.

Для проверки адекватности постановок задач и методов их решения проведены численные эксперименты с использованием разработанных диссертантом компьютерных программ, написанных на языке Mathcad. Для расчетов также применялись стандартные пакеты линейного программирования.

6. НАУЧНАЯ НОВИЗНА РАБОТЫ

Разработаны научно-методические основы организации продажи дополнительных неавиационных услуг и взаиморасчетов по ним, научная новизна которых заключается в следующем:

1. Проведен комплексный анализ процессов организации продажи дополнительных неавиационных услуг и взаиморасчетов по ним в нейтральной среде СВВТ-ТКП, результаты которых могут быть полезны для развития других СВР, а также для авиакомпаний.

2. Разработана и реализована в стандартах СВВТ-ТКП технология документооборота при взаиморасчетах за проданные дополнительные неавиационные услуги, интегрированная в общую технологию взаиморасчетов.
3. Разработана новая (ранее неизвестная) модель задачи исследования операций «о рюкзаке», учитывающая синергетический эффект от складываемых в него предметов. Разработаны алгоритм и программное обеспечение для решения данной задачи, как задачи целочисленного программирования, применительно к формированию авиационных и дополнительных неавиационных услуг на предприятиях воздушного транспорта (применительно к СВВТ-ТКП), в детерминированной и стохастической постановке.
4. Разработана новый метод расчёта распределения времени выполнения комплекса работ сетевого графика. Применяемая полиномиальная аппроксимация функций распределения времени выполнения как отдельных работ, так и их комбинаций, позволяет единообразным способом описывать различные распределения.
5. Разработана математическая модель взаиморасчетов, позволяющая минимизировать число банковских транзакций при погашении взаимных обязательств участниками СВР.
6. Разработана модель задачи мониторинга тревел-агентств на базе многофакторного прогноза показателей их деятельности для оценки уровня опасности риска неплатежеспособности агентств.

7. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЦЕННОСТЬ И РЕАЛИЗАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ

Практическую ценность диссертационных исследований составляют следующие разработанные инструменты:

- технологические схемы документооборота в СВВТ-ТКП при взаиморасчетах за проданные дополнительные неавиационные услуги: пассажирские железнодорожные перевозки в магистральном сообщении поездами «РЖД» (в том числе и в направлениях Рига-Москва и Рига-Санкт-Петербург), перевозки в аэропортовом сообщении поездами «Аэроэкспресс», гостиничные услуги, услуги страхования;
- компьютерные программы, позволяющие оптимизировать состав основных и дополнительных авиационных услуг на предприятии пассажирского

воздушного транспорта в сочетании с дополнительными неавиационными услугами, снизить финансовые риски, минимизировать период выполнения процесса взаиморасчетов и количество банковских транзакций при погашении взаимных обязательств участников;

- материалы диссертационных исследований, включенные в разделы учебных пособий российских ВУЗов и TSI.

Методические разработки и практические рекомендации по диссертационным исследованиям внедрены в 6 стандартах СВВТ-ТКП, используемых всеми её участниками, включая авиакомпании и агентства стран Балтии и других стран Евросоюза.

8. АПРОБАЦИЯ РАБОТЫ

Основные результаты диссертационных исследований докладывались на 5 научных и научно-практических конференциях, семинарах в Латвии, Италии, Австрии и России:

1. The 12-h International Conference "Reliability and Statistic in Transportation and Communication – 2012". Riga, Latvia: Transport and Telecommunication Institute, October 17-20, 2012.
2. Seventh International Workshop on Simulation, Rimini, Italy: 21 – 25 May, 2013.
3. Конференция «Транспортные услуги – 2013. Москва, Россия: Ассоциация агентств воздушного транспорта, 3 – 4 июля 2013.
4. The 13-h International Conference "Reliability and Statistic in Transportation and Communication – 2013". Riga, Latvia: Transport and Telecommunication Institute, October 16-19, 2013.
5. The International Conference «Eighth International Workshop on Simulation». Institute of Applied Statistics and Computing. University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna, Austria, September 21-25, 2015.

9. СТРУКТУРА ДИССЕРТАЦИИ

Диссертация состоит из введения, 5-ти глав и заключения. Она включает в себя 148 страниц, 22 иллюстрации, 42 таблицы в основном тексте работы, 3 приложения и 105 названий публикаций в библиографии.

Во *введении* представлена актуальность и мотивация исследования, определены объект и предмет исследования, сформулированы цель и задачи исследования, представлена научная новизна и практическая ценность исследования.

Первая глава работы содержит анализ современного состояния и услуг мирового пассажирского ВТ, тенденций и проблем развития продаж пассажирских авиационных перевозок и дополнительных услуг. Рассмотрены каналы дистрибуции этих услуг, дана краткая характеристика мировых СВР. Особое внимание уделено исследованию функций бэк-офисных систем СВР и авиакомпаний.

Вторая глава посвящена разработке оптимизационной стохастической модели и метода выбора проектов по формированию дополнительных неавиационных услуг в сочетании с авиационными услугами на предприятии воздушного транспорта. Модель, в отличие от известной задачи «о рюкзаке», учитывает ограничения на суммарные затраты на планируемый период и синергию уменьшения затрат на совместно реализуемые основные и дополнительные услуги. Рассмотрены конкретные примеры формирования пакетов предлагаемых для продажи услуг в СВВТ-ТКП и в авиакомпании с использованием предложенной модели.

Третья глава посвящена разработке модели и метода вычисления распределения времени выполнения работ сетевого графика, основанного на полиномиальной аппроксимации функций распределения положительных ограниченных случайных величин. Приведен пример апробации рассмотренной модели применительно к обработке документов при взаиморасчетах за проданные услуги в СВВТ-ТКП.

Четвертая глава посвящена разработке модели и метода взаиморасчетов по обязательствам участников при продаже услуг на примерах СВВТ-ТКП и авиакомпании. Приведена формулировка задачи на языке теории графов и линейного программирования. Дано описание алгоритма решения задачи и разработанного программного обеспечения. Приведен пример апробации рассмотренной модели применительно к СВВТ-ТКП.

Пятая глава посвящена многофакторному прогнозу показателей деятельности тревел-агентств, позволяющему оценить уровень опасности риска неплатежеспособности агентства. Глава содержит описание разработанного метода оценивания параметров модели и уровня опасности риска. Приведен конкретный пример оценки уровня опасности риска неплатежеспособности аккредитованного в СВВТ-ТКП агентства.

Заключение содержит основные результаты работы и направления для дальнейших научных исследований.

10. ТЕЗИСЫ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

На защиту выносятся следующие тезисы:

1. Обобщение и анализ статистических показателей деятельности предприятий мирового ВТ, позволяющие обосновать вывод, что дополнительные неавиационные услуги существенно повышают эффективность деятельности ВТ.
2. Постановка задачи оптимизации бэк-офисных функций обработки дополнительных услуг как комплекса взаимосвязанных задач: формирование услуг, планирование обработки документов и взаиморасчетов, минимизация финансовых рисков.
3. Модель и метод формирования и распределения инвестиций между различными проектами дополнительных неавиационных услуг на предприятиях ВТ, основанные на стохастическом варианте классической задачи о «рюкзаке». Предлагаемая модель обобщает классическую задачу: доходы от предметов, складываемых в рюкзак, являются зависимыми случайными величинами.
4. Модель и метод расчета распределения времени выполнения работ сетевого графика. Метод позволяет рассчитывать распределение времени выполнения всех работ, а не только среднее время, как это принято в существующих методах. Метод применяется для процесса обработки документов по продажам.
5. Новая задача теории графов об оптимальном множестве контуров и метод её решения. Метод применяется при взаиморасчетах по обязательствам участников.
6. Модель многофакторного прогноза показателей деятельности тревел-агентств. Модель и метод применяются в ТКП в целях минимизации финансовых рисков, связанных с неплатежеспособностью агентств.

11. ОБЗОР ОСНОВНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ

11.1. Анализ состояния, тенденций и проблем развития услуг мирового пассажирского воздушного транспорта

Результаты проведенного анализа современного состояния и услуг мирового пассажирского ВТ и их каналов дистрибуции, тенденций и проблем развития продаж пассажирских авиационных перевозок и дополнительных услуг, функций бэк-офисных систем СВР и авиакомпаний показали следующее:

- 1) В настоящее время на пассажирском воздушном транспорте выделяют основные, сопутствующие и дополнительные услуги.

Основными услугами пассажирского ВТ являются пассажирские перевозки.

Сопутствующие услуги пассажирского воздушного транспорта представляют из себя набор транспортных услуг, предоставляемых при перевозке пассажиров. Сопутствующие авиационные услуги не оплачиваются пассажиром и являются обязательными при организации и выполнении его перевозки.

В последние годы основной тенденцией мировой гражданской авиации в сфере повышения доходности является оказание оплачиваемых дополнительных услуг, в связи с чем на пассажирском ВТ уже образовался новый рынок – рынок оплачиваемых дополнительных услуг.

Дополнительные услуги, сборы (оплата) за которые не указываются в авиабилете, разделяются на две группы:

- дополнительные **авиационные** услуги - дополнительные услуги пассажирам, непосредственно связанные с их перевозкой или с собственной деятельностью авиакомпаний;
- дополнительные **неавиационные** услуги - посреднические услуги по перепродаже товаров и услуг других поставщиков.

Дополнительными услугами **первой группы**, являются услуги, ранее входившие в базовый тариф и выделяемые из основной услуги – перевозки.

Дополнительные услуги **второй группы** – это услуги, которые напрямую не связаны с пассажирской авиаперевозкой.

Продажа постоянно расширяющегося спектра дополнительных услуг позволяет авиакомпаниям предоставить больше возможностей для потребителей, а значит, и получить больше дополнительной прибыли.

2) Систематизация каналов дистрибуции услуг пассажирского ВТ и доведения их до клиентов-пассажиров показала, что важнейшими каналами распределения услуг классических авиакомпаний являются мировые системы взаиморасчетов на воздушном транспорте (СВР).

По каналам СВР («аккредитованный агент/ ГРС») продается в мире свыше 50% услуг пассажирского ВТ на сумму более \$700 млрд.

Обзор показателей деятельности СВВТ-ТКП показал, что российская СВР занимает относительно скромное место по показателям деятельности, но удовлетворяет пассажирский ВТ РФ и ряда других стран по предоставляемым услугам, эффективно конкурируя с BSP. Но СВВТ-ТКП имеет опыт продажи дополнительных неавиационных услуг, оформляемых на СПД (EMD), которого нет в других СВР, и который важен для анализа и обобщения. В BSP дополнительные неавиационные услуги не продаются, а в

ARC продаются, но не в нейтральной среде, т.е. не оформляются на EMD, а оформляются на документах поставщика таких услуг.

3) **Главная задача** ближайшей перспективы для предприятия ВТ – продать авиаперевозку в одном пакете с дополнительными услугами, с учетом предпочтений каждого клиента, получаемых из предыстории продаж, и на основе информации из социальных сетей.

Решение такой задачи вызывает необходимость развития существующих и создания новых продуктов е-коммерции и новых технологий дистрибуции, которые бы позволяли «кроить» пакеты услуг ВТ под каждого индивидуального клиента, давать ему возможности сравнивать цены при Интернет-покупках не по отдельным основным и дополнительным услугам, а по сопоставимым пакетам услуг.

В 2012 г. IATA анонсировала Резолюцией № 787 новый проект NDC (New Distribution Capability). NDC – это новая модель распределения основных и дополнительных услуг авиакомпаний. В диссертации рассматривается процесс внедрения проекта NDC и влияние этого проекта на рынок продажи основных и дополнительных услуг воздушного транспорта.

4) Пассажирский коммерческий воздушный транспорт продолжает наращивать объемы перевозок (Табл. 1.);

Таблица 1.

Количество перевезенных пассажиров в мире традиционными авиакомпаниями

Год	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Количество пасс., млрд	1.75	1.85	2.0	2.15	2.35	2.35	2.25	2.4	2.5	2.95	3.10	3.20	3.5

5) Несмотря на существенный рост перевозок пассажиров (свыше 5%), финансовое состояние классических авиакомпаний неудовлетворительно. Прибыль в 2014 г. составила около 2.2%, за истекший период было «накоплено» убытков около \$200 млрд., из которых примерно \$50 млрд. за период с 2000 по 2009 г.г. (Табл. 2).

Таблица 2.

Прибыль (*убытки*) традиционных мировых авиакомпаний

Год	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
* \$ млрд	(14)	(12)	(7.5)	(5.6)	(4.1)	5	14.7	(16)	(10)	16	8.8	6.7	10.6	16.4	35.3

*Показатели в скобках – убытки.

б) На финансовую деятельность авиакомпаний стал ощутимо влиять новый рынок – рынок дополнительных услуг, давший авиакомпаниям свыше \$50 млрд. дополнительных доходов в 2014 г. (Табл. 3).

Таблица 3.

Доходы от продажи дополнительных услуг традиционными авиакомпаниями

Год	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Количество авиакомпаний	23	35	47	47	50	53	59	63	нет данных
Доходы по доп. услугам (\$ млрд.)	2.45	10.25	13.47	21.46	22.6	27.1	31.5	38.1	59,2

7) Финансовое состояние авиакомпаний РФ также неудовлетворительно: они демонстрируют ежегодный рост количества перевезенных пассажиров (за исключением 2009г.), но при этом их деятельность в целом остаётся убыточной (Табл. 4, Табл. 5).

Таблица 4.

Количество перевезенных пассажиров авиакомпаниями РФ (млн. чел.)

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Количество пассажиров, млн.	35.09	38.03	45.11	49.8	45.11	56.95	64.12	74.03	84.56	93.18	92.1

Таблица 5.

Прибыль (убытки) авиакомпаний РФ

Год	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
млрд. руб	(0.3)	5.2	2.8	(12)	(3.3)	9.9	(14.4)	(7.8)	22.36	(10.97)	(33.55)

Показатели в скобках – убытки.

8) Необходимы кардинальные меры для качественного повышения эффективности коммерческой деятельности традиционных авиакомпаний и увеличения их рентабельности, важнейшей из которых является расширение спектра дополнительных услуг.

9) В современных условиях функций бэк-офисных систем предприятий ВТ явно недостаточно для обеспечения максимально эффективной работы. Постоянно расширяющийся спектр предлагаемых для продажи авиационных и неавиационных

дополнительных услуг и, особенно, активное внедрение проекта NDC, увеличивают инвестиционные, временные, трудовые и прочие затраты авиапредприятий, связанные с организацией продажи различных услуг, сбором, обработкой, анализом информации о продажах, формированием отчетности, взаиморасчетами за проданные услуги и проведением мероприятий, направленных на снижение финансовых рисков предприятий ВТ. С увеличением перечня реализуемых услуг неизбежно увеличиваются документооборот предприятия, риски неплатежей агентств и потребность в оборотных денежных средствах. Для организации эффективной работы в современных условиях требуются оптимизационные математические модели, которые в настоящее время не используются в бэк-офисных системах авиапредприятий.

Необходима разработка и внедрение оптимизационных математических моделей, которые в практической деятельности предприятий ВТ позволят:

- формировать комплекс предназначенных для продажи дополнительных авиационных и неавиационных услуг с учетом имеющихся ограничений на инвестиционные возможности предприятия;
- оптимизировать процесс взаиморасчетов;
- сократить документооборот при обработке информации о проданных услугах и проведении взаиморасчетов;
- осуществлять мониторинг и прогнозирование объемов продаж и деятельности агентов в части полноты и своевременности перечисления денежных средств за проданные услуги в целях минимизации финансовых рисков;
- повысить эффективность работы авиапредприятия в целом.

11.2. Разработка модели формирования и распределения инвестиций на проекты дополнительных неавиационных услуг на предприятии воздушного транспорта

Оптимальный набор дополнительных неавиационных услуг, предназначенных для продажи на определенный временной период, позволит авиапредприятию получить дополнительные доходы, обусловленные синергетическим эффектом от совместной реализации таких услуг. Главная задача при этом заключается в нахождении обеспечивающих максимальную эффективность вариантов сочетаний услуг с учетом имеющихся ограничений на инвестиционные возможности.

Постановка этой задачи основана на классической задаче «о рюкзаке». Каждый проект создания или развития дополнительной неавиационной услуги представляется в

виде отдельного, складываемого в рюкзак предмета с определенными затратами и доходами от реализации. При этом также заданы следующие условия:

- количество вариантов проектов по каждой услуге;
- показатель синергетизма, усиливающий доходы от совместно размещенных в рюкзаке предметов;
- суммарные затраты.

Введем следующие обозначения:

k – число проектов, $i = 1, 2, \dots, k$,

n_i – число вариантов развития i -го проекта,

$z_{j,i}$ – затраты на реализацию j -го варианта i -го проекта,

$c_{j,i}$ – доход от реализации j -го варианта i -го проекта,

d_{j,i,j^*i^*} – дополнительный доход, обусловленный одновременной реализацией j -го варианта i -го проекта и j^* -го варианта i^* -го проекта.

Считается известным общий объем денежных средств Z , который может быть распределен между различными проектами. При этом каждый проект развивается только по одному из имеющихся вариантов.

Для математической формулировки задачи введем булевы переменные $x_{i,j}$:

$$x_{i,j} = \begin{cases} 1, & \text{если } i\text{-й проект развивается по } j\text{-му варианту,} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Теперь сформулируем задачу, как задачу целочисленной оптимизации:

Максимизировать общий доход

$$f(x) = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (c_{i,j} - z_{i,j}) x_{i,j} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{i^*=1}^k \sum_{j^*=1}^{n_{i^*}} d_{i,j,i^*,j^*} x_{i,j} x_{i^*,j^*} \quad (1)$$

при ограничениях:

$$\begin{aligned} \sum_{j=1}^{n_i} x_{i,j} &= 1, \quad i = 1, \dots, k, \\ \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} x_{i,j} z_{i,j} &\leq Z. \end{aligned} \quad (2)$$

Описанная задача является обобщением, так называемой, задачи о рюкзаке и задачей целочисленного линейного программирования, которая может быть решена с использованием численных методов.

Первоначально предполагалось ¹, что дополнительный доход d_{i,j,i^*,j^*} , полученный при реализации j -го варианта i -го проекта и j^* -го варианта i^* -го проекта, является постоянной величиной.

Однако практическая реализация модели выбора дополнительных услуг показала, что применительно к авиакомпаниям и СВВТ-ТКП данное предположение является существенным недостатком такой постановки задачи.

Во-первых, величина дополнительного дохода d_{i,j,i^*,j^*} для каждого сочетания j -го варианта i -го проекта и j^* -го варианта i^* -го проекта варьируется в зависимости от количества проданных услуг в заданном временном периоде. Это обусловлено тем, что совместная реализация различных услуг позволяет привлечь дополнительных клиентов, которые хотят приобрести все необходимые им услуги не по отдельности в разных точках продажи, а в одном пакете и в одном месте.

При этом количество таких дополнительных клиентов не является постоянной величиной, а может составлять от 0% до 100 % от общего числа клиентов.

Во-вторых, синергию от совместной реализации услуг дают в большей степени сокращаемые бэк-офисные расходы на информационно-техническую поддержку комплекслируемых проектов (минимизация числа используемых АСБ и ГРС, минимизация расходов на обучение кассиров и обработку взаиморасчетов по минимизированному количеству ИТ в комплекслируемых проектах, и др.), чем доходы.

Учитывая вышеизложенные обстоятельства примем, что не только сами доходы являются нормально распределенными случайными переменными $C_{j,i}$, но и дополнительные доходы также будут являться нормально распределенными случайными переменными D_{j,i,j^*,i^*} . Предположим также, что все случайные величины взаимно независимы.

Тогда, вышерассмотренные значения $c_{j,i}$ и d_{j,i,j^*,i^*} - это их математические ожидания:

$$E(C_{j,i}) = c_{j,i}$$

$$E(D_{j,i,j^*,i^*}) = d_{j,i,j^*,i^*}.$$

¹ Отражено в диссертационной работе соавтора диссертанта Суринова Р.Т., защищенной в Государственном университете управления (Москва) в 2014 году.

Считая дисперсии известными, имеем:

$$\text{Var}(C_{j,i}) = \sigma_{j,i}^2 - \text{дисперсия случайной величины } C_{j,i}.$$

$$\text{Var}(D_{i,j,i^*,j^*}) = \sigma_{i,j,i^*,j^*}^2 - \text{дисперсия случайной величины } D_{i,j,i^*,j^*}.$$

Константы $c_{j,i}$ и d_{j,i,j^*,j^*} в формуле (1) заменяем случайными переменными $C_{j,i}$ и D_{i,j,i^*,j^*} . Следовательно, общий доход (1) является случайной переменной. Далее в качестве целевой функции рассматривается вероятность разорения: это вероятность того, что общий доход R меньше, чем заданное значение (критический уровень) R^* . Более точно целевая функция имеет вид:

$$F(R^*) = P\{R \leq R^*\}, \quad (3)$$

где R определяется по формуле (1) с заменой $c_{j,i}$ на $C_{j,i}$ и d_{j,i,j^*,j^*} на D_{i,j,i^*,j^*} .

Случайная переменная R имеет нормальное распределение со следующими значениями среднего и дисперсии:

$$\begin{aligned} E(R) &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (E(C_{j,i}) - z_{i,j}) x_{i,j} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{i^*=1}^k \sum_{j^*=1}^{n_{i^*}} E(D_{i,j,i^*,j^*}) x_{i,j} x_{i^*,j^*} = \\ &= \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (c_{j,i} - z_{i,j}) x_{i,j} + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{i^*=1}^k \sum_{j^*=1}^{n_{i^*}} d_{i,j,i^*,j^*} x_{i,j} x_{i^*,j^*} \end{aligned} \quad (4)$$

$$D(R) = d_{i,j,i^*,j^*} \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} (x_{i,j})^2 \text{Var}(C_{j,i}) + \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^{n_i} \sum_{i^*=1}^k \sum_{j^*=1}^{n_{i^*}} (x_{i,j} x_{i^*,j^*})^2 \sigma_{i,j,i^*,j^*}^2.$$

Следовательно, функция распределения F имеет следующий вид:

$$F(R^*) = \Phi\left(\frac{R^* - E(R)}{\sqrt{D(R)}}\right), \quad (5)$$

где $\Phi(\cdot)$ – функция распределения для стандартного нормального распределения.

В случае, если общее количество денежных средств Z является переменной величиной, будем обозначать $F(R^*, Z)$.

Далее, применив процедуру перебора всех возможных решений и заменив целевую функцию (1) на (5), находим оптимальное решение, удовлетворяющее ограничениям (2) и минимизирующее вероятность разорения (5).

Описанная процедура проиллюстрирована в диссертационной работе на примерах решения задачи оптимального распределения инвестиций на проекты развития пакетов дополнительных услуг в СВР и в авиакомпании.

На базе изложенного метода разработаны и внедрены в практическую деятельность ТКП «Методические рекомендации по формированию услуг системы взаиморасчетов на воздушном транспорте (СВВТ) и аккредитованных агентств на основе оптимизации распределения заданных инвестиций» (утверждены Президентом ЗАО «Транспортная Клиринговая Палата 11.12.2013), что подтверждается соответствующим актом внедрения результатов диссертационных исследований.

Методические рекомендации используются для формирования оптимального набора дополнительных неавиационных услуг для реализации в СВВТ на определенный временной период. На основании полученных результатов расчетов менеджментом ТКП принимаются решения о целесообразности инвестирования в СВВТ-ТКП проектов создания или развития услуг.

11.3. Разработка модели сетевого планирования процесса обработки документов при продаже услуг на предприятии воздушного транспорта

Процесс обработки документов по проданным услугам в СВР связан с выполнением разнообразных процедур учета, формирования отчетности, сверки, контроля, претензионной работы и др. При этом практически нет специфики в обработке документов по проданным дополнительным неавиационным услугам в сравнении с обработкой документов по авиационным услугам. Документооборот по дополнительным неавиационным услугам лишь еще более усложняет общий документооборот в СВР. Технология работы СВР ограничена временными рамками, поэтому важной задачей является анализ и оценка распределений времен выполнения как отдельных работ, так и всех работ в комплексе.

В данной главе представлен метод вычисления распределения времени выполнения работ сетевого графика. Это унифицированный метод, позволяющий единообразным образом описывать различные распределения времени выполнения как отдельных работ, так и их различных комбинаций: суммы, максимума и минимума. Метод основан на полиномиальной аппроксимации функций распределения положительных, конечных и непрерывных случайных переменных. Унифицированное и простое описание функций

распределения делает удобным использование различных распределений. Необходимость контролировать и обеспечивать точность аппроксимации через выбор интервала (b, c) для рассматриваемых случайных величин и порядок полинома являются недостатками метода. С другой стороны, часто доступны только выборочные данные и этих данных не хватает для оценки распределений соответствующих случайных величин. В этом случае предлагаемый подход является наиболее приемлемым, так как эмпирические моменты являются достаточными для его применения.

Обычно задача нахождения распределения времени выполнения всех работ сетевого графика решается методом имитационного моделирования. Аналитические решения, как правило, основываются на нормальной аппроксимации, при этом предполагается, что длины подкритических путей являются взаимно независимыми случайными величинами. В работе излагается унифицированный подход, позволяющий находить аппроксимирующее распределение без этих предположений.

Работы сетевого графика имеют случайную продолжительность. Обозначим X_i продолжительность i -ой работы. Предполагаем, что она является положительной и ограниченной случайной величиной с известными моментами вплоть до m -го: $P\{X_i < c_i\} = 1, c_i < \infty; \mu_{i,r} = E(X_i^r), r = 1, \dots, m,$

так что $\mu_i = E(X_i) = \mu_{i,1}$ есть средняя длительность выполнения i -й работы. Всюду далее предполагается, что длительности выполнения различных работ являются взаимно независимыми случайными величинами X_1, X_2, \dots, X_k .

Начальный момент времени соответствует началу выполнения первой работы. В зависимости от вида очередной работы, она начинается при двух разных условиях:

- 1) Сразу после того, как будет выполнена последняя работа из множества работ, от которых ведут дуги к данной работе.
- 2) Сразу после выполнения первой из вышеуказанных работ.

Соответствующие вершины графика будем называть \vee -вершинами и \wedge -вершинами. Эти символы не используются, если данной работе предшествует только одна работа. Момент времени окончания всех работ комплекса T^* – это момент окончания заключительной k -й работы.

Задача заключается в том, чтобы вычислить функцию распределения времени выполнения всех работ T^* : $F(x) = P\{T^* \leq x\}$. Это позволит вычислить такие числовые характеристики T^* , как среднее $E(T^*)$ и дисперсию $D(T^*)$, а также верхнюю границу p^*

вероятности того, что весь комплекс работ не будет выполнен до заданного момента времени $t > 0$:

$$P\{T^* > x\} = 1 - F(x) \leq p^* . \quad (6)$$

Такая постановка задачи отличается от известных, как и используемый для её решения подход. А именно, предлагается аппроксимировать функцию распределения как отдельных работ, так и их совокупности, полиномами. Порядок полинома подбирается, исходя из требования обеспечения заданной точности, а коэффициенты – так, чтобы моменты для исходного распределения и аппроксимации совпадали.

Рассматривается аппроксимация распределения времени выполнения отдельных работ. В данном разделе выполняется аппроксимация функции распределения положительной случайной величины X_i , для которой известны моменты $\mu_{i,r} = E(X_i^r)$, $r = 1, \dots, m$: $F_i(x) = P\{X_i \leq x\}$, $x \geq 0$. При этом предполагается, что рассматриваемая случайная величина не превышает известного значения c_i : $P\{X_i > c_i\} = 1 - F_i(c_i) = \bar{F}_i(c_i) = 0$.

Будем использовать простую полиномиальную аппроксимацию q -го порядка:

$$F(x) = z_1 x + z_2 x^2 + \dots + z_q x^q, \quad 0 \leq x \leq c, \quad (7)$$

где $\{z_i\}$ – постоянные коэффициенты, подлежащие определению.

Соответствующую плотность распределения обозначим $f(x)$:

$$f(x) = z_1 + 2z_2 x + \dots + qz_q x^{q-1}, \quad 0 \leq x \leq c \quad (8)$$

Необходимо найти переменные $\{z_i\}$, удовлетворяющие условиям:

$$F(c) = z_1 c + z_2 c^2 + \dots + z_q c^q = 1, \quad (9)$$

$$\int_0^c x^r f(x) dx = \mu_r, \quad r = 1, \dots, m, \quad (10)$$

Подстановка выражения для плотности $f(x)$ в последнюю формулу даёт

$$\mu_r = \int_0^c x^r (z_1 + 2z_2 x + \dots + qz_q x^{q-1}) dx = \sum_{j=1}^q z_j \frac{j}{r+j} c^{r+j}, \quad r = 1, \dots, m. \quad (11)$$

Это приводит к следующей системе линейных алгебраических уравнений относительно неизвестных $z_j \geq 0$, $j = 1, \dots, q$:

$$\sum_{j=1}^q c^j z_j = 1, \tag{12}$$

$$\sum_{j=1}^q \frac{j}{r+j} c^{r+j} z_j = \mu_r, \quad r = 1, \dots, m.$$

Выписанная система показывает, что для аппроксимации необходимо использовать полиномы порядка $m + 1$, т.е. $q = m + 1$.

Решение системы линейных алгебраических уравнений (12) относительно неизвестных $\{z_j\}$ труда не вызывает, поскольку фигурирующая здесь матрица ограничений является невырожденной и хорошо обусловленной.

Далее выполняется аппроксимация функции распределения для суммы двух взаимно независимых положительных случайных величин X_1 и X_2 , для минимума и для максимума.

Таким образом, разработаны стандартные единообразные процедуры для итеративного вычисления интересующих нас распределений и их моментов.

В целом, процедура аппроксимации длительности выполнения работ сетевого графика следующая:

Как уже говорилось ранее, работы сетевого графика пронумерованы так, что дуги ведут от работ с меньшим номером к работам с большим номером. Поэтому распределения времени выполнения работ можно аппроксимировать последовательно, начиная с первой работы, которая начинается в нулевой момент времени. Далее вычисляются аппроксимирующие распределения для времени начала и окончания последующих работ. Если для очередной работы предшествующая работа является единственной, то время её начала совпадает со временем окончания этой предшествующей работы. В этом случае имеет место суммирование двух независимых случайных величин и аппроксимирующее распределение времени окончания работы определяется через моменты суммы. Если предшествующих работ несколько, то имеет место схема максимума или минимума. В этом случае вначале находится соответствующее аппроксимирующее распределение для времени начала следующей работы. Потом вычисляются моменты полученного распределения. Они используются для получения моментов времени окончания следующей работы по схеме суммирования с моментами продолжительности выполнения следующей работы.

Последним вычисляется аппроксимирующее распределение для последней работы, которое и является искомым распределением времени выполнения всех работ сетевого графика.

В диссертационной работе приведен пример апробации рассмотренной модели применительно к СВВТ-ТКП.

Метод предложен для минимизации времени выполнения процесса обработки документов (и в целом процесса взаиморасчетов) по реализуемому комплексу основных и дополнительных услуг ВТ в сочетании с неавиационными дополнительными услугами в СВВТ-ТКП. На основании полученных результатов расчетов принимаются решения по оптимизации работы подразделений ТКП в целях обеспечения установленных нормативно-технологическим документами СВВТ сроков предоставления отчетности и перечисления выручки участникам системы.

11.4. Разработка модели взаиморасчетов по обязательствам участников при продаже услуг на воздушном транспорте

Взаимные обязательства возникают между субъектами в различных областях практической деятельности. Для уменьшения реальных денежных перечислений могут быть сделаны взаимные погашения обязательств. Предлагаемый метод решения такой задачи характеризуется небольшой вычислительной трудоёмкостью и высокой экономической эффективностью.

Задача заключается в нахождении соответствующей цепочки задействованных в процессе взаиморасчётов субъектов. Она сформулирована на языке теории графов. Для её решения используются как теория графов, так и теория линейного программирования.

Математически задача может быть сформулирована на языке теории графов следующим образом. Рассматривается ориентированный конечный граф $G = (V, E)$, множество вершин V которого соответствует субъектам взаиморасчётов, а множество дуг E – платёжными обязательствами. Дуге $e_{i,j} \in E$ от вершины $v_i \in V$ к вершине $v_j \in V$ приписана длина $d(e_{i,j}) > 0$, равная сумме денег от субъекта i к субъекту j . Для уменьшения реальных перечислений денежных сумм, можно производить взаимные погашения. Это возможно, если найдётся такая замкнутая цепочка субъектов, что, передавая одну и ту же сумму денег по ней, первоначальный субъект получает отправленную им сумму денег. При этом максимально возможная пересылаемая денежная сумма равна минимальному платежу в этой цепочке: $\min\{d(e) : e \in c\}$. На графе это будет соответствовать простому контуру (без повторяющихся вершин), а указанная пересылаемая сумма не должна превышать минимальной длины дуг, входящих в контур. Эту сумму будем называть весом $x(c)$ контура c или *транзакцией*.

Задача заключается в нахождении множества контуров, для которых:

1. Для любой дуги графа $e \in E$ сумма весов контуров, в которые дуга входит, не превышает длину дуги $d(e)$.
2. Сумма весов всех контуров (транзакций) максимальная.

Пусть C есть некоторое множество простых контуров, число которых $k = |C|$. Веса контуров $\{c\}$, входящих в множество C , должны удовлетворять условию

$$\begin{aligned} x(c) > 0, \quad \forall c \in C, \\ \sum_{c \in C, e \in c} x(c) \leq d(e), \quad \forall e \in E, \end{aligned} \quad (13)$$

и максимизировать функцию цели

$$f(C) = \sum_{c \in C} x(c). \quad (14)$$

Итак, задача заключается в формировании множества простых контуров C , удовлетворяющих ограничениям (13) и максимизирующим критерий (14).

Решение сформулированной задачи включает две составляющие. Во-первых, определение множества простых контуров C . Во-вторых, назначение весов контурам, удовлетворяющих условию (13).

Предложенный метод является приближённым, поскольку работает не со всем множеством простых контуров, а только с его подмножеством. За счёт этого уменьшается вычислительная трудоёмкость метода. Для уменьшения потери эффективности метода, вызванной последним обстоятельством, конструирование контуров происходит с учётом их возможного максимального веса.

В основу метода положено понятие теории ориентированных графов «дерево максиминных путей», аналогичное понятию «дерево кратчайших путей».

Для формирования дерева максиминных путей разработан алгоритм, который является модификацией алгоритма Дijkstra. В результате формируется множество контуров C . Далее графовая задача (13), (14) переформулируется в задачу линейного программирования следующим образом.

Пусть M есть булева матрица, строки которой соответствуют контурам, а столбцы – дугам $e \in E$ графа $G = (V, E)$. На пересечении строки и столбца стоит 1, если дуга входит в контур, и 0 – иначе. Рассмотрим вектор-строку $x = (x(1), x(2), \dots, x(|C|))$, $d = (d(1), d(2), \dots, d(|E|))$ и вектор-строку $\delta = (1, 1, \dots, 1)$ из единиц размера $k = |C|$. Тогда имеем следующую задачу линейного программирования:

максимизировать функцию цели

$$f(x) = \delta x^T$$

при ограничениях

$$x(c) > 0, \forall c \in C,$$
$$xM \leq d.$$

Модель используется в СВВТ-ТКП в целях снижения потребностей участников системы в оборотных средствах и для минимизации рисков неплатежей по выручке за проданные авиаперевозки и дополнительные услуги. Полученные результаты расчетов позволяют оптимизировать состав субъектов, задействованных в процессе погашения взаимных встречных обязательств участников СВВТ путем взаимозачета.

В качестве примера в диссертационной работе рассматривается процедура погашения взаимных обязательств по проданным и возвращенным авиаперевозкам, железнодорожным перевозкам и гостиничным услугам между соответствующими участниками СВВТ.

11.5. Мониторинг тревел-агентств на базе многофакторного прогноза показателей их деятельности

Агентства продают авиаперевозки и дополнительные услуги в течение определенного периода времени. По окончании периода продажи агентства направляют поставщикам услуг отчеты о продажах и перечисляют денежные средства за проданные перевозки и дополнительные услуги. Как правило, процесс формирования отчетов и дальнейшее перечисление денежных средств занимают несколько рабочих дней. Таким образом, поставщики услуг получают на свои счета выручку в среднем на 10 день после окончания периода продажи.

При таком порядке расчетов у поставщиков услуг неизбежно возникают финансовые риски: на 10 день после окончания периода продажи у агента уже имеется выручка за следующий период продаж. Таким образом, сумма риска включает в себя денежные средства в среднем за 2 периода продаж.

В целях минимизации финансовых рисков поставщики услуг должны осуществлять постоянный контроль деятельности агентств и своевременно применять к агентствам необходимые меры.

Для полного исключения финансовых рисков необходимые меры должны применяться с упреждением, до того, как агентство допустит задолженность по выручке.

Для принятия упреждающих мер необходимы не только статистические данные об объемах продаж и нарушениях сроков перечисления выручки, но и прогноз показателей деятельности агентств, составленный на основе статистики и с учетом не только внутренних, но и внешних факторов, влияющих на работу агентств.

Агентства подают отчёты о своей работе в некоторые равноотстоящие моменты времени, которые обозначим t , $t = 1, 2$, (сутки, декады и пр.). Эти отчёты дифференцированы по пунктам продаж и по видам предоставленных услуг, последние будем нумеровать индексом k , ($k = 1, 2, \dots, K$). Данные о видах будут далее называться *показателями*.

Фиксируем некоторое аккредитованное в СВВТ агентство. Обозначим $Y(t) = (Y_1(t), Y_2(t), \dots, Y_K(t))^T$ отчётные показатели, поданные в момент t . К текущему моменту времени T будут иметься данные $Y(1), Y(2), \dots, Y(T)$, на основании которых следует оценить *уровень опасности риска* неплатёжеспособности агентства. Кроме того известны некоторые *экзогенные переменные (внешние факторы)*, действующие в момент времени t , $t = 1, 2, \dots$: $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_M(t))$. По ним также имеется временная статистика $x(1), x(2), \dots, x(T)$.

Далее рассматриваются предлагаемые статистические модели оценки уровня опасности риска. Все они базируются на значениях K -мерного показателя $Y(t)$ и экзогенных переменных $x(t)$ за ряд предыдущих моментов времени.

Рассматриваемая модель авторегрессии имеет вид для $i = 1, 2, 3$; $t > S$, $0; c_{i,i} = 0$;

$$Y_i(t) = b_i + \sum_{j=1}^3 c_{i,j} Y_j(t) + \sum_{j=1}^3 \beta_{i,j} Y_j(t-1) + \sum_{s=2}^S \beta_i^{(s)} Y_i(t-s) + \sum_{j=1}^M \alpha_{i,j} x_j(t) + Z_i(t). \quad (15)$$

Ведём следующие обозначения:

$$b = (b_1 \quad b_2 \quad b_3)^T, \quad C = (c_{i,j})_{3 \times 3}, \quad B = (\beta_{i,j})_{3 \times 3}, \\ \beta^{(s)} = (\beta_1^{(s)}, \beta_2^{(s)}, \beta_3^{(s)})^T, \quad A = (\alpha_{i,j})_{3 \times M}, \quad x(t) = (x_1 \quad \dots \quad x_M)^T.$$

Теперь модель (15) можно записать в матричном виде:

$$Y(t) = (Y_1(t), Y_2(t), Y_3(t))^T = b + CY(t) + BY(t-1) + \\ \sum_{s=2}^S \text{diag}(\beta^{(s)}) Y(T-s) + Ax(t) + Z(t), \quad (16)$$

где $Z(t) = (Z_1(t), Z_2(t), Z_3(t))^T$ есть трёхмерный случайный вектор с независимыми компонентами и неизвестными дисперсиями $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \sigma_3^2$.

Итак, в этой модели постулируются следующие линейные зависимости:

- 1) компонент вектора $Y(t)$ между собой;
- 2) вектора $Y(t)$ от предыдущего значения $Y(t-1)$; 2) компонент вектора $Y(t)$ от S предыдущих значений соответствующих компонент;

3) вектора $Y(t)$ от экзогенных переменных $x(t)$ и случайной составляющей $Z(t)$ для момента t .

Неизвестными параметрами модели являются $b, C, B, \beta^{(s)}$ ($s = 1, \dots, S$), A и $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \sigma_3^2$. Поскольку $c_{i,i} = 0$, то всего неизвестных параметров $3(7 + M + S)$. Это число является достаточно большим, что существенно усложняет оценивание неизвестных параметров.

Можно упростить модель (15), учитывая влияние значений $Y(t-s)$ за предшествующие года путём дисконтирования, т. е. с коэффициентом d^{t-s} , который считается известным. Тогда модель примет вид:

$$\begin{aligned} Y(t) &= (Y_1(t), Y_2(t), Y_3(t))^T = \\ &= b + CY(t) + BY(t-1) + \text{diag}(\beta^{(1)}) \sum_{s=2}^S d^{t-s} Y(t-s) + Ax(t) + Z(t), \end{aligned} \quad (17)$$

Число неизвестных параметров модели становится равным $24 + 3M$.

Приведенные модели являются достаточно общими. Опуская в них некоторые составляющие, можно получать более простые модели.

Оценивание параметров моделей (16) и (17) производится методами многомерного статистического анализа.

Представим (17) в виде многомерной регрессии. Если N есть число наблюдений, используемых при оценивании, $N > 4 + M$; Θ есть матрица неизвестных параметров размера $3 \times (4 + M)$ и $\Psi(t, N)$ есть матрица сопутствующих переменных размера $(4 + M) \times N$, то

$$\begin{aligned} \mathcal{Y}(t, N) &= ((Y(t-N+1), Y(t-N+2), \dots, Y(t)))^T = \Theta \Psi(t, N) + \mathcal{Z}(t, N), \\ \mathcal{Z}(t, N) &= ((Z(t-N+1), Z(t-N+1), \dots, Z(t))). \end{aligned} \quad (18)$$

Итак, надо сформировать матрицы Θ и $\Psi(t, N)$. Имеем:

$$\Theta = (b \quad B \quad A) = \begin{pmatrix} b_1 & \beta_{1,1} & \beta_{1,2} & \beta_{1,3} & \alpha_{1,1} & \dots & \alpha_{1,M} \\ b_2 & \beta_{2,1} & \beta_{2,2} & \beta_{2,3} & \alpha_{2,1} & \dots & \alpha_{2,M} \\ b_3 & \beta_{3,1} & \beta_{3,2} & \beta_{3,3} & \alpha_{3,1} & \dots & \alpha_{3,M} \end{pmatrix}_{3 \times (4+M)}. \quad (19)$$

$$\Psi(t, N) = \begin{pmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ \sum_{s=1}^S d^{t-s} Y(t - (N-1) - s) & \sum_{s=1}^S d^{t-s} Y(t - (N-2) - s) & \dots & \sum_{s=1}^S d^{t-s} Y(t - s) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x(t - (N-1)) & x(t - N + 2) & \dots & x(t) \end{pmatrix}_{(4+M) \times N}. \quad (20)$$

При оценивании параметров естественно придавать больший вес более поздним наблюдениям. Это достигается введением «весов», придаваемых разным наблюдениям. Пусть ω будет положительным числом, меньшим 1. Последнему наблюдению придаётся вес 1, предпоследнему ω далее ω^2 и так далее. Для момента времени t – вес составит ω^{t-n} , $n = 1, 2, \dots, t$. Пусть W будет диагональной матрицей с элементами $\{\omega^{t-n}\}$ на главной диагонали. Эта матрица называется «весовой».

Оценка взвешенного метода наименьших квадратов будет иметь вид

$$\tilde{\Theta} = ((\tilde{b} \quad \tilde{B} \quad \tilde{A})) = \mathbb{E}(t, N) W \Psi(t, N)^T (\Psi(t, N) W \Psi(t, N)^T)^{-1}. \quad (21)$$

После оценки параметров моделей мы переходим к оцениванию рисков неплатежеспособности агентств. При этом используется композитный (средневзвешенный) критерий

$$R(t) = r^T Y(t) = (r_1 \quad r_2 \quad r_3) \begin{pmatrix} Y_1(t) \\ Y_2(t) \\ Y_3(t) \end{pmatrix} = \sum_{i=1}^3 r_i Y_i(t), \quad (22)$$

в котором веса $(r_1 \quad r_2 \quad r_3)$ считаются заданными.

Предполагаем, что большим значениям критерия $R(t)$ соответствуют большие риски. Задана также критическая граница критерия R^* , при превышении которой имеет место риск.

Итак, правила оценки риска следующие:

Правило 1. Если t есть момент последних отчётных данных и $R(t) > R^*$, то имеет место риск.

Правило 2. Пусть t есть момент последних отчётных данных, и мы хотим оценить риск для будущего момента $t+\tau$ ($\tau > 0$). Составляем прогноз критерия по формуле

$$\tilde{R}(t+\tau) = r^T \tilde{Y}(t+\tau) = (r_1 \quad r_2 \quad r_3) \begin{pmatrix} \tilde{Y}_1(t+\tau) \\ \tilde{Y}_2(t+\tau) \\ \tilde{Y}_3(t+\tau) \end{pmatrix} = \sum_{i=1}^3 r_i \tilde{Y}_i(t+\tau). \quad (23)$$

Случайная составляющая имеет дисперсию

$$D = D(r^T Z(t+\tau)) = D\left(\sum_{i=1}^3 r_i Z_i(t+\tau)\right) = \sum_{i=1}^3 r_i^2 D(Z_i(t+\tau)) = \sum_{i=1}^3 r_i \sigma_i^2. \quad (24)$$

Вычисляем вероятность риска:

$$P\{\tilde{R}(t+\tau) + r^T Z(t+\tau) \geq R^*\} = P\left\{\sum_{i=1}^3 r_i \tilde{Y}_i(t+\tau) + r^T Z(t+\tau) \geq R^*\right\} = 1 - \Phi\left(\frac{1}{\sqrt{\tilde{D}}}\left(R^* - \sum_{i=1}^3 r_i \tilde{Y}_i(t+\tau)\right)\right), \quad (25)$$

где при вычислении дисперсии по формуле (24) вместо неизвестных дисперсий составляющих $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \sigma_3^2$ используются их оценки.

Уровень риска определяется значением этой вероятности.

В диссертационной работе приведен численный пример, иллюстрирующий предлагаемый подход. Апробация разработанной модели проведена на конкретном примере оценки уровня опасности риска аккредитованного агентства в СВВТ-ТКП.

Разработанная модель предложена для внедрения в Информационную систему ТКП и положена в основу информационной технологии оценки уровня опасности риска неплатежеспособности аккредитованного агентства в СВВТ-ТКП.

12. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Проведенный анализ тенденций развития услуг мирового пассажирского воздушного транспорта показал, что на фоне неудовлетворительных финансовых результатов классические авиакомпании вынуждены предпринимать кардинальные меры для качественного повышения своей рентабельности, основной из которых является развитие продаж дополнительных услуг через собственные web-сайты.

2. В целях увеличения конкуренции с сайтами авиакомпаний мировые СВР также должны расширить предоставляемый для продажи спектр дополнительных неавиационных услуг. Основное направление повышения эффективности и конкурентоспособности СВР – это развитие инфраструктуры, логистики, IT, обеспечивающих продажу таких услуг. Данная мера будет способствовать превращению мировых СВР в общетранспортные системы взаиморасчетов, повышению доходов всех участников СВР при минимальных дополнительных затратах, сочетанию продажи широкого спектра авиационных и неавиационных услуг в комплексе в одном пункте продажи.

3. Проведен комплексный анализ процессов организации продажи дополнительных неавиационных услуг и взаиморасчетов по ним в нейтральной среде СВВТ-ТКП, который показал, что продажа дополнительных услуг уже обеспечила участникам СВВТ-ТКП значительные преимущества.

4. Разработана модель формирования дополнительных неавиационных услуг и распределения инвестиций на проекты их продаж в СВР в детерминированной и стохастической постановке, отличающаяся от классической задачи «о рюкзаке» учетом

синергетического эффекта от «совместно складываемых в рюкзак предметов», разработан метод решения поставленной задачи и программное обеспечение.

5. С учетом разработанной модели формирования комплекса дополнительных неавиационных услуг и распределения инвестиций на проекты их продаж в СВР разработаны методические рекомендации по организации взаиморасчетов по новым дополнительным неавиационным услугам и распределению инвестиций на проекты их развития.

6. Разработан новый метод вычисления распределения времени выполнения комплекса работ сетевого графика, основанный на полиномиальной аппроксимации функций распределения положительных ограниченных случайных величин и облегчающий работу с различными распределениями путем единообразного и простого описания функций распределения. Метод нашел применение не только в СВВТ, но и предложен для автоматизации процессов оперативного управления самолетовылетами при сбойных ситуациях в аэропорту.

7. Разработан метод решения задачи погашения взаимных обязательств, основанный на формировании множества контуров в соответствующем ориентированном графе. Взаимные погашения между участниками обязательств соответствуют таким контурам и пересылаемым по ним денежных суммам. Максимальная сумма взаиморасчетов достигается путём решения сформулированной задачи линейного программирования.

8. На базе многофакторного прогноза показателей деятельности разработана модель мониторинга аккредитованных агентств в СВВТ-ТКП для оценки уровня опасности риска их неплатежеспособности.

9. Результаты диссертационных исследований представлены в 2-х учебных пособиях с грифами Учебно-методического объединения (УМО) в области менеджмента в российских высших учебных заведениях, в учебном пособии TSI (Latvia), что подтверждается авторами в предисловиях к этим пособиям, а также авторством в учебном пособии УМО в области аэронавигация для российских ВУЗОВ.

10. Разработанные модели используются в практической деятельности СВВТ-ТКП, что подтверждается разработанными и утвержденными президентом ТКП нормативными документами СВВТ-ТКП, методическими рекомендациями, а также актом внедрения.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ АВТОРА

Статьи и тезисы

1. M. Rebezova, N. Sulima, R. Surinov. (2012). Development trends of air passenger transport services and service distribution channels. *Transport and Telecommunication*, Vol. 13, № 2, Riga, Latvia, pp. 159-166. ISSN 1407-6160. **(SCOPUS)**
2. Г. С. Вороницына, М. И. Ребезова, Р. Т. Суринов. (2012). Тенденции развития пассажирских перевозок и дополнительных услуг в гражданской авиации. *Научный вестник МГТУ ГА*. № 181 (7), Москва, с. 39-45. ISSN 2079-0619.
3. Г. С. Вороницына, М. И. Ребезова. (2012). Логистика документооборота по дополнительным услугам в системе взаиморасчетов на воздушном транспорте. *Научный вестник МГТУ ГА*. № 190, Москва, с. 40-43. ISSN 2079-0619
4. М. И. Ребезова. (2012). Глава 11 «Учет и отчетность по продаже перевозок и дополнительных услуг в СВБТ» учебного пособия УМО в области менеджмента «Введение в систему взаиморасчетов на воздушном транспорте»/ Общ. редакция Э. И. Махарева, С. В. Ильичев. Москва «Студент». С. 433-494. ISBN 978-5-4363-0024-5.
5. M. Rebezova, N. Sulima, R. Surinov. (2012). Modification of a Knapsack Problem Taking into Consideration the Effect of Objects Interaction. *Proceedings of the 12th International Conference «RELIABILITY and STATISTICS in TRANSPORTATION and COMMUNICATION» (RelStat'12)*. 17-20 October 2012, Riga, Latvia, pp. 76-77. ISBN 978-9984-818-50-4.
6. M. Rebezova, N. Sulima, R. Surinov. (2013). A Modification of the Knapsack Problem Taking Into Account the Effect of the Interaction Between the Items. *Automatic Control and Computer Sciences*, Vol. 47, № 2, Allerton Press, Inc., pp. 107-112. ISSN 0146-4116. **(Springer)**
7. M. Rebezova, N. Sulima, R. Surinov. (2013). Stochastic Modification of the Knapsack problem. *Proceedings of the Seventh International Workshop on Simulation*. 20-25 May 2013, Rimini, Italy, pp. 304-305. ISSN 1973-9346.
8. A. M. Andronov, M. I. Rebezova. (2013). Polynomial approximation of the activity time distribution in network diagrams. *Automatic Control and Computer Sciences*, Vol. 47, № 4, Allerton Press, Inc., pp. 192-201. ISSN 0146-4116. **(Springer)**
9. M. Rebezova. (2013). Repayment Problem at a Settlement of Debts. *Computer Modelling and New Technologies*, vol. 17, № 2, pp. 7-14. ISSN 1407-5816, ISSN 1407-5814 (Online: www.tsi.lv).

10. A. M. Andronov, M. I. Rebezova. (2013). Polynomial approximation for the PERT-CPM problem. *Proceedings of the 13th International Conference «RELIABILITY and STATISTICS in TRANSPORTATION and COMMUNICATION» (RelStat'13)*. 16-19 October 2013, Riga, Latvia, p. 69. ISBN 978-9984-818-59-7.
11. Э. И. Махарев, М. И. Ребезова, Р. Т. Суринов. (2013). Развитие услуг мирового пассажирского транспорта и каналов их распределения. *Материалы Конференции «Транспортные услуги 2013»*. 3-4 июля 2013, Москва, Россия. <http://www.aavt.ru/archives/1588>.
12. Е. М. Разумова, М. И. Ребезова, Р. Т. Суринов (2013). Методические рекомендации по формированию услуг Системы взаиморасчетов на воздушном транспорте и аккредитованных агентств на основе распределения заданных инвестиций. ТКП, Москва. <http://www.tch.ru/rus/news/svvt/?period=12.2013>.
13. Г. С. Вороницына, М. И. Ребезова. (2015). Перспективы развития систем взаиморасчетов на воздушном транспорте, как каналов дистрибуции услуг воздушного транспорта, в конкуренции с web-сайтами авиакомпаний. *Научный вестник МГТУ ГА*. № 214 (4), Москва, с. 37-44. ISSN 2079-0619.
14. Э.И. Махарев, М. И. Ребезова, А.А. Русс и др. (2015) Учебное пособие УМО в области аэронавигации «Система взаиморасчетов на воздушном транспорте. Электронная коммерция». Учебное пособие/Общ. редакция Э. И. Махарев, А. А. Русс, М. Ю. Смуров. Москва «Студент», с. 413-455. ISBN 978-5-4363-0069-6.
15. T. Aliev, M. Rebezova, A. Russ (2015). Statistical Monitoring Models of Travel Agencies in the Settlement System. *Proceedings of Eighth International Workshop on Simulation*. 21-25 September 2015, Vienna, Austria, pp. 17-18. ISBN 978-3-900932-28-2.
16. T. Aliev, M. Rebezova, A. Russ (2015). Statistical Methods for Monitoring Travel Agencies in the Settlement System. *Automatic Control and Computer Sciences*, Vol. 49, № 6, Allerton Press, Inc., pp. 321-327. ISSN 0146-4116. **(Springer)**
17. М. И. Ребезова (2016). Формирование проектов развития Системы взаиморасчетов на воздушном транспорте в условиях стохастической синергии их совместной реализации. *Вестник СпбУ ГА*, № 1 (10), Санкт-Петербург, с. 88-97, ISSN 2075-9878.
18. Г.В. Головченко, М.И. Ребезова (2016). Метод расчета сетевых графиков выполнения работ, учитывающий наличие располагаемых ресурсов. *Научный вестник МГТУ ГА*. Москва. Принято к печати по представлению д.т.н., проф. Козлова А.И.

МАТЕРИАЛЫ ДИССЕРТАЦИОННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ АВТОРА ПРЕДСТАВЛЕНЫ В УЧЕБНЫХ ПОСОБИЯХ ¹

1. Э. И. Махарев, А. А. Русс, Р.Т. Суринов. (2011) *Основы Системы взаиморасчетов на воздушном транспорте*. Учебное пособие Института транспорта и связи (Рига, Латвия). Параграф 11.4 Схемы документооборота и движения денежных средств, с. 668-677. ISBN 978-9984-818-45-0.
2. Э.И. Махарев, В.С. Горин, А.А. Русс, Р.Т. и др. (2012) *Введение в Систему взаиморасчетов на воздушном транспорте*. Учебное пособие УМО по образованию в области менеджмента для студентов ВУЗОВ. Глава 11. Учет и отчетность по продаже перевозок и дополнительных услуг в СВВТ. Москва «Студент», с. 433-494. ISBN 978-5-4363-0024-5.
3. В.С. Горин, Э.И. Махарев, В.А. Персианов и др. (2014) *Продажа услуг: пассажирский транспорт*. Учебное пособие УМО по образованию в области менеджмента для студентов ВУЗОВ. Параграфы 3.2. Логистическое обеспечение продажи услуг пассажирского транспорта (с. 77-90) и 10.4. Учет и отчетность, анализ, контроль и мониторинг в менеджменте продажи услуг пассажирского транспорта (с. 347-374). Москва «Студент». ISBN 978-5-4363-0038-2.

¹ Отражено во введениях и предисловиях учебных пособий.