

На правах рукописи



Быстрова Дарья Андреевна

**МОДЕЛИ И МЕТОДЫ ОПТИМАЛЬНОГО
УПРАВЛЕНИЯ ИНВЕСТИЦИОННЫМИ ПОРТФЕЛЯМИ
НЕИНСТИТУЦИОНАЛЬНЫХ ИНВЕСТОРОВ**

Специальность 08.00.13 –
Математические и инструментальные методы экономики
(экономические науки)

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата экономических наук

Москва – 2020

Работа выполнена на кафедре «Математические методы в экономике» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова», г. Москва

Научный
руководитель: доктор экономических наук, профессор
Халиков Михаил Альфредович

Официальные
оппоненты: **Тинякова Виктория Ивановна**
доктор экономических наук, профессор,
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Государственный университет управления», директор
Института отраслевого менеджмента

Трегуб Илона Владимировна
доктор экономических наук, профессор,
федеральное государственное образовательное
бюджетное учреждение высшего образования
«Финансовый университет при Правительстве
Российской Федерации», профессор Департамента
анализа данных, принятия решений и финансовых
технологий

Ведущая
организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение
науки «Центральный экономико-математический
институт Российской академии наук» (ЦЭМИ РАН)

Защита диссертации состоится 16 апреля 2020 г. в 16:00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.196.15 на базе ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г. В. Плеханова» по адресу: 117997, Москва, Стремянный пер., д. 36, корп. 3, ауд. 353.

С диссертацией можно ознакомиться в Научно-информационном библиотечном Центре имени академика Л.И. Абалкина ФГБОУ ВО «Российский экономический университет имени Г.В. Плеханова» по адресу: 117997, Москва, ул. Зацепа, д. 43 и на официальном сайте организации: <http://ords.rea.ru>.

Автореферат разослан « ___ » _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 212.196.15
доктор экономических наук, профессор



Мхитарян
Сергей Владимирович

I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Активность непрофессиональных участников российского фондового рынка (в работе-неинституциональные инвесторы, в операциях с финансовыми активами прибегающие к услугам брокеров и управляющих компаний), среди которых преобладают предпринимательские организации и домохозяйства, обладающие достаточными для совершения рыночных сделок объемами временно свободных денежных средств, оказывает положительное влияние как на рост капитализации фондового рынка (что крайне важно в условиях секторальных ограничений, введенных режимом санкций), так и инвестиционную привлекательность российской экономики в целом.

Рост числа и расширение круга этой группы инвесторов связывается с повышением привлекательности операций с финансовыми активами, включаемыми в их портфели, обусловленной не только высокой доходностью и приемлемыми рисками, но и возможностью учета предпочтений при выборе приоритетной последовательности критериев качества ценных бумаг, сроков, объемов инвестирования, и др. факторов, влияющих на структуру и состав портфеля.

Решение проблем повышения привлекательности инвестиционной деятельности и обоснованности инвестиционных решений непрофессиональных агентов развивающегося российского фондового рынка предполагает необходимость использования при формировании и управлении их финансовыми портфелями более совершенного инструментария экономико-математических моделей и методов, адаптированного к условиям этого рынка и учитывающего институциональные несовершенства (низкую капитализацию и структурные перекосы, высокую волатильность и низкую ликвидность в сегменте рискованных финансовых активов, высокие вход-выходные барьеры и транзакционные издержки операций) и особенности инвестирования, связанные с наличием альтернативных торговых площадок, ограничением на целочисленность торгуемых лотов ценных бумаг. и др.

Необходимость совершенствования существующих и разработки новых инструментов портфельного инвестирования на развивающемся фондовом рынке определила актуальность темы исследования.

Степень научной проработанности проблематики исследования. Классическая теория и методология портфельного инвестирования, широко представленные в трудах зарубежных: Г. Марковиц, Дж. Тобин, У. Шарп, И. Бланк, П. Бернштейн, Р. Брейли, Р. Гибсон, Л. Гитман, Л. Крушивиц, С. Майерс, Ф. Фабоцци и др. и отечественных: М. Алексеева, И. Балабанова, Г. Бродецкий, В. Галанова, Н. Егорова, В. Золотарева, В. Капитоненко, А. Килячкова, И. Киселева, Л. Лабскер, Я. Миркин, А. Мищенко, А. Недосекин, А. Первозванский, С. Перминов, В. Русинов, А. Ширяев и др. ученых и исследователей-практиков, в полной мере отвечают

условиям инвестирования на развитых фондовых рынках, отличающихся достаточной эффективностью - наличием устойчивой взаимосвязи стоимости торгуемых активов с качеством рыночной информации, невысокой волатильностью цен и спроса, что позволяет достоверно оценивать качество инвестиционных портфелей с использованием критериев доходности и риска.

В их работах также отмечено, что низкая эффективность развивающихся фондовых рынков, обусловленная высокими входными и выходными рыночными барьерами и транзакционными издержками, низкой (в сравнении с развитыми рынками) ликвидностью финансовых инструментов, др. отличиями (для российского рынка, например, дискретность торгуемых лотов ценных бумаг и наличие альтернативных торговых площадок, предполагающее возможность совершения альтернативных сделок) является фактором, препятствующим «прямому» использованию моделей классической портфельной теории при выборе инвестиционного решения профессиональными и непрофессиональными агентами. На наш взгляд, на таких рынках необходимо использовать инструментарий моделей и методов формирования и управления финансовыми портфелями, в которых учитываются специфические предпочтения отдельных групп инвесторов по доходности, риску, ликвидности финансовых активов, срокам и объемам инвестиций, а также условия и особенности торговли на развивающемся рынке.

Кроме того, этот инструментарий должен учитывать выбранный инвестором вариант инвестирования в ценные бумаги: разовые (статичный вариант) или регулярно повторяющиеся (динамический вариант) операции с портфелем. В научной литературе более подробно исследованы статичные модели, которые на развитых в институциональном отношении фондовых рынках и для конкретного временного интервала позволяют выбирать оптимальные инвестиционные портфели по критериям «риск-доходность» с учетом предполагаемых инвестором ликвидности составляющих портфеля и бюджета. Для инвесторов-агентов российского фондового рынка, отличающегося высокой изменчивостью и отсутствием четких индикаторов направления движения, особую ценность, напротив, представляет динамический вариант модели управления портфелем на последовательности временных интервалов, составляющих единый холдинговый период, в котором используется не только накопленная информация с рынков, но и данные по динамике отдельных показателей портфеля и включенных в его состав активов, учитываемых инвестором при коррекции портфеля на очередном временном интервале в приоритетном порядке.

В статичных и динамических моделях управления портфелями финансовых активов инвесторов-агентов развивающегося фондового рынка в составе критериев качества активов особое место следует отвести ликвидности, являющейся наиболее важным критерием «осторожного» инвестирования и снижения возможных убытков портфельных операций. Понятие ликвидности финансового актива и методы ее

оценки широко представлены в работах зарубежных (А. Варда, М. Ванг, Я. Амихуд, А. Мадхаван, Д. Оздемир, М. Флеминг и др.) и отечественных (А. Антиколь, А. Чайкун и др.) исследователей. В настоящее время разработаны и на ряде торговых площадок (например, Мосбиржа) успешно применяются «собственные» оригинальные показатели и алгоритмы расчета ликвидности, которые ориентированы на отдельные виды активов в портфеле (например, облигации, или акции), используют неполный набор первичных показателей ликвидности, что не позволяет корректно оценить ликвидность отдельного актива и портфеля в целом. Интегральный показатель ликвидности, который, в отличие от известных, может быть использован в критериях и ограничениях модели оптимального портфеля на настоящее время не сформирован.

Недостаточная проработанность теоретических подходов, экономико-математических моделей и методов оценки и оптимального управления портфелями финансовых активов неинституциональных инвесторов-агентов развивающегося фондового рынка предопределили выбор объекта, предмета, цели и задач исследования.

Объект исследования – портфель финансовых активов неинституционального инвестора.

Предмет исследования – экономико-математические модели и методы оптимального управления портфелем финансовых активов на развивающемся фондовом рынке.

Цель диссертационного исследования - разработка моделей, численных методов и информационно-алгоритмического обеспечения оценки параметров и оптимального управления портфелями финансовых активов неинституциональных инвесторов на развивающемся российском фондовом рынке.

Для достижения поставленной цели определены следующие **научно-практические задачи исследования**:

- обосновать особенности современного состояния и перспектив развития российского фондового рынка с учетом внешних(мировых) и внутренних (российских) факторов, институциональных отличий и особенностей, влияющих на предпочтения, выбор инвестиционной стратегии и ограничения инвестиционной деятельности его участников;

- выявить основные черты инвестиционных стратегий для отдельных категорий неинституциональных инвесторов -агентов российского фондового рынка, различающихся отношением к доходности, риску, ликвидности финансовых активов, сроками и объемами инвестирования, и разработать модели формирования их оптимальных портфелей;

- разработать численный метод нелинейной дискретной оптимизации портфеля финансовых активов и оценить влияние фактора дискретности на структуру и состав

оптимальных инвестиционных портфелей для отдельных категорий неинституциональных инвесторов, отличающихся предпочтениями и бюджетом;

- разработать подход к оценке ликвидности различных финансовых активов, обращающихся на развивающемся фондовом рынке, основанный на расширенном наборе показателей, включающих срочность, глубину и упругость, плотность и объем сделок;

- разработать усовершенствованный аналитический показатель ликвидности высокодоходного и рискованного финансового актива (акции) и предложить варианты его использования в ограничениях моделей оптимального субпортфеля акций (в непрерывном и дискретном вариантах);

- разработать постановку задачи, математическую модель и численные методы динамической оптимизации портфеля финансовых активов неинституционального инвестора на последовательности временных интервалов, составляющих единый холдинговый период, с учетом дискретности торгуемых лотов ценных бумаг и наличия альтернативных торговых площадок.

- провести верификацию моделей, информационно-алгоритмического и программного обеспечения задачи динамической оптимизации финансового портфеля инвестора умеренно-агрессивного типа (преобладающая группа инвесторов - непрофессиональных участников российского фондового рынка) с использованием информации, предоставленной ООО «ЭликиСи».

Методы исследования – системный анализ, линейное, нелинейное (выпуклое), целочисленное программирование, стохастическая оптимизация, эконометрическое моделирование.

Теоретическую и методологическую основу исследования составили монографии, публикации в периодических изданиях и в сети Интернет и научно-теоретические разработки отечественных и зарубежных ученых по проблематике институционального развития, современного положения и особенностям функционирования развитых и развивающихся фондовых рынков, моделям и методам оценки и управления портфелями финансовых активов профессиональных и непрофессиональных инвесторов.

Правовую базу исследования составили законодательные и нормативные акты, регулирующие отношения непрофессиональных инвесторов и инвестиционных управляющих и брокеров, нормативные документы, регулирующие сферу обращения ценных бумаг на российских фондовых площадках, размещенные в сети Интернет методические рекомендации и внутренние нормативные акты, регулирующие инвестиционную деятельность управляющих компаний.

Статистическая и информационная база исследования сформирована на основе данных официальных сайтов российских фондовых бирж: Московской Межбанковской Валютной Биржи (ММВБ), Московской Биржи, Санкт -

Петербургской Биржи (СПб), ряда УК и брокеров Cbonds и Финам за период: начало второй половины 2016-конец первой половины 2018 г.г.

В расчетах оптимальных непрерывных и дискретных портфелей в статичном и динамическом вариантах для различных категорий инвесторов и условий принятия инвестиционных решений, а также в расчетах интегрального показателя ликвидности ценных бумаг с использованием метода главных компонент применялся **программный инструментарий**, включающий соответственно: ППП MS Excel и Mathcad, программную среду JavaScript и технологии Node.js и Electron; программный комплекс SPSS.

Область исследования. Содержание и основные результаты диссертационного исследования соответствуют п. 1.6. «Математический анализ и моделирование процессов в финансовом секторе экономики, развитие метода финансовой математики и актуарных расчетов» паспорта специальности 08.00.13 – «Математические и инструментальные методы экономики» ВАК РФ.

Научная новизна результатов диссертационного исследования заключается в разработке экономико-математических моделей, методов и численных алгоритмов оценки и оптимального управления портфелями финансовых активов неинституциональных инвесторов в статичном и динамическом вариантах с расширенным набором критериев и ограничений, учитывающих их предпочтения по доходности, риску, ликвидности, срокам и объемам инвестиций, а также условия и особенности инвестиционной деятельности на развивающемся фондовом рынке.

Наиболее существенные результаты, полученные лично автором и содержащие элементы научной новизны:

1. Выявлены особенности развивающегося российского фондового рынка, заключающиеся в наличии институциональных несовершенств (низкая в сравнении с западными фондовыми площадками капитализация и структурные перекосы, высокая волатильность, невысокие доходность и ликвидность финансовых активов, высокие вход-выходные барьеры и транзакционные издержки операций с ценными бумагами и др.) и условий организации биржевых операций (дискретность торгуемых лотов, наличие альтернативных площадок и др.), учет которых позволяет повысить обоснованность инвестиционных стратегий неинституциональных инвесторов, отличающихся предпочтениями по приоритету критериев доходности, риска, ликвидности финансовых активов, сроками и объемом инвестиций.

2. Предложен методологический подход к оценке ликвидности финансовых активов, отбираемых в портфель неинституционального инвестора, основанный на использовании расширенного набора первичных показателей ликвидности, включающих срочность, глубину и упругость, плотность и объем сделок с активом, и разработан численный алгоритм оценки ликвидности финансового актива с учетом ее характеристик, в том числе, коэффициентов: «спрос-предложение»,

среднеотносительного спреда между ценами покупки и продажи, текущего уровня ликвидности ценной бумаги, рассчитываемого по итогам одной торговой сессии, среднеквадратического отклонения и разброса значений коэффициента ликвидности к среднему значению на протяжении торговых сессий в рассматриваемом периоде и некоторых др. Использование нового подхода и численного метода позволяет повысить точность оценок ликвидности ценных бумаг и, особенно, низкого и среднего уровней.

3. Для высокорисковых финансовых активов-акций предложен аналитический показатель ликвидности, основанный на расчете доли акций, участвующих в дневном обороте, числа акций, находящихся в свободном обращении, и среднего дневного оборота. В отличие от известных и широко используемых в российской практике показателей ликвидности (в частности, используемого в методике Московской биржи) этот показатель позволяет сравнивать ликвидность различных по free-float капитализации эмитентов акций. Показана возможность непосредственного использования данного показателя в критериях и ограничениях модели оптимального субпортфеля акций.

4. Разработан и на реальных данных адаптирован комплекс статичных моделей оптимизации финансовых портфелей для основных групп неинституциональных инвесторов-агентов российского фондового рынка, учитывающий условия и ограничения инвестиционной деятельности на развивающемся российском фондовом рынке и включающий:

- модель формирования портфеля финансовых активов с учетом дискретности торгуемых лотов и двушаговый алгоритм поиска оптимального решения: на первом с использованием «классического» непрерывного варианта модели портфеля определяется его структура, на втором – элементный состав дискретного портфеля с учетом бюджета инвестора, что позволяет оперативно корректировать портфель в случае изменений предпочтений инвестора и рыночной ситуации;

- модель формирования портфеля финансовых активов с учетом дополнительного ограничения по ликвидности, покрывающей возможные потери инвестируемых средств.

5. Разработаны математическая модель, численные методы, информационно-алгоритмическое и программное обеспечение задачи динамической оптимизации портфеля финансовых активов неинституционального инвестора на последовательности временных интервалов, составляющих единый холдинговый период, учитывающие особенности инвестирования на российском фондовом рынке, в том числе: наличие альтернативных торговых площадок, дискретность торгуемых лотов, требования инвестора относительно ликвидности портфеля и др. Особенностью модели является двухуровневая структура: на верхнем уровне решается задача максимизации эффекта перераспределения денежных средств между

торговыми площадками с использованием секторных оценок; на нижнем – определение плана покупки/ продажи ценных бумаг и оценка параметров субпортфеля для данной торговой площадки.

6. Проведены верификация и адаптация информационно-алгоритмического и программного обеспечения задач оптимального управления портфелем финансовых активов для выбранного неинституционального инвестора с учетом факторов дискретности и ликвидности составляющих портфеля, осуществленная на информационной базе, предоставленной брокерами Sbonds и Финам по данным Московской Биржи, позволившие оценить их обоснованность и практическую ценность.

Теоретическая значимость диссертационного исследования состоит в совершенствовании традиционных и разработке новых теоретических подходов, моделей и методов оптимального управления портфелями финансовых активов неинституциональных инвесторов с учетом их предпочтений и особенностей инвестирования на развивающихся фондовых рынках.

Практическая ценность результатов исследования заключается в возможности адаптации и использования в инвестиционной деятельности предпринимательских организаций малого и среднего бизнеса, составляющих основную группу непрофессиональных участников российского фондового рынка, разработанных моделей и численных методов оценки параметров и выбора инструментов инвестирования, моделей и информационно-алгоритмического обеспечения оптимального управления инвестиционным портфелем в статичном и динамическом вариантах, что позволит повысить точность оценок портфелей и качество принимаемых инвестиционных решений.

Апробация работы и внедрение результатов исследования. Основные положения диссертационной работы докладывались на всероссийских и международных научно-практических конференциях:

- Международной научно-практической конференции «World science: problems and innovations» (Россия, Пенза, 30 сентября 2017 г.);
- Международной научно-практической конференции «Интеграция науки и практики как условие технологического прорыва» (Казань, 5 ноября 2017 г.);
- III Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития промышленности России. Промышленность и инвестиции: настоящее и будущее» (Москва, РЭУ имени Г. В. Плеханова, 29 марта 2018 г.).

Результаты и выводы диссертационного исследования докладывались и получили положительную оценку на научных семинарах и заседаниях кафедры математических методов в экономике Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова.

По материалам диссертационного исследования подготовлены учебные программы и материалы практических занятий по дисциплине «Исследование операций и методы оптимизации» (программа бакалавриата по специальности «Экономика»), «Оценка стоимости компании» (магистерская программа по специальности «Экономика»).

Адекватность разработанных математических моделей, методов и информационно-алгоритмического обеспечения оптимального управления портфелем финансовых активов (в статическом и динамическом вариантах) реальной практике инвестиционной деятельности непрофессионального инвестора подтверждена расчетами портфелей ООО «ЭликСи» (группа предприятий фармацевтической отрасли), выступающего в регулярно проводимых операциях на фондовом рынке в роли неинституционального инвестора, прибегающего к услугам выбранной УК.

Публикации. Основные положения диссертационного исследования опубликованы в пятнадцати печатных работах автора общим объёмом 15,61 п.л. (из них авторских 13,23 п.л.), в том числе, монографии, одиннадцати статьях в журналах, включенных в перечень российских рецензируемых научных журналов и изданий, рекомендованных ВАК для опубликования основных результатов диссертаций.

Структура, объем и краткое содержание работы. Диссертационная работа включает: введение, три главы, заключение, список литературы (187 источников) и пять приложений. Общий объём работы 235 м. с., в т.ч. 192 м.с. основного текста, в основном тексте 73 табл., 21 рис., 115 формул.

В первой главе «Теория и практика управления портфелем финансовых активов неинституционального инвестора-агента российского фондового рынка»: представлен анализ тенденций развития и сложившихся к концу нулевых (2010-2012 гг.) и в одном из последних периодов (2016-2018 гг.) институциональных и неинституциональных особенностей российского фондового рынка; предложены модели оптимальных портфелей для основных групп неинституциональных инвесторов, отличающихся отношением к доходности, риску и ликвидности финансовых активов; представлены результаты исследований оптимальной структуры инвестиционного портфеля, рассчитанного с учетом дискретности лотов ценных бумаг, ликвидности (на примере низко-, высоколиквидного и диверсифицированного портфелей), размера бюджета инвестора и допустимого уровня риска.

Во второй главе «Методы оценки ликвидности и модели оптимизации субпортфеля акций неинституционального инвестора с учетом фактора ликвидности» представлен авторский подход к определению ликвидности финансового актива, предложены показатели и критерии (частные и интегральные) ликвидности высокодоходных активов (акций) в портфеле неинституционального инвестора,

приведена авторская методика и численный метод оценки интегрального показателя ликвидности с использованием метода главных компонент.

В третьей главе «Численные методы и информационно-алгоритмическое обеспечение динамической оптимизации финансового портфеля неинституционального инвестора на последовательных временных интервалах» представлены постановка, экономико-математическая модель, численные методы, информационно-алгоритмическое и программное обеспечение задачи динамической оптимизации портфеля финансовых активов неинституционального инвестора на последовательности временных интервалов. Приведены результаты моделирования оптимального варианта управления портфелем финансовых активов инвестора умеренно-агрессивного типа со средним по величине инвестиционным бюджетом.

II. НАУЧНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ

1. Особенности инвестирования на российском фондовом рынке и стратегии управления портфелями финансовых активов неинституциональных инвесторов.

В работе представлена развернутая характеристика современного состояния, динамики и перспектив развития отечественного фондового рынка с учетом влияния гео (общемировых) и внутренних (российских) макроэкономических факторов, институциональных несовершенств (к которым отнесены, в частности, невысокая капитализация, невысокая эффективность рыночных механизмов и, как следствие, низкая активность профессиональных и непрофессиональных инвесторов, значительные структурные перекосы, высокая волатильность и низкая ликвидность торгуемых ценных бумаг, в том числе, в наиболее важном с позиции капитализации рынка сегменте рискованных финансовых активов) и неинституциональных особенностей (к которым отнесены: дискретность торгуемых лотов ценных бумаг, наличие альтернативных торговых площадок, высокие вход-выходные барьеры и операционные издержки и некоторые другие).

Эти и другие особенности фондового рынка предложено учитывать при формировании и управлении портфелями различных групп неинституциональных инвесторов, представленных на бирже УК и брокерами. В работе эти группы сформированы по типу поведения инвесторов (таблица 1) и отношению к доходности, риску и ликвидности финансовых активов (таблица 2).

В работе для представительных групп неинституциональных инвесторов-агентов российского фондового рынка (консервативные, умеренно-агрессивные, агрессивные) представлены варианты модели Марковица-Тобина-Шарпа в статичной

постановке с критериями и ограничениями, характеризующими перечисленные особенности инвестирования на развивающемся фондовом рынке.

Таблица 1 – Характеристика инвесторов по типу поведения

Категория инвестора	Цель инвестирования	Допустимый уровень риска	Тип ценной бумаги	Тип портфеля
Консервативный	Защита от инфляции	Низкий	Государственные ценные бумаги, акции и облигации крупных и стабильных эмитентов	Высоконадежный, низкодоходный
Умеренно-агрессивный	Длительное вложение капитала	Средний	Незначительная доля государственных ценных бумаг, большая доля ценных бумаг крупных и средних, но надежных эмитентов.	Диверсифицированный
Агрессивный	Спекулятивная игра, ориентированная на быстрый рост вложенных средств	Высокий	Высокая доля высокодоходных ценных бумаг небольших эмитентов (в т.ч. венчурных компаний)	Рискованный, высокодоходный

Таблица 2 – Значимость критериев качества инвестиционного портфеля для неинституционального инвестора

Категории инвесторов	Уровень риска			Уровень ликвидности		
	Низкий (0-3%)	Средний (3-10%)	Высокий (10-20%)	Низкий ¹	Средний	Высокий
Долгосрочный	Возможен любой, приоритетен «Низкий»			Возможен любой, приоритетен «Высокий»		
Среднесрочный	–	+	–	Возможен любой, приоритетен «Высокий»		
Краткосрочный	–	–	+	–	+	+

Особенностью этих моделей является наличие ограничения на включение в портфель ценных бумаг из заранее выбранного набора (I_L, L – индекс группы инвесторов), составляющие которого обладают приемлемыми для инвесторов этой группы доходностью, риском и ликвидностью:

¹ Градация уровней ликвидности финансовых активов, основанная на определении показателей среднего относительного спреда, среднего количества сделок, процента торговых дней и др. приведена в работе автора [3].

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^N w_i \cdot r_i \rightarrow \max; \\ \sigma_p \leq \sigma_L^c; \\ \sum_{i=1}^N x_i \cdot s_i \leq B; \\ x_i \geq 0; \\ x_i \in \mathbb{Z}; \\ i \in I_L, \end{array} \right. \quad (1)$$

где: i, I_L, N - соответственно: номер, набор и число финансовых инструментов, удовлетворяющих предпочтениям инвестора- представителя выбранной группы; w_i — доля i -го финансового инструмента в портфеле; r_i - доходность i -го финансового инструмента; B — инвестиционный бюджет; σ_p - совокупный риск портфеля; σ_L^c — пороговое значение риска портфеля для инвестора- представителя выбранной группы.

Проведенные расчеты оптимальных портфелей для различных групп неинституциональных инвесторов-агентов российского фондового рынка позволили сделать вывод, что учет расширенного набора критериев качества ценных бумаг и предпочтений конкретного инвестора оказывает важное влияние на структуру, уровень диверсификации, доходность и риск портфеля, повышает точность и обоснованность инвестиционного решения.

Например, портфель краткосрочного агрессивного инвестора состоит из акций российских эмитентов с достаточной для последующих спекуляций ликвидностью. В портфель финансовых инструментов нейтрального к риску краткосрочного инвестора добавляются паи высокодоходных ликвидных ПИФов акций².

У среднесрочного консервативного инвестора в портфеле появляются акции российских эмитентов второго эшелона, показывающие стабильную доходность без резких скачков, и банковские депозиты (безрисковые активы). Для среднесрочного умеренно-агрессивного инвестора характерно наличие в портфеле менее ликвидных инструментов, например, ПИФов³ облигаций или ПИФов смешанных инвестиций.

Для портфелей долгосрочных инвесторов характерна высокая диверсификация в связи с учетом фактора корреляции финансовых активов. В портфель долгосрочного консервативного инвестора включаются государственные казначейские облигации. В портфеле долгосрочного умеренно-агрессивного инвестора (основная группа непрофессиональных участников российского фондового рынка) преобладают ценные бумаги среднего уровня ликвидности крупных и средних, надежных и длительно работающих на рынке компаний, а также закрытые ПИФы.

² Ликвидность паевых фондов определялась темпом прироста стоимости чистых активов.

³ Для среднесрочных и для краткосрочных инвесторов рассматриваются только открытые ПИФы.

2. Модифицированный вариант модели оптимального портфеля с учетом фактора дискретности торгуемых лотов.

В «классической» модели портфеля в качестве искомых переменных рассматриваются доли активов в портфеле (предполагается, что активы, включаемые в портфель, бесконечно делимы). Однако, такая постановка не учитывает дискретность торгуемых лотов ценных бумаг, а этот фактор является важным ограничением портфельного инвестирования на российском фондовом рынке.

В работе представлен модифицированный вариант дискретной модели портфеля, в котором в качестве искомых величин выступают x_i – количество лотов акций i -го эмитента в портфеле. Инвестиционные вложения S_i в i -ю акцию определяются выражением:

$$S_i = x_i * c_i, \quad (2)$$

где: x_i – количество приобретаемых акций i -го эмитента; c_i - цена покупки i -й акции.

Так как активы можно приобретать только лотами, то доли ценных бумаг, вложенных в портфель, определим как:

$$w_i = \frac{x_i * c_i}{S_0}, \quad (3)$$

где S_0 – начальный бюджет инвестора (этот и другие параметры считаются известными на начальный момент времени, также как и приемлемый для инвестора уровень риска σ).

Вариант модели с учетом дискретности покупаемых лотов можно представить в следующем виде:

$$\sum_{i=1}^n x_i * c_i * d_i \rightarrow \max; \quad (4)$$

$$\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 * c_i^2 * \sigma_i^2 + 2 \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n x_i * c_i * x_j * c_j * r_{ij} * \sigma_i * \sigma_j}{\sum_{i=1}^n x_i^2 * c_i^2}} < \sigma; \quad (5)$$

$$\sum_{i=1}^n x_i * c_i \leq S_0; \quad (6)$$

$$x_i * c_i \geq 0; \quad (7)$$

$$x_i \in Z_+, \quad (8)$$

где: d_i – средняя доходность i -го актива; σ_i – среднее квадратическое отклонение доходностей i -го актива; r_{ij} – коэффициент корреляции доходностей i -го и j -го активов; $\gamma_i = x_i * c_i$ (величина бюджета на приобретение лотов акций i -го эмитента).

Задача (4) - (8) представляет собой задачу целочисленного нелинейного программирования, относящуюся к классу NP-полных по Тьюрингу проблем, для которых решение не может быть получено с использованием известных методов оптимизации. Однако, в нашем случае ограничение (5) является выпуклым, а критерий (4) линейным. Поэтому для поиска оптимального решения задачи в рассматриваемом варианте обоснована возможность использования основной идеи метода линейной оптимизации, связанной с представлением области допустимых значений в виде прямой суммы непересекающихся выпуклых областей, для каждой из которых оптимальное решение целочисленной задачи может быть получено с использованием метода ветвей и границ.

Предложенный в работе вариант модели формирования оптимального дискретного портфеля отличается от представленных в научных публикациях аналогов двухуровневой структурой: на первом с использованием «классического» непрерывного варианта определяется оптимальная структура портфеля, на втором – элементный состав с учетом бюджета инвестора, что позволяет оперативно корректировать портфель в случае изменений предпочтений инвестора и рыночной ситуации.

На основе «классического» (непрерывного) и предложенного дискретного вариантов моделей проведены расчеты оптимальных портфелей для различных групп неинституциональных инвесторов с учетом факторов ликвидности финансовых активов, уровня приемлемого для инвестора риска и размера инвестиционного бюджета.

Отмечено, что структуры их дискретных и непрерывных портфелей значительно отличаются в случае небольшого бюджета инвестиций (до 100 тыс. руб.). Например, если в непрерывном субпортфеле акций умеренно-агрессивного инвестора с бюджетом первоначальных инвестиций до 1 млн. руб. присутствуют и бумаги эмитентов среднего уровня ликвидности (включая Новатэк, Ютэйр и Дикси), то в дискретном – только высоколиквидные бумаги эмитентов из первого эшелона.

Напротив, для бюджета выше 1 млн. руб. структура целочисленного портфеля приближается к структуре непрерывного аналога, сформированного на основе классической модели Г. Марковица. Этот результат подтвержден для портфелей всех уровней ликвидности, особенно низколиквидных и диверсифицированных.

Также отмечено, что при высоком риске активов структуры непрерывного и дискретного портфелей различны для всех уровней ликвидности за исключением высоколиквидных портфелей с большим объемом начальных инвестиций.

3. Методологический подход и численный метод оценки ликвидности финансовых активов, отбираемых в портфель неинституционального инвестора.

В работе отмечено, что проблематика оценки и учета ликвидности финансовых инструментов стабильно занимает одно из центральных мест в теоретических и практических исследованиях в области принятия инвестиционных решений на развитых фондовых рынках. Существует множество показателей, измеряющих ликвидность ценных бумаг. Их отличие заключается в интерпретации этого понятия. Некоторые исследователи оценивают ликвидность как эндогенную (вызванную особенностями эмитента или бумаги) характеристику, другие отождествляют ликвидность с частотой торгов ценной бумагой и оценивают ее на основе показателей, характеризующие развитость и активность рынка.

В рамках второго подхода отметим работу Black J., Pradeep K.⁴, в которой финансовый актив характеризуется как ликвидный, если его цена на короткой продаже ненамного меньше цены на длинной сделке. Авторы описывают ликвидный рынок, в котором всегда присутствует разница между ценами покупки и продажи финансовых активов.

Что касается российского рынка, то такой подход к оценке ликвидности финансового актива не может быть признан корректным. Основная причина – низкое качество данных, в том числе, их отсутствие по некоторым торговым сессиям и высокая волатильность котировок торгуемых финансовых активов из-за низкой активности торгов, что не позволяет получить обоснованные оценки их ликвидности. Однако на основании доступной информации все же можно рассчитать некоторые показатели (средний относительный спред между ценами покупки-продажи актива, среднее количество сделок и процент торговых дней с участием актива), которые используются в российской практике оценки ликвидности (например, в методике Мосбиржи, ориентированной на дифференциацию ценных бумаг по уровням ликвидности: высоко, средне и низко ликвидные).

Вместе с тем, методика Мосбиржи не в полной мере учитывает другие важные характеристики ликвидности финансового актива, такие как срочность, глубину, упругость, плотность сделок с активом (см. например, работу Dick-Nielsen J.⁵), влияющие на доходности портфелей неинституциональных инвесторов, отличающихся сроками инвестирования и предпочтениями по составу включаемых в портфель ценных бумаг.

В работе обосновано, что эти и другие характеристики ликвидности инструментов рынков с котировками (акции, корпоративные и суверенные облигации) могут быть получены на основе следующих показателей: «моментум»- отношение изменения цен на конец и на начало торгового дня; эффективного спреда; «максимальные» и «минимальные» цены в ходе одной торговой сессии. Эти показатели используются в численном алгоритме оценки ликвидности финансового актива, который включает следующие этапы:

1. Расчет коэффициента «спрос-предложение» $v_{i(b/s)}$ финансового актива- характеристика интенсивности обращения ценной бумаги i -го типа в ходе торговой сессии:

⁴ Black J. R., Pradeep K. The pricing of different dimensions of liquidity: Evidence from government guaranteed bank bonds, 2015, CFR Working Paper, No. 15-10, P. 15-25.

⁵ Dick-Nielsen J., Feldhutter P., Lando F. Corporate bond liquidity before and after the onset of the subprime crisis, 2012, Journal of Financial Economics, 103, P. 471-492.

$$v_{i(b/s)} = \frac{\bar{c}_{i(b)}}{\bar{c}_{i(s)}}, \quad (9)$$

где: $\bar{c}_{i(b)}$ и $\bar{c}_{i(s)}$ - средние цены бумаги i - го типа соответственно в предложениях на покупку и на продажу. Значение $v_{i(b/s)} \geq 1$ свидетельствует о высокой ликвидности финансового актива, $v_{i(b/s)} < 1$ - ограниченной ликвидности, $v_{i(b/s)} = 0$ - отсутствие спроса.

2. Расчет среднеотносительного спреда $\varepsilon_{i(b/s)}$ цен покупки и продажи актива:

$$\varepsilon_{i(b/s)} = \frac{\bar{c}_{i(s)} - \bar{c}_{i(b)}}{\bar{c}_{i(s)}} \quad \text{или} \quad (10)$$

$$\varepsilon_{i(b/s)} = \frac{2 \cdot (\bar{c}_{i(s)} - \bar{c}_{i(b)})}{\bar{c}_{i(s)} + \bar{c}_{i(b)}}. \quad (10')$$

Наилучшим условием для совершения сделки считается минимальный спред (в «идеальном» варианте $\varepsilon_{i(b/s)} \rightarrow 0$), характерен для высоколиквидных бумаг ($\varepsilon_{i(b/s)} \approx 0$).

3. Расчет уровня ликвидности λ_i^M i -й ценной бумаги в ходе одной торговой сессии:

$$\lambda_i^M = \frac{Q_{i(b)}^R}{Q_{i(s)}^M} = \frac{\sum_{r=1}^R c_{i(max)}^R * n_{i(b)}^r}{\sum_{j=1}^J c_{i(min)}^J * n_{i(s)}^r}, \quad (11)$$

где: $c_{i(max)}^R$ и $c_{i(min)}^J$ – максимальные и минимальные цены финансового актива в ходе одной торговой сессии, $Q_{i(b)}^R$ - стоимость приобретенных пакетов ценных бумаг i - го типа; $Q_{i(s)}^M$ - стоимость выставленных на продажу пакетов ценных бумаг i - го типа; $n_{i(b)}^r$, $n_{i(s)}^r$ – количество бумаг i - го типа в каждом из R , соответственно, приобретенных и проданных в ходе торговой сессии пакетов бумаг.

4. Оценка меры рассеяния (плотности) S_{λ_t} коэффициента ликвидности λ_i^M на протяжении N торговых сессий в периоде t :

$$S_{\lambda_t} = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{\rho=1}^P m_{\rho} \cdot (\lambda_{i(\rho)}^M - \lambda_i^t)^2}, \quad (12)$$

где: m_{ρ} - количество значений коэффициента ликвидности λ_i^M в ρ -й подгруппе.

5. Оценка коэффициента вариации η_i^t на основе разброса значений коэффициента ликвидности к его среднему значению λ_i^t в периоде t :

$$\eta_i^t = \frac{S_{\lambda_t}}{\lambda_i^t}. \quad (13)$$

Чем меньше η_i^t , тем меньше разброс значений коэффициента ликвидности относительно среднего значения λ_i^t и тем стабильнее уровень ликвидности i - й бумаги в периоде t .

На основе сопоставительного анализа оценок ликвидности ценных бумаг, полученных с использованием методики Мосбиржи и др., сделан вывод, что предложенный в работе алгоритм повышает достоверность оценок ликвидности финансовых активов с котировками, включаемых в портфели неинституциональных инвесторов и, в первую очередь, среднего уровня ликвидности.

4. Аналитический показатель ликвидности высокорисковых финансовых активов. Модели формирования оптимальных субпортфелей акций неинституциональных инвесторов с учетом ограничения на ликвидность составляющих.

В работе проведен анализ ценных бумаг, обращающихся на российском фондовом рынке, на предмет возможности оценки их ликвидности с использованием интегральных показателей, рассчитываемых по данным торговых сессий. Для высокорисковых активов (в частности, акций) среднего и высокого уровней ликвидности, преобладающих в портфеле среднесрочного умеренно-агрессивного инвестора, с использованием данных за период с 01.01.2017 по 31.12.2017 разработан и обоснован сводный индикатор ликвидности, основанный на расчете доли акций, участвующих в дневном обороте, от числа акций, находящихся в свободном обращении, и среднего дневного оборота:

$$LC_i^m = \frac{(d_i \bar{V}_i)^2}{\bar{P}_i \cdot Q_i \cdot FF_i}, \quad (14)$$

где: d_i – доля рабочих дней за период, в течение которых совершались сделки с i -м активом; \bar{V}_i – средний за период оборот торговли i -м активом; \bar{P}_i – средняя за период цена i -го актива; $Q_i \cdot FF_i$ – количество i -х акций в свободном обращении (Q_i – общее кол-во торгуемых акций i -го эмитента; FF_i – коэффициент свободного обращения i -й акции).

Ликвидность субпортфеля акций может быть рассчитана как взвешенная сумма показателей ликвидности включенных в него ценных бумаг:

$$PLC = \sum_i LC_i^m \cdot w_i, \quad (15)$$

где w_i – доля i -го актива в портфеле.

В работе отмечено, что показатель LC_i^m может быть использован при сравнительном анализе ликвидности акций различных эмитентов на этапе формирования портфеля инвестора, что отличает его от коэффициентов ликвидности Московской биржи и аналогичных, предназначенных для использования в инструментах качественной оценки финансовых активов на этапе экспресс-анализа портфеля и предполагающих присвоение акции одного из трех уровней ликвидности (низкий, средний, высокий).

Модифицированный показатель ликвидности, учитывая его количественный характер, согласующийся с оценкой возможных потерь инвестируемых в портфель средств инвестора, предложено использовать в ограничении модели целочисленного портфеля.

Модель формирования оптимального субпортфеля акций умеренно-агрессивного среднесрочного инвестора с небольшим бюджетом (от одного млн. руб.) имеет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} r_{mp} = \sum_{i=1}^{16} r_i \cdot \frac{c_i^0 x_i}{M} \rightarrow \max; \\ \sigma_p^2 = \sum_{i,j=1}^n \frac{c_i^0 x_i}{\sum_k c_k^0 x_k} \frac{c_j^0 x_j}{\sum_k c_k^0 x_k} \sigma_{ij} \leq 0,01\%; \\ \sum_{i=1}^{16} c_i^0 \cdot x_i \leq 1\,000\,000; \\ c_i^0 \cdot x_i \leq LC_i^m, i = \overline{1, 16}; \\ x_i \in N, i = \overline{1, 16}; \\ i, j \in I^{c,t}. \end{array} \right. \quad (16)$$

Сравнительный анализ структуры и характеристик оптимальных портфелей этой группы инвесторов, рассчитанных на основе моделей с критерием на максимум доходности без учета ограничения на ликвидность (модель (4) - (8)) и с учетом этого ограничения (модель (16)), показал, что доходность портфеля, рассчитанного с учетом ограничения на ликвидность, оказалась ниже: пришлось отказаться от ценных бумаг Яндекса ввиду недостаточной ликвидности.

В работе приведены также результаты верификации и адаптации модели оптимального целочисленного субпортфеля акций с учетом ограничения на ликвидность составляющих и для других категорий неинституциональных инвесторов-агентов российского фондового рынка.

5. Постановка задачи, математическая модель и численные методы динамической оптимизации портфеля финансовых активов неинституционального инвестора.

В работе отмечено, что решение актуальной и практически значимой для неинституционального инвестора-агента современного российского фондового рынка задачи повышения эффективности портфельного инвестирования может быть реализовано в рамках динамической оптимизации портфеля финансовых активов на последовательных временных интервалах, составляющих единый холдинговый период, с учетом параллельных торгов на $K > 1$ альтернативных площадках и возможности оперативной коррекции структуры и элементного состава сформированных на этих площадках субпортфелей с учетом текущих и прогнозных (на рассматриваемых временных интервалах) курсов ценных бумаг.

При этом, если в «статичном» варианте модели портфеля используется среднерыночные цены активов, установленные на основе данных по наблюдаемым за определенный период торгам, то в «динамическом» варианте появляется возможность оперировать накопленными данными не только по среднерыночному портфелю, но и по собственным сделкам купли-продажи. Мониторинг отдельных рядов цен и их учет в модели портфеля позволяет существенно повысить точность оценок портфеля для текущего и качество принимаемого на их основе решения по управлению портфелем на очередном временном интервале.

Для управления инвестиционным портфелем неинституционального инвестора на последовательных временных интервалах предложено использовать динамическую модель, организованную на двух уровнях. Модель верхнего уровня - выбор оптимального (по критерию совокупного дохода) распределения денежных средств, аккумулированных УК (средства неинституциональных инвесторов), между торговыми площадками, модель нижнего уровня (торговой площадки)- оценка доходности, риска и ликвидности k -го субпортфеля на конец предыдущего-начало очередного временного интервала и определение плана покупки- продажи ценных бумаг, включенных в портфель или являющихся потенциальными (с учетом предпочтений инвестора) объектами инвестирования.

В записи модели используются следующие обозначения переменных и параметров: I, i_1, i_2 – индексы ценных бумаг, обращающихся на k -й торговой площадке ($i, i_1, i_2 = \overline{1, I_k}$); t, τ – индексы временных интервалов ($t = \overline{0, T}$; $\tau = \overline{-T_{пр}, t - 1}$), где T – плановый горизонт, $T_{пр}$ – предшествующий нулевому горизонт мониторинга финансовых активов, обращающихся на k -й торговой площадке; $\overline{ps}_{k,i}^{(t)}, \overline{pr}_{k,i}^{(t)}, \overline{pd}_{k,i}^{(t)}$ – средние за период $[\overline{-T_{пр}, t - 1}]$ цены соответственно продажи, покупки и доходности i -го актива для k -й торговой площадки; $\sigma_{d_{k,i}}^{(t)}$ – среднее квадратическое отклонение доходности i -го актива от среднего значения, рассчитанного за период наблюдения $[\overline{-T_{пр}, t - 1}]$, для k -й торговой площадки; $cov_{d_{k,i_1,i_2}}^{(t)}$ – коэффициент ковариации доходности активов с индексами i_1 и i_2 , обращающихся на k -й торговой площадке, рассчитанный за период наблюдения $[\overline{-T_{пр+1}, t - 1}]$; $x_{k,i}^{(t)}, y_{k,i}^{(t)}$ – величины соответственно продаваемого и покупаемого на временном интервале t на k -й торговой площадке i -го актива ($i = \overline{1, I_k}$); $PD_k^{(t)}$ – ожидаемая доходность операций с инвестиционным портфелем на k -й площадке на временном интервале t ($t \geq 1$):

$$PD_k^{(t)} = \sum_{i=1}^{I_k} \left(\overline{ps}_{k,i}^{(t)} * x_{k,i}^{(t)} - \overline{pr}_{k,i}^{(t)} * y_{k,i}^{(t)} \right) * (1 - \gamma_k^{(t)}), \quad (17)$$

где: $\gamma_k^{(t)}$ – доля трансакционных и операционных затрат в общем объеме затрат по управлению k -м субпортфелем на временном интервале t ; $\underline{L}_k^{(t)}, \bar{L}_k^{(t)}$ – объемы свободных для инвестирования в финансовые активы на k -й торговой площадке денежных средств соответственно на начало и конец временного интервала t :

$$\bar{L}_k^{(t)} = \underline{L}_k^{(t)} + PD_k^{(t)}, t = \overline{1, T}; \quad (18)$$

$$\underline{L}_k^{(t)} = \bar{L}_k^{(t-1)}, \underline{L}_k^{(0)} = u_k, \quad (19)$$

где u_k – объем инвестиций, предоставленных УК k -й торговой площадке в стартовом (нулевом) временном интервале; $\underline{v}_{k,i}^{(t)}, \bar{v}_{k,i}^{(t)}$ – объемы i -го актива, находящиеся в управлении брокера k -й торговой площадки соответственно в начале и конце временного интервала t ($t \geq 1$):

$$\bar{v}_{k,i}^{(t)} = \underline{v}_{k,i}^{(t)} - x_{k,i}^{(t)} + y_{k,i}^{(t)}, i = \overline{1, I_k}; \underline{v}_{k,i}^{(t)} = \bar{v}_{k,i}^{(t-1)}, \bar{v}_{k,i}^{(0)} = 0, i = \overline{1, I_k}; \quad (20)$$

$wv_{k,i}^{(t)}$ – доля i -го актива в k -м субпортфеле к концу временного интервала t , $t = \overline{1, T}$:

$$wv_{k,i}^{(t)} = \frac{\bar{v}_{k,i}^{(t)}}{\sum_{i=1}^{I_k} \bar{v}_{k,i}^{(t)}}; \quad (21)$$

$\overline{\sigma}_{d_k}$ – пороговое значение риска потери доходности k -го субпортфеля ($\overline{\sigma}_{d_k} \in (0; 1)$).

Модель оптимального управления k -м субпортфелем неинституционального инвестора на временном интервале t ($t = \overline{1, T}$) – формализованное представление задачи выбора векторов $\bar{X}_k^{(t)} = (x_{k,1}^{(t)}, \dots, x_{k,I_k}^{(t)})$ (продажи) и $\bar{Y}_k^{(t)} = (y_{k,1}^{(t)}, \dots, y_{k,I_k}^{(t)})$ (покупки) финансовых активов, в совокупности определяющих план коррекции k -го субпортфеля с критерием на максимум доходности (22) и ограничениями на: финансовую реализуемость операций с приобретаемым пакетом акций (23), неотрицательность баланса (24), допустимый риск (25), целочисленность продаваемых и приобретаемых лотов финансовых активов (26, 27):

$$\sum_{i=1}^{I_k} \bar{pd}_{k,i}^{(t)} * (\underline{v}_{k,i}^{(t)} - x_{k,i}^{(t)} + y_{k,i}^{(t)}) \rightarrow \max; \quad (22)$$

$$\sum_{i=1}^{I_k} \bar{pr}_{k,i}^{(t)} * y_{k,i}^{(t)} \leq \underline{L}_k^{(t)}, t = \overline{1, T}; \quad (23)$$

$$\bar{L}_k^{(t)} = \underline{L}_k^{(t)} + \sum_{i=1}^{I_k} (\bar{ps}_{k,i}^{(t)} * x_{k,i}^{(t)} - \bar{pr}_{k,i}^{(t)} * y_{k,i}^{(t)}) * (1 - \gamma_k^{(t)}) \geq 0, t = \overline{1, T}; \quad (24)$$

$$\sum_{i_1=1}^{I_k} \sum_{i_2=1}^{I_k} wv_{k,i_1}^{(t)} * wv_{k,i_2}^{(t)} * \sigma_{d_{k,i_1}}^{(t)} * \sigma_{d_{k,i_2}}^{(t)} * \sigma_{d_{k,i_1,i_2}}^{(t)} \leq 2(\overline{\sigma}_{d_k})^2, t = \overline{1, T}; \quad (25)$$

$$x_{k,i}^{(1)} = 0, x_{k,i}^{(t)} \in Z_+, i = \overline{1, I_k}, t = \overline{2, T}; \quad (26)$$

$$y_{k,i}^{(t)} \in Z_+, i = \overline{1, I_k}, t = \overline{1, T}. \quad (27)$$

В модели оптимального управления k -м субпортфелем инвестора дополнительно учитывается:

1. Начальное состояние субпортфеля:

$$\bar{L}_k^{(0)} = V_k. \quad (28)$$

2. Ограничение на общую ликвидность субпортфеля и его составляющих на временном интервале t ($t = \bar{1}, \bar{T}$).

3. Уравнения перехода от шага $t-1$ к шагу t :

$$\underline{L}_k^{(t)} = \bar{L}_k^{(t-1)}, t = \bar{1}, \bar{T}; \quad (29)$$

$$\underline{v}_{k,i}^{(t)} = \bar{v}_{k,i}^{(t-1)}, i = \bar{1}, \bar{I}_k, t = \bar{1}, \bar{T}. \quad (30)$$

4. Конечное состояние субпортфеля, определяемое планируемым составом и объемами активов к концу холдингового периода:

$$\bar{v}_{k,i}^{(T)} = kv_{k,i}, i = \bar{1}, \bar{I}_k. \quad (31)$$

В случае, если задачей инвестора является простое получение денежного дохода от первоначальной инвестиции, то $kv_{k,i} = 0$.

Оценками эффективности управления инвестиционным портфелем неинституционального инвестора на k -й торговой площадке могут являться:

- валовый доход от операций с портфелем, полученный на плановом горизонте $[1, T]$:

$$D_k = \bar{L}_k^{(t)} - u_k; \quad (32)$$

- дисконтированный поток чистых доходов:

$$DPD_k = -u_k + \sum_{t=1}^T \sum_{i=1}^{I_k} \frac{(\bar{p}s_{k,i}^{(t)} * x_{k,i}^{(t)} - \bar{p}r_{k,i}^{(t)} * y_{k,i}^{(t)})}{(1+e_0^{(t)})^t}, \quad (33)$$

где $e_0^{(t)}$ – ставка дисконтирования для периода t , совпадающая с доходностью среднерыночного портфеля в этом периоде.

Выбор критерия оптимальности зависит от величины планового горизонта и отношения к риску отклонения доходности k -го субпортфеля от доходности среднерыночного портфеля для брокера, оперирующего на k -й торговой площадке.

Манипулируя параметрами u_k , $\bar{\sigma}_{d_k}$ в границах допустимых значений, задаваемых соотношениями:

$$\sum_{k=1}^K u_k = U; \quad (34)$$

$$\frac{\bar{\sigma}_{d_k}^{(t)}}{\bar{\sigma}_d} \in (0; \bar{\sigma}_d), \quad (35)$$

где $\bar{\sigma}_d$ – предельный уровень риска, установленный для всех торговых площадок, для каждого фиксированного их набора получим соответствующее решение k -й секторной задачи, включающее наборы векторов $\bar{X}_k^{(t)}, \bar{Y}_k^{(t)}$ ($t = \bar{1}, \bar{T}$) и значение критерия оптимальности в форме (32) или (33).

Особый практический интерес представляет случай «равенства» торговых площадок по отношению к риску операций с финансовыми активами:

$$\bar{\sigma}_{d_k}^{(t)} = \bar{\sigma}_d, k = \bar{1}, \bar{K}; t = \bar{1}, \bar{T}; \quad (36)$$

В этом случае общая эффективность управления инвестиционным портфелем неинституционального инвестора зависит от «корректного» распределения первоначальной инвестиции объема U по отдельным торговым площадкам.

Если рассматривать критерий эффективности управления инвестиционным портфелем неинституционального инвестора для k -й торговой площадки в форме (38) как функцию параметра u_k , то модель выбора оптимального распределения инвестиций по K торговым площадкам (модель верхнего уровня) принимает вид:

$$\sum_{k=1}^K \text{DPD}_k(u_k) \rightarrow \max; \quad (37)$$

$$\sum_{k=1}^K u_k = U; \quad (38)$$

$$u_k \geq 0, k = \overline{1, K}. \quad (39)$$

Иерархическая структура динамической модели с выделением конкретных типов решаемых на разных уровнях задач математического программирования допускает возможность использования при их решении традиционных и оригинальных численных алгоритмов. В частности, для решения дискретной динамической задачи большой размерности предложен численный метод, основанный на поиске квазиоптимального решения соответствующей непрерывной задачи и последующей его локальной оптимизации в окрестности единичного радиуса.

Для практической реализации динамической модели разработано информационно-алгоритмическое обеспечение, реализованное с использованием языка программирования JavaScript и технологий Node.js и Electron.

6. Верификация и адаптация информационно-алгоритмического и программного обеспечения задач оценки и оптимального управления субпортфелем акций выбранного неинституционального инвестора с учетом факторов дискретности и ликвидности составляющих.

Численная реализация модели динамической оптимизации портфеля неинституционального инвестора с использованием собственного программного обеспечения и с привлечением для первичной обработки информации программных средств MS Excel проведена на примере портфеля финансовых активов ООО «ЭликСи», сопровождаемого на временном интервале февраль – апрель 2018 г. (в холдинговый период были включены 10 торговых дней-каждый понедельник очередной рабочей недели).

В соответствии с предпочтениями инвестор отнесен к группе умеренно-агрессивных среднесрочных: продолжительность инвестиций от момента покупки активов от 3-х месяцев до 2-х лет, планируемый уровень доходности портфеля (с учетом реального уровня инфляции) – 10%-12%, приемлемый риск - до 6%. приемлемый уровень ликвидности финансовых активов в портфеле (по методике Мосбиржи): высокий- для 25% портфеля, средний- для оставшейся доли.

Предпочтения по отраслям и эмитентам: портфель должен быть максимально диверсифицированным. Особые предпочтения: возможность продать 7% портфеля через 3 месяца, отсутствие или минимизация коротких позиций.

Для формирования исходного портфеля (используемого в первой торговой сессии) были отобраны ценные бумаги различных эмитентов. В первую очередь - «голубые фишки», далее - бумаги крупных эмитентов, которые давно присутствуют на рынке и большинство из которых представлены в списке ликвидных бумаг на IV кв. 2017- I кв. 2018 г. (по результатам торгов на ММВБ). Отрасли максимально диверсифицированы, в списке представлены акции финансового и промышленного секторов. Первоначально в портфель вошло двадцать бумаг, среди них как акции, в том числе обыкновенные и привилегированные, так и облигации.

Рассчитанный на основе предложенных моделей и скорректированный по итогам десятой торговой сессии инвестиционный портфель является диверсифицированным (вошли бумаги пятнадцати эмитентов, основная доля - акции Лукойла, Газпрома и Сургутнефтегаза, дополнительно включены ОФЗ-н № 53002RMSF и инвестиционные облигации Сбербанка) с характеристиками доходности и риска, соответствующими ожиданиям инвестора (доходность – 10,15%, риск – 4,18 %). При этом ликвидность оказалась выше ожидаемого уровня. За период владения портфелем доходность инвестиционной деятельности ООО «ЭликСи», оцениваемая отдачей на руб. вложений в инвестиции, выросла на 8%. При этом инвестиционный блок компании приобрел опыт биржевых торгов и управления финансовым портфелем.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

- рост активности непрофессиональных инвесторов-агентов российского фондового рынка связывается с ростом доходностей и снижением рисков осуществляемых ими операций, повышением обоснованности решений по формированию и управлению портфелями финансовых активов с учетом их предпочтений по составляющим, срокам и объемам инвестиций. Эти условия могут быть обеспечены на основе совершенствования экономико-математического инструментария портфельного инвестирования;

- такое совершенствование предполагает расширение набора показателей качества финансовых активов, используемых в критериях и ограничениях моделей оптимизации портфеля неинституциональных инвесторов. Наряду с традиционными доходностью и риском в их составе необходимо использовать и ликвидность ценной бумаги. В оценках этих показателей и при формировании и управлении портфелем

финансовых активов необходимо также учитывать институциональные особенности развивающихся рынков, в частности: низкие торговые обороты, слабую эффективность рыночной информации, высокую волатильность и др., а также собственные отличия российского: дискретность торгуемых лотов ценных бумаг, наличие альтернативных торговых площадок и др., препятствующие широкому использованию западных методик;

- использование в практической деятельности непрофессиональных инвесторов и управляющих компаний разработанных в диссертации моделей, информационно-алгоритмического и программного обеспечения задач оптимизации финансового портфеля неинституционального инвестора в статичном и динамическом вариантах, учитывающих отмеченные условия и особенности инвестирования на российском фондовом рынке, позволяет повысить точность оценок портфелей и корректность принимаемых инвестиционных решений.

IV. ПУБЛИКАЦИИ АВТОРА ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Монография и статьи в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации:

1. Быстрова, Д. А. Управление финансовым портфелем неинституционального инвестора: монография / Быстрова Д. А. – Москва: РУСАЙНС (КноРус), 2018. – 164 С. (ISBN: 978-5-4365-3188-5). – 7,8 п.л.

2. Быстрова, Д. А. Модели и численные методы динамической оптимизации финансового портфеля неинституционального инвестора / Быстрова Д. А. // Путеводитель предпринимателя. - 2017. - № 36. - С. 50-64. – 0,7 п.л.

3. Быстрова, Д. А. Теоретические подходы и инструментарий оценки ликвидности финансовых активов в задачах портфельного инвестирования / Быстрова Д. А. // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. - 2017. - № 6 (96). -С. 71-79. – 0,9 п.л.

4. Быстрова, Д. А., Рязанов М. А. Информационно-алгоритмическое обеспечение оптимального управления портфелем финансовых активов неинституционального инвестора / Быстрова Д. А., Рязанов М. А. // Фундаментальные исследования. - 2017. - № 9-1. -С. 141-146. – 0,38 п. л. (авторских - 0,25 п.л.).

5. Быстрова, Д. А., Грачева Д. А. Влияние фактора дискретности на структуру финансового портфеля неинституционального инвестора / Быстрова Д. А., Грачева Д. А. // Фундаментальные исследования. - 2018. - № 5.- С. 41-46. – 0,35 п. л. (авторских - 0,21 п. л.).

6. Быстрова, Д. А., Зинчук М. Г., Лошаков М. А. Математические модели и информационно-алгоритмическое обеспечение динамической оптимизации портфеля финансовых активов неинституционального инвестора / Быстрова Д. А., Зинчук М.

Г., Лошаков М. А. // Фундаментальные исследования. - 2018. - № 8. -С. 17-25. – 0,5 п. л. (авторских - 0,24 п. л.).

7. Быстрова, Д. А., Торпеха Е. В. Модели и методы оценки уровня ликвидности высокорисковых активов портфельного инвестора / Быстрова Д. А., Топеха Е. В. // Ученые записки Российской Академии предпринимательства. - 2018. - № 1. -С. 145-156. – 0,95 п. л. (авторских - 0,65 п. л.).

8. Быстрова, Д. А., Гришина В. П. Феномен, показатели и алгоритмы оценки ликвидности финансовых активов, включаемых в инвестиционный портфель / Быстрова Д. А., Гришина В. П. // Фундаментальные исследования. - 2018. - № 10. -С. 42-50. – 0,62 п. л. (авторских - п.л. 0,4 п. л.).

9. Быстрова, Д. А., Стерн А. А., Кухаренко А. Ю., Горский М. А. Российский фондовый рынок: тенденции и перспективы развития / Быстрова Д. А., Стерн А. А., Кухаренко А. Ю., Горский М. А. // Фундаментальные исследования. - 2018. - № 11-1.- С. 97-101. – 0,27 п. л. (авторских - 0,18 п.л.).

10. Быстрова, Д. А., Стерн А. А. К вопросу корректности алгоритма оценки ликвидности рискованных финансовых активов / Быстрова Д. А., Стерн А. А. // Вестник Саратовского государственного социально-экономического университета. - 2018. - № 2 (71). -С. 162-168. – 0,5 п. л. (авторских - 0,35 п.л.).

11. Быстрова, Д. А., Стерн А. А. Численный алгоритм оценки ликвидности рискованных активов в финансовом портфеле неинституционального инвестора / Быстрова Д. А., Стерн А. А. // Фундаментальные исследования. - 2018. - № 2. С. 158-167. – 0,49 п. л. (авторских - п.л. 0,24 п. л.).

12. Быстрова, Д. А., Стерн А. А. Современное состояние и институциональные особенности российского фондового рынка / Быстрова Д. А., Стерн А. А. // Фундаментальные исследования. - 2018. - № 7.- С. 172-179. – 0,31 п. л. (авторских - п.л. 0,15 п. л.).

Тезисы докладов:

13. Быстрова, Д.А., Топеха Е.В., Зинчук М.Г. Динамическая оптимизация портфеля неинституционального инвестора / Быстрова Д. А., Топеха Е. В., Зинчук М. Г. // Сборник статей XIII Международной научно-практической конференции «World science: Problems and innovations» (Россия, Пенза, 30 сентября 2017 г.). В 2-х частях.– 2017. - № 4 (24). -С. 73-81. – 0,52 п. л. (авторских - 0,33 п. л.).

14. Быстрова, Д. А., Гришина В. В. Сравнительный анализ подходов и методов оценки ликвидности финансовых активов / Быстрова Д. А., Гришина В. В. // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Интеграция науки и практики как условие технологического прорыва» (Россия, Казань, 5 ноября 2017 г.). : в 3 частях. – 2017. - № 4 (24).- С. 35-45. – 0,72 п. л. (авторских - 0,48 п. л.).

15. Быстрова, Д. А., Топеха Е., В., Зинчук М. Г. Оптимизация динамического портфеля неинституционального инвестора / Быстрова Д. А., Топеха Е. В., Зинчук М. Г. // Сборник материалов III Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития промышленности России. Промышленность и инвестиции: настоящее и будущее»// Москва, РЭУ им. Г. В. Плеханова. - 2018. - С. 556-566. – 0,6 п. л. (авторских - 0,35 п. л.).