

*На правах рукописи*



**Хамитов Эльдар Маратович**

**ИМИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ И УПРАВЛЕНИЯ  
УСТОЙЧИВОСТЬЮ ОБЩЕСТВ ВЗАИМНОГО СТРАХОВАНИЯ**

Специальность: 08.00.13 –

«Математические и инструментальные методы экономики»

**АВТОРЕФЕРАТ**

диссертации на соискание учёной степени

кандидата экономических наук

Москва – 2018

Работа выполнена на кафедре математических методов экономики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова», г. Москва.

Научный руководитель                    доктор экономических наук, профессор  
**Тихомиров Николай Петрович**

Официальные оппоненты:    **Шоргин Сергей Яковлевич**  
доктор физико-математических наук,  
профессор,  
ФИЦ "Информатика и управление" РАН,  
главный научный сотрудник

**Кудрявцев Андрей Алексеевич**  
доктор экономических наук, доцент,  
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский  
государственный университет»,  
профессор кафедры «Управление рисками и  
страхование»

Ведущая организация                    ФГБУН «Институт проблем управления им. В.  
А. Трапезникова Российской Академии Наук»

Защита состоится 26 декабря 2018 г. в 12.00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.196.15 на базе ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова» по адресу: 117997, г. Москва, Стремянный пер., д. 36, корп. 3, ауд. 353.

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в Научно-информационном библиотечном центре им. академика Л.И. Абалкина ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова» по адресу: 117997, г. Москва, ул. Зацепа, д. 43 и на сайте организации: <http://ords.rea.ru/>

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.196.15,  
кандидат технических наук, доцент



Мастяева И.Н.

## I. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность темы исследования.** Организации взаимного страхования (ОВС), страховой фонд которых формируется за счет средств их участников-страхователей без привлечения акционерного капитала, в определенных случаях оказываются способны предложить своим участникам более выгодную страховую защиту, по сравнению с коммерческими страховщиками. В первую очередь это связано с отсутствием в страховой премии ОВС коммерческой компоненты и сохранением средств страхового фонда в совместной собственности страхователей. Эти и некоторые другие конкурентные преимущества позволяют ряду ОВС занимать устойчивые позиции в отдельных сегментах мирового страхового рынка, сформированных, как правило, по отраслевому или региональному признаку и характеризующихся относительной однородностью рисков.

Переход на взаимную форму страхования для определенных конгломератов российских страхователей также может привести существенный экономический эффект, как им самим, так и государству. ОВС в определенной степени способны снизить финансовую нагрузку на государственный бюджет, связанную с компенсацией ущерба от техногенных и природных катастроф, потерь естественных монополий и т.п. Создание ОВС некоторыми группами страхователей может принести положительный социальный эффект в виде снижения рисков гражданской ответственности, усиления социальной защиты, повышения качества охраны окружающей среды и др.

Однако, по ряду причин на этапе становления российского страхового рынка в 90-е годы сегмент взаимного страхования практически не развивался. В настоящее время в РФ действует только 12 ОВС с незначительным финансовым оборотом, против 435 коммерческих страховых компаний.

В определенной степени это обусловлено высокими уровнями рисков потери устойчивости ОВС на начальном этапе их становления, когда объемы их фондов еще недостаточны для покрытия возможных ущербов от разного рода неблагоприятных событий. Большинство крупных мировых ОВС формировались продолжительное время в достаточно стабильных экономических условиях, обуславливающих устойчивое развитие их участников. В условиях современной России, характеризующихся относительно высокими вероятностями проявления неблагоприятных событий различной природы, создание новых ОВС при отсутствии стартового акционерного капитала и существующей острой конкуренции на рынке страховых услуг оказывается затруднительным: такое общество в короткие сроки должно аккумулировать страховой фонд, обеспечивающий его достаточную финансовую устойчивость, при сохранении экономической привлекательности общества для страхователей.

Решение этих проблем, в первую очередь, предполагает необходимость получения достоверных оценок устойчивости и обоснования стратегий её повышения в реальных условиях деятельности ОВС. На наш взгляд, в условиях случайного характера страховых событий и зависящих от них платежей и выплат участников ОВС, результаты в этой области могут быть получены с использованием методов имитационного моделирования. Вместе с тем в научной литературе проблемы разработки и использования в практических исследованиях устойчивости ОВС моделей и методов имитационного моделирования не освещались в достаточной степени, что и предопределяет актуальность темы диссертационного исследования.

**Степень научной разработанности проблемы.** История развития института взаимного страхования и практика его применения в различных странах и отраслях рассмотрена в работах ряда отечественных и зарубежных специалистов, в частности А. С. Адонина, К. Е. Турбиной, В. Н. Дадькова, Э. С. Гребенщикова, М. Ван Лювена, Ф. Шарпентье, С. Вальи. Теоретико-методологические основы взаимного страхования как формы создания

страхового продукта изложены в работах И. Л. Логвиновой. Возможности практического применения этого механизма в отдельных секторах страхового рынка Российской Федерации исследованы в работах И. Л. Логвиновой, В. Н. Дадькова, А. П. Згонникова, А. Г. Архиповой. Перечисленные работы посвящены в первую очередь качественному описанию механизма взаимного страхования, и, за исключением отдельных работ В. Н. Дадькова, не содержат количественных оценок эффективности взаимного страхования.

Теоретико-методологические основы математической оценки эффективности страхования освещались в работах Д. Б. Хаустона. Применение различных подходов к определению эффективности и финансовой устойчивости организаций взаимного страхования, основанных на методе Хаустона, в рамках статических моделей осуществлено в работах специалистов ИПУ РАН В. Н. Буркова, Д. А. Новикова, А. Ю. Заложнева, О. С. Кулика и В. В. Бреера, а также ряда зарубежных исследователей, среди которых следует выделить Р. Мургаи, П. Винтерса, Э. Садоулет, А. Жанри. Вместе с тем, данным методам присущи определенные недостатки, вытекающие из статической постановки задачи, которая при оценке эффективности страхования не принимает во внимание динамические эффекты, обусловленные особенностями процесса накопления страхового фонда ОВС и другие долгосрочные эффекты его формирования.

Основы моделирования динамики страховых фондов и методы определения устойчивости страховых организаций в рамках теории разорения были заложены скандинавскими исследователями Г. Крамером и О. Лундбергом, а также итальянским автором Де Финетти в середине XX-го века. Г. Л. Сил в 1978 году впервые рассмотрел возможности использования численных методов для определения вероятности разорения за конечное время путем решения системы стохастических дифференциальных уравнений. Применение модели Крамера-Лундберга для описания деятельности организаций взаимного страхования рассмотрено в работах Ц. С. Тапиеро, Й. Кахане, Л. Жакье. Математические методы, использованные

вышеперечисленными исследователями, позволили получить аналитические выражения для устойчивости ОВС для ряда частных случаев, с большим количеством ограничений и допущений. На наш взгляд, методы имитационного моделирования являются более эффективными при обосновании возможных стратегий повышения устойчивости ОВС в достаточно широком спектре реальных условий.

Кроме того, зарубежные исследования ориентированы на описание, в первую очередь, сформировавшихся ОВС с продолжительной историей. Процесс становления общества взаимного страхования на раннем этапе развития, формирования страхового фонда и выхода ОВС в устойчивое состояние в современных условиях остается слабо изученным.

Необходимость разработки и совершенствования подходов и методов оценки и управления устойчивостью ОВС на разных этапах его развития с учетом возможных в реальных условиях механизмов и стратегий её повышения на основе методов имитационного моделирования и предопределили выбор объекта, предмета, цели и задач диссертационного исследования.

**Цель и задачи исследования.** Цель диссертационного исследования состоит в разработке комплексных подходов к оценке уровня устойчивости и обоснованию возможных стратегий формирования страховых фондов ОВС, на основе методов имитационного моделирования их основных финансовых потоков.

В соответствии с этой целью в работе поставлены и решены следующие задачи:

- сформирована система показателей, характеризующих финансовую устойчивость фондов обществ взаимного страхования и эффективность участия страхователей в таких обществах;
- предложены принципы имитационного моделирования процесса формирования страхового фонда ОВС с учетом закономерностей динамики

финансовых потоков между фондом ОВС и его участниками, а также между фондом ОВС и внешней финансовой средой;

- разработаны подходы к оценке эффективности взаимного страхования в сопоставлении с другими формами страховой защиты, получены зависимости эффективности участия страхователя в ОВС от состава страхователей, параметров страхования и внешних экономических условий;

- обоснованы возможные в условиях РФ механизмы внешнего поддержания финансовой устойчивости ОВС, предложены методы сопоставительной оценки их стоимости и эффективности при различных режимах формирования ОВС в различных экономических условиях;

- обоснована возможность использования механизма секьюритизации страховых активов для управления устойчивостью ОВС, разработаны методы оценки оптимальных параметров секьюритизации, получены количественные оценки минимальных параметров страхового портфеля ОВС, подлежащего процедуре секьюритизации;

- разработана модель оптимального управления процессом формирования страхового фонда ОВС, сформулированы рекомендации по определению порядка формирования таких фондов.

**Объект и предмет исследования.** Объектом диссертационного исследования являются организации взаимного страхования на начальном этапе их деятельности. Предметом исследования выступают математические модели процесса формирования страховых фондов ОВС и имитационные методы оценки финансовой устойчивости и эффективности их работы.

**Область исследования.** Результаты диссертационного исследования соответствуют пунктам 1.4 «Разработка и исследование моделей и математических методов анализа микроэкономических процессов и систем: отраслей народного хозяйства, фирм и предприятий, домашних хозяйств, рынков, механизмов формирования спроса и потребления, способов количественной оценки предпринимательских рисков и обоснования инвестиционных решений» и 2.2 «Конструирование имитационных моделей

как основы экспериментальных машинных комплексов и разработка моделей экспериментальной экономики для анализа деятельности сложных социально-экономических систем и определения эффективных направлений развития социально-экономической и финансовой сфер» Паспорта специальностей ВАК при Минобрнауки России по специальности 08.00.13 - Математические и инструментальные методы экономики.

#### **Теоретическая и методологическая основа исследования.**

Теоретической и методологической основой исследования являются работы отечественных и зарубежных специалистов в области анализа и имитационного моделирования случайных процессов, теории вероятностей, моделирования страховых рисков и деятельности страховых организаций, актуарной математики, теории управления и методов оптимизации сложных систем.

В процессе исследования использовались законодательные акты Российской Федерации, нормативные и методические указания Правительства РФ, Центрального банка РФ, Федеральной службы по надзору за страховой деятельностью.

**Методы исследования.** В ходе выполнения исследования использовались методы имитационного моделирования, теории стохастических процессов, теории вероятности и математической статистики, теории оптимального управления. Для проведения имитационных экспериментов и обработки данных использовались программные пакеты «Microsoft Visual Studio 2017», «Matlab R2016a» и «Microsoft Excel». Реализация имитационных моделей осуществлялась с использованием языка программирования C# на базе платформы .NET Framework 4.6.

**Научная новизна исследования.** Разработан комплекс имитационных моделей процесса формирования фонда общества взаимного страхования со стохастическим потоком страховых выплат, методы оценки уровня его устойчивости в условиях финансовой самостоятельности и при возможных механизмах его поддержки, различающихся потоками финансовых



поступлений, страховых и долговых выплат, методы оптимизации параметров этих потоков с учетом полученных в ходе имитационных экспериментов зависимостей критериев и ограничений по уровням финансовой устойчивости ОВС, затрат страхователей и поддерживающих ОВС организаций от порядка формирования фонда.

Наиболее существенные результаты исследования, полученные лично автором и выдвигаемые на защиту, состоят в следующем:

- систематизированы возможные модели процесса формирования фонда ОВС в плановом периоде в условиях его финансовой самостоятельности и при финансовой поддержке внешних организаций на основе оценок поступающих и выплачиваемых средств, в том числе плановых и дополнительных взносов участников, инвестиционных вложений страховых резервов, кредитных займов, перестрахования, субсидирования и других операций общества;

- предложен методический подход к оценке вероятности разорения ОВС в плановом периоде, как характеристики его финансовой устойчивости, базирующийся на имитации потоков страховых выплат при известном законе их распределения и возможных режимах пополнения фонда. Вероятность разорения ОВС определена как отношение числа имитационных экспериментов, заканчивающихся техническим разорением фонда в плановом периоде, к их общему количеству, составляющему не менее  $10^5$ ;

- предложен критерий эффективности участия в ОВС страхователей, оцениваемый по их затратам (стоимости участия), получены зависимости минимальной стоимости участия в ОВС от основных его параметров: требуемого уровня устойчивости, числа участников, параметров законов распределения страховых выплат, а также от основных параметров стратегии формирования фонда ОВС: начального объема фонда, уровней и правил определения страховой премии, характеристик страхового портфеля, правил начисления дополнительных взносов и возврата неиспользованных средств и некоторых других; на основе этих результатов оценена целесообразность

участия в ОВС страхователя по сравнению с альтернативными вариантами страховой защиты (отказ от страхования и коммерческое страхование);

- в результате имитационных экспериментов получены оценки эффективности (по критериям величины воздействия на вероятность разорения и стоимости его поддержки) возможных механизмов внешнего поддержания устойчивости ОВС, включая субсидирование, льготное кредитование и перестрахование. Установлены соотношения между параметрами этих механизмов, определяющие целесообразность применения каждого из них на практике;

- обоснована возможность использования механизма секьюритизации страховых активов для управления устойчивостью фонда ОВС, разработан подход к оценке оптимальных параметров секьюритизации; на основе данных о характерных транзакционных издержках в сделках по секьюритизации получены количественные оценки минимальных параметров страхового портфеля ОВС, подлежащего процедуре секьюритизации;

- с использованием критерия стоимости участия в ОВС сформулирована общая постановка задачи оптимизации стратегии формирования страхового фонда ОВС с учетом внутренних и внешних финансовых потоков при заданном ограничении на уровень финансовой устойчивости, с использованием метода имитационного моделирования получены численные решения её важного частного случая, исключая финансовые потоки с обратной связью.

**Теоретическая и практическая значимость диссертационного исследования.** Теоретическая значимость результатов диссертационного исследования заключается в развитии моделей и методов оценки и управления устойчивостью ОВС с учетом закономерностей процессов формирования их страховых фондов, возможностей использования внутренних и внешних механизмов управления их финансовой устойчивостью, воздействия таких механизмов на стоимость страхования, темпы роста фондов и уровень устойчивости.

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования его результатов, в частности разработанных математических моделей, для определения основных параметров страхования и стратегий формирования страхового фонда новых обществ взаимного страхования и управления существующими ОВС. Результаты оценки эффективности механизмов управления устойчивостью ОВС могут быть использованы при обосновании мер государственной поддержки организаций взаимного страхования в рамках отдельных отраслей или регионов.

**Апробация и внедрение результатов исследования.** Основные научные положения и результаты работы докладывались и получили одобрение на Международных научно-практических конференциях «Статистические методы анализа экономики и общества» (Россия, г. Москва, НИУ «Высшая школа экономики», май 2016 г.), «Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении» (Россия, г. Москва, ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», май 2016 г.), «Информационные технологии и математические методы в экономике и управлении» (Россия, г. Москва, ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», март 2017 г.), «XXXI Плехановские Чтения» (Россия, г. Москва, ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», апрель 2018 г.), международной школе «Моделирование и прогнозирование Социально-экономической динамики» (Россия, г. Москва, ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова», октябрь 2016 г.).

Полученные в ходе диссертационного исследования результаты были апробированы в рамках участия в качестве исполнителя в гранте «Модели и программный комплекс формирования стратегий устойчивого развития общества взаимного страхования», Внутренний грант ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова» до 30.10.2016.

Разработанные в ходе диссертационного исследования математические модели реализованы в виде Программного комплекса «Взаимное страхование» (ПК «ВС»), Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017611541 от 06 февраля 2017 г.

**Публикации.** По теме диссертационного исследования опубликовано 13 печатных работ общим объемом 8,06 п.л. (авторских – 5,90 п.л.), в том числе 6 печатных работ в изданиях из Перечня рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты на соискание ученой степени кандидата наук общим объемом 5,69 п.л. (авторских – 3,78 п.л.).

**Структура и объем диссертационной работы.** Работа состоит из введения, трех глав, заключения и выводов, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 195 страниц, включая 33 рисунка, 7 таблиц, список литературы из 121 наименования и приложение на 15 страницах.

## **II. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ДИССЕРТАЦИИ, ВЫНОСИМЫЕ НА ЗАЩИТУ**

В работе проведен анализ причин недостаточного присутствия на российском страховом рынке успешных организаций взаимного страхования (ОВС), широко распространенных на страховых рынках развитых стран, и демонстрирующих в отдельных их сегментах и видах страхования значительно более высокую эффективность, по сравнению с коммерческими страховыми компаниями. В общем виде причины неразвитости института взаимного страхования в Российской Федерации разделены на четыре группы: исторические, методологические, регуляторные и экономические, при этом последние определены как носящие наиболее фундаментальный характер. В качестве основной экономической проблемы формирования обществ взаимного страхования в условиях современной России выделена проблема обеспечения финансовой устойчивости в ходе первоначального накопления страхового фонда ОВС.

В работе предложены варианты критериев финансовой устойчивости страхового фонда ОВС. Показано, что в условиях вновь формируемого фонда ОВС, характеризующихся относительно высокой вероятностью превышения страховыми выплатами уровня имеющихся страховых резервов фонда, применение распространенных критериев финансовой устойчивости, основанных на соотношениях активов и пассивов страховой организации оказывается недостаточным. Кроме того, любым статическим моделям устойчивости присущи и другие определенные недостатки, связанные с исключением из рассмотрения динамических эффектов процесса накопления фонда ОВС. Более содержательными в подобных условиях оказываются вероятностные критерии устойчивости ОВС, определенные как вероятность разорения фонда ОВС на заданном промежутке времени при возможных режимах пополнения и расходования его средств.

В работе отмечено, что создание новых ОВС в условиях отсутствия стартового акционерного капитала и существующей острой конкуренции на рынке страховых услуг оказывается затруднительным по той причине, что такое общество в короткие сроки должно аккумулировать страховой фонд, обладающий достаточно высоким уровнем финансовой устойчивости, и удовлетворяющий всем требованиям надзора, при сохранении экономической привлекательности участия в нем для страхователей. При этом существует возможность реструктуризации финансовых потоков такого общества во времени, с целью увеличения устойчивости на начальном этапе развития. Подобное перераспределение финансовых потоков может быть достигнуто с использованием широкого спектра экономических механизмов, трансформирующих движение денежных потоков как внутри самого ОВС, так и при его взаимодействии с внешней финансовой средой. Необходимо отметить, что различные стратегии использования подобных механизмов могут отличаться своей эффективностью, выраженной в виде воздействия на уровень финансовой устойчивости страхового фонда.

В работе показано, что сравнение эффективности различных стратегий формирования страхового фонда ОВС может быть осуществлено с использованием адекватного комплекса математических моделей, отражающих закономерности поступления и расходования его средств. При этом, ввиду того, что такие модели должны учитывать свойства динамичности, стохастичности и нелинейности рассматриваемых процессов, а также содержать в себе множество обратных связей, наиболее эффективным методом работы с ними представляется метод симуляции, или имитационного моделирования, позволяющего получить результаты для ОВС любой структуры. Использование аналитических методов получения результатов в таких условиях, во-первых, затруднено из-за громоздкости вычислений, а во-вторых, обычно требует наложения ряда дополнительных ограничений.

В работе предложено осуществить имитационное моделирование процесса накопления средств фондом ОВС на основе моделирования

динамики основных финансовых потоков страхового фонда: страховых выплат, вступительных, текущих и дополнительных взносов страхователей, возврата неиспользованных средств, доходов от инвестирования страховых резервов и расходов ОВС на поддержание собственной деятельности. В рамках предложенных моделей, число и объемы страховых выплат ОВС полагаются случайными величинами, которые подлежат имитации на основе заранее заданных вероятностных распределений. Динамика остальных финансовых потоков определяется на основании параметров таких распределений, объемов страховых выплат и состояний фонда в предыдущие моменты времени, дополнительных факторов случайности, а также наборов параметров управления, определяющих стратегию формирования фонда ОВС. На основе значений финансовых потоков в моменты времени  $t \in [0; T]$  для различных реализаций случайных величин соответствующих страховым выплатам, формируется выборка реализаций процесса накопления фонда ОВС  $\{\mathbf{H}'\}_{t=0;T}$ . При этом реализации, содержащие значения  $\mathbf{H}' < 0$ , полагаются соответствующими случаям разорения фонда ОВС на рассматриваемом временном промежутке, а вероятность данного события, служащая критерием финансовой устойчивости ОВС, оценивается как отношения числа подобных реализаций к общему числу проведенных имитационных экспериментов. В работе предложено проводить серии имитационных экспериментов при решении каждой задачи, объемом не менее  $10^5$  реализаций для обеспечения высокой достоверности полученных результатов.

В работе поставлена задача оценки сравнительной эффективности участия в ОВС для страхователя по сравнению с участием в коммерческом страховании и отказом от страхования. В качестве критерия индивидуальной эффективности для страхователя используются математическое ожидание и дисперсия стоимости страхования, рассчитанные с учетом эффекта дисконтирования при заданном уровне финансовой устойчивости, которые

сравниваются с ожидаемой величиной и дисперсией убытков, связанных с содержанием риска при отказе от страхования.

Для имитации процесса накопления средств фондом ОВС  $\mathbf{H}^t$  в рамках этой задачи используется следующее рекуррентное выражение:

$$\mathbf{H}^t = (1 + i)\mathbf{H}^{t-1} + N(\mathbf{r}^t + \mathbf{v}^t) - C - \sum_{n=1}^N \mathbf{q}_n^t, \quad (1)$$

где  $t \in [1; T]$ ,  $\mathbf{q}_n^t$  - величина страховых выплат  $n$ -ому участнику ОВС в  $t$ -ом году,  $N$  - число участников ОВС,  $C$  - расходы на поддержание деятельности,  $\mathbf{r}^t$  и  $\mathbf{v}^t$  соответствуют текущим и дополнительным взносам,  $i$  - ставке доходности страховых резервов, а начальное значение  $H^0 = Nr^0$  представляет собой сумму вступительных взносов участников ОВС (риски и взносы участников ОВС предполагаются однородными). Величина страховой премии  $\mathbf{r}^t$  может быть определена заданием постоянного уровня рискованной надбавки, либо постоянной вероятности достаточности страховых резервов. Объем дополнительных взносов определяется как величина, компенсирующая недостаток средств на осуществление выплат, в случае его возникновения.

Эффективная стоимость участия в ОВС для страхователя в таком случае может быть определена следующим выражением:

$$\mathbf{u}(T) = r^0 + \sum_{t=1}^T \frac{\mathbf{r}^t + (1 + \theta)\mathbf{v}^t}{(1 + d)^t} - \frac{\mathbf{H}^T}{N(1 + d)^T}, \quad (2)$$

где первое слагаемое представляет собой вступительный взнос, второе - текущие и дополнительные взносы с учетом дисконта  $d$  и коэффициента ликвидности  $\theta$ , отражающего стоимость внепланового изъятия средств из оборота, а третье - право страхователя на часть остатков страхового фонда ОВС. В ходе имитации процесса (1) для заданных параметров ОВС  $N$ ,  $C$ ,  $i$ ,



распределений выплат  $q_n^t$  и параметров страхователей  $d$  и  $\theta$  формируются выборки значений критерия эффективности (2) при различных способах и управляющих параметрах формирования страховой премии, на основе которых рассчитываются оценки для математического ожидания  $E[\mathbf{u}(T)]$  и дисперсии  $D[\mathbf{u}(T)]$ .

На основе рассчитанных значений критериев эффективности при заданных параметрах ОВС и страхователей из множества значений управляющих параметров отбираются эффективные по Парето комбинации. Примеры полученных Парето-оптимальных кривых риск-затраты для различных значений числа участников ОВС  $N$  представлены на рисунке 1 ( $T = 28$ ,  $d = 0.2$ ,  $\theta = 0.2$ ,  $i = 0$ ,  $C = 0$ , за единицу измерения приняты ожидаемые выплаты по одному страховому случаю, в имитации использованы  $10^5$  реализаций модели).

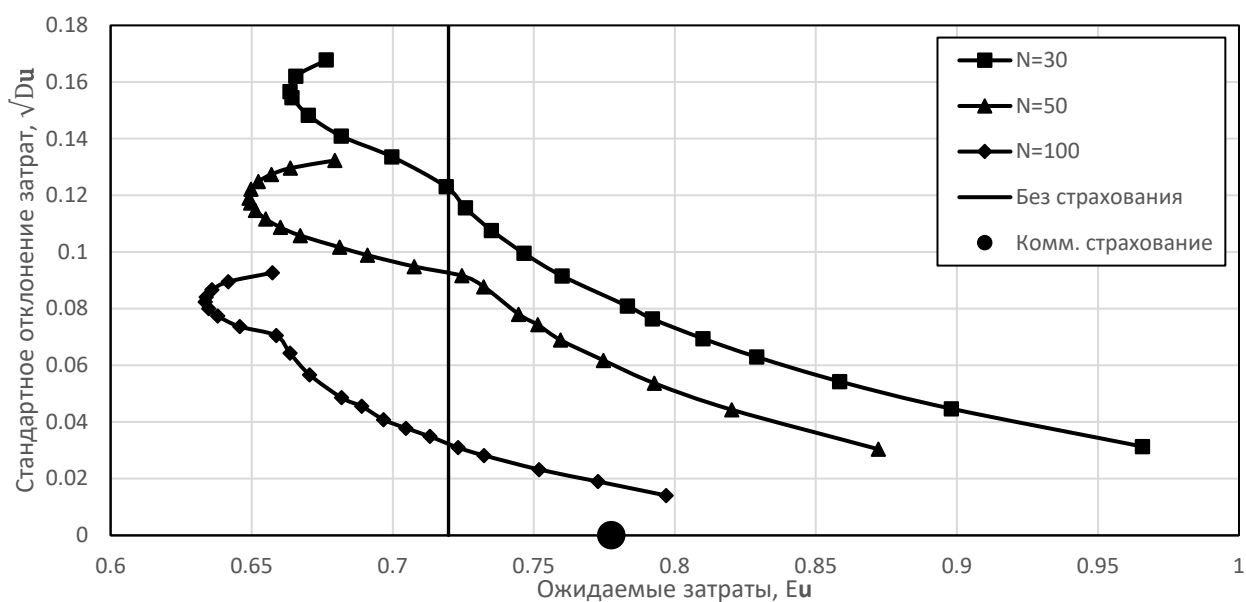


Рис. 1 Парето-оптимальные кривые риск-затраты в зависимости от числа участников ОВС  $N$

Переломы кривых соответствуют смене наилучшего из двух методов формирования страховой премии: левые части соответствуют схеме с

постоянным уровнем резервов, правые – с постоянным уровнем рисковой надбавки. Вертикальной прямой обозначен ожидаемый уровень затрат страхователя в отсутствие страхования (уровень их стандартного отклонения оказывается на порядок выше, в данном примере  $\sim 0,947$ ), точкой на оси абсцисс обозначен характерный уровень затрат при коммерческом страховании (надбавка  $\sim 30\%$ ).

Проведение описанных имитационных экспериментов, при достаточно обоснованных условиях работы ОВС показало, что эффективность взаимного страхования как метода управления рисками его участников, при определенных условиях может оказаться значительно выше по сравнению с другими формами страховой защиты. Важным результатом экспериментов стало выявление нелинейного характера роста эффективности ОВС с увеличением числа участников, обусловленного динамическими эффектами и не предсказанного в рамках статических моделей.

В работе предложена постановка задачи оптимизации стоимости страхования в процессе формирования страхового фонда ОВС при заданном ограничении на уровень финансовой устойчивости, на множестве финансовых потоков без обратной связи с состоянием фонда. В рамках этой задачи процесс накопления фонда определяется следующим выражением:

$$\mathbf{H}^t = \sum_{\tau=1}^t N r^{\tau} - \sum_{\tau=1}^t \mathbf{Q}^{\tau} - tC, \quad (3)$$

где величина  $\mathbf{Q}^{\tau}$  представляет собой совокупный объем страховых выплат по портфелю, а  $r^{\tau}$  - сумму всех видов взносов с одного участника, произведенных в год  $\tau$ .

В качестве критерия оптимизации используется относительный уровень переплаты за страхование риска при условии неразорения фонда ОВС, определенный следующим выражением:

$$u(\vec{r}) = \frac{1}{ES} \left[ \sum_{t=1}^T \frac{r^t}{(1+d)^{(t-1)}} - \frac{E[\mathbf{H}^T \{ \{\tau^* > T\} \}]}{N(1+d)^T} \right], \quad (4)$$

где  $ES$  - ожидаемый уровень затрат участника в отсутствие страхования, первое слагаемое в скобках представляет собой сумму произведенных за  $T$  лет страховых взносов участника, а второе – ожидаемую долю в остатке средств фонда, при условии его неразорения за это время (случайная величина  $\tau^*$  соответствует году разорения ОВС).

Задача оптимизации формулируется следующим образом:

$$\begin{cases} u(\vec{r}) \rightarrow \min_{\vec{r}} \\ P(\vec{r}) \leq \alpha \\ r^t \geq 0 \end{cases}, \quad (5)$$

где  $\vec{r} = \{r^t\}_{t=1, T}$  - уровни взносов участников в течении  $T$  лет, а  $P(\vec{r})$  - вероятность разорения фонда ОВС на этом промежутке времени.

Для решения задачи (5) в ходе имитационных экспериментов на основе имитации значений страховых выплат  $Q^t$  при фиксированном управлении  $\vec{r}$  формируются выборки значений процесса (3), с учетом которых рассчитываются значения вероятности разорения и критерия (4). Далее, с повторением описанной процедуры, методом градиентного спуска определяется численное решение задачи (5) для фиксированного значения параметра  $\alpha$ .

Примеры полученных оптимальных стратегий формирования фонда при заданных параметрах ОВС для различных уровней устойчивости  $\alpha$  представлены в левой части рисунка 2.

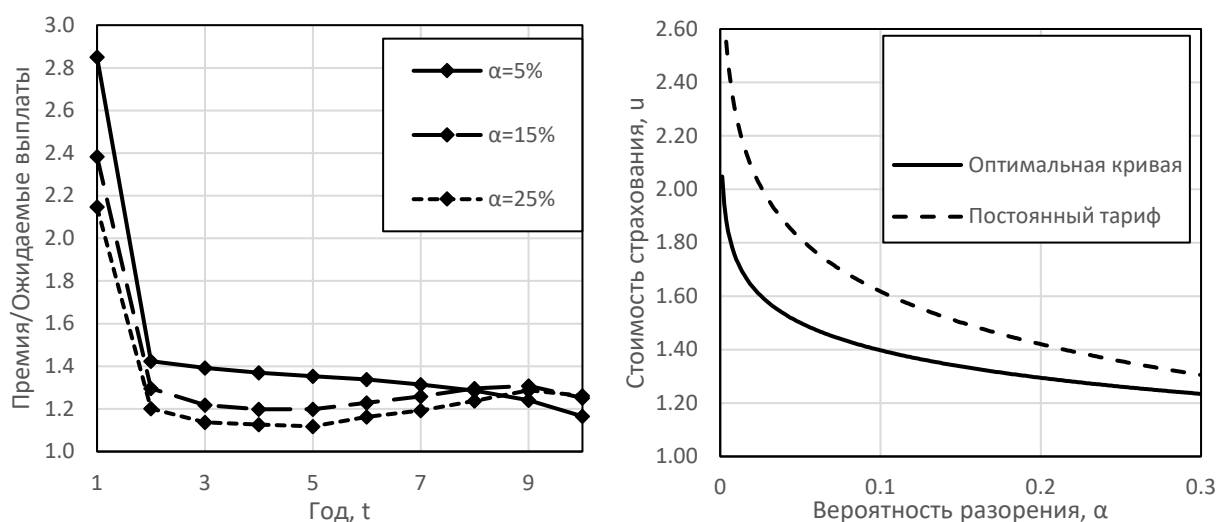


Рис. 2 Оптимальные стратегии формирования фонда и зависимости минимальной стоимости страхования от уровня устойчивости  $\alpha$

В правой части рисунка 2 показаны зависимости стоимости страхования от требуемого уровня устойчивости фонда ОВС для схемы с постоянным уровнем страховой премии, и оптимальных схем, полученных в результате решения задачи (5). Из приведенного графика следует, что использование более сложного порядка наполнения фонда позволяет обеспечить страхователям экономию до 20% от стоимости страхования, сохранив при этом тот же уровень устойчивости.

В работе показано, что в условиях недостаточности собственных средств страхователей, для повышения надежности покрытия рисков страхователей и устойчивости фонда ОВС могут быть использованы механизмы привлечения внешнего финансирования, либо разделения ответственности по рискам участников между ОВС и сторонними финансовыми контрагентами. Отмечено, что переход на взаимную форму страхования для определенных конгломератов страхователей также может принести существенный экономический эффект государственным институтам, и в такой ситуации в качестве источника дополнительного финансирования ОВС, учитывая выгоды государства от деятельности ОВС, может выступать государственный бюджет. В качестве конкретных механизмов государственной поддержки ОВС

в работе предложено рассмотреть механизмы льготного кредитования, льготного перестрахования, а также субсидирования части страховой премии.

В работе проведена серия имитационных экспериментов с целью определения сравнительной эффективности перечисленных механизмов поддержания устойчивости ОВС за счет государства (центра). Для заданного уровня повышения устойчивости ОВС в качестве критериев эффективности механизма выступают плановые затраты центра на программу поддержки, и их неопределенность, выраженная в виде положительной полудисперсии затрат относительно планового уровня.

В ходе имитационных экспериментов в качестве базовой модели процесса накопления средств фондом ОВС было использовано следующее выражение:

$$H^t = H^0 + tR - \sum_{\tau=1}^t Q^\tau, \quad (6)$$

с параметрами  $H^0 = 5EQ$ ,  $R = 1,1EQ$ . Вероятность разорения фонда ОВС в процессе (6) на горизонте 10 лет, без учета государственной поддержки составила  $P(T) \approx 0.23$ .

В работе предложено с использованием механизмов кредитования, пропорционального и непропорционального перестрахования, а также субсидирования части страховой премии довести уровень устойчивости данного фонда ОВС до уровня  $P(T) \approx 0.10$ . Результаты экспериментов, отобранные среди всех возможных значений параметров механизмов поддержки по критериям минимальных затрат  $G^+$  и минимального риска центра  $\sqrt{D^+}$  представлены соответственно в таблицах 1 и 2.

Таблица 1

Снижение вероятности разорения ОВС в процессе (6) до  $P = 0.10$   
(минимальные затраты)

| Механизм                           | $\min G^+$ | $\sqrt{D^+}$ |
|------------------------------------|------------|--------------|
| Равномерное субсидирование         | 27.46      | 0            |
| Единовременная субсидия            | 5          | 0            |
| Кредитование                       | 3.69       | 0.62         |
| Пропорциональное перестрахование   | -18.51     | 14.64        |
| Непропорциональное перестрахование | -28.20     | 73.17        |

Таблица 2

Снижение вероятности разорения ОВС в процессе (6) до  $P = 0.10$   
(минимальный риск)

| Механизм                           | $G^+$ | $\min \sqrt{D^+}$ |
|------------------------------------|-------|-------------------|
| Равномерное субсидирование         | 27.46 | 0                 |
| Единовременная субсидия            | 5     | 0                 |
| Кредитование                       | 3.69  | 0.62              |
| Пропорциональное перестрахование   | 18.38 | 2.58              |
| Непропорциональное перестрахование | 6.36  | 4.53              |

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют, что предложенные механизмы поддержки могут позволить существенно увеличить устойчивость ОВС, при сравнительно небольших издержках со стороны государства. Наиболее рациональными по критерию минимума затрат и рисков для государства являются механизмы льготного кредитования и пропорционального перестрахования, а также непропорциональное перестрахование исключительных событий.

В работе предложена постановка задачи оптимизации (5) для процесса (3) с учетом наличия внешнего источника заемного финансирования ОВС (Центра). В качестве дополнительного ограничения вводится условие, что

чистый дисконтированный доход Центра от участия в смешанном финансировании ОВС должен превышать некоторую заданную величину  $G_0$ . В случае  $G_0 > 0$  Центр может быть интерпретирован как коммерческая финансовая организация. Случай  $G_0 < 0$  возможен, если в роли Центра выступает агент, преследующий какие-либо некоммерческие интересы, в частности, государство, оказывающее поддержку ОВС. С учетом этого задача (5) может быть сформулирована следующим образом:

$$\begin{cases} u(\vec{r}, \vec{f}) \rightarrow \min_{\vec{r}, \vec{f}} \\ P(\vec{r}, \vec{f}) \leq \alpha \\ G(\vec{f}) \geq G_0 \\ r^t \geq 0 \end{cases}, \quad (7)$$

где  $\vec{f} = \{f^t\}_{t=1, T}$  - финансовые потоки от Центра к ОВС, а  $G(\vec{f})$  - их алгебраическая сумма с учетом ставки дисконтирования Центра  $g$ , взятая со знаком минус. Решение задачи может быть получено с применением того же алгоритма, что и в задаче (5).

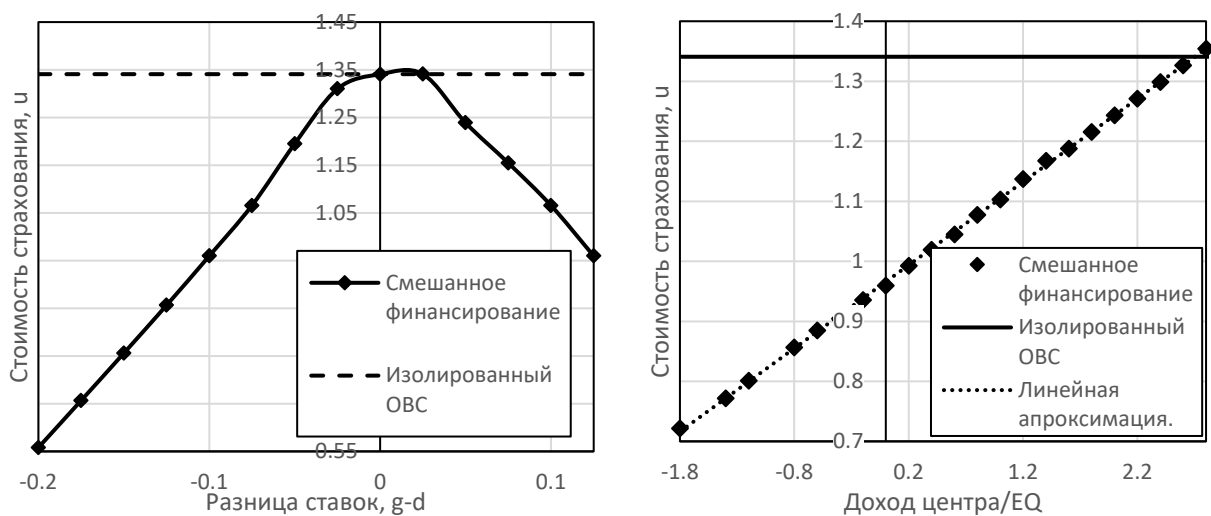


Рис. 3 Зависимость минимальной стоимости страхования от разницы ставок дисконтирования и требуемого дохода центра

На рисунке 3 показаны полученные в результате решения задачи (7) при различных значениях параметров  $g$  и  $G_0$  зависимости эффекта смешанного финансирования ОВС, выраженного в снижении стоимости участия в ОВС, от разницы норм доходности Центра и страхователя (слева) и требуемого уровня дохода Центра. Из приведенных графиков видно, что наличие у ОВС внешнего источника финансирования позволяет обеспечить снижение стоимости страхования, которое, при реализации оптимального порядка взаимодействия, оказывается прямо пропорционально разнице норм доходности капиталов участников ОВС и внешнего источника. Результаты имитационных экспериментов свидетельствуют, что в условиях смешанного финансирования возможно взаимовыгодное сотрудничество внешних финансовых агентов и ОВС, приводящее к повышению устойчивости фонда.

В работе также отмечена возможность использования механизма секьюритизации страховых активов для привлечения внешнего финансирования ОВС. Такая позиция обосновывается в первую очередь долгосрочным характером взаимоотношений страхователя и ОВС. На основе методов имитационного моделирования в работе проведена оценка оптимальных параметров секьюритизации, соблюдение которых, в рамках рассмотренных значений параметров ОВС позволяют обеспечить снижение вероятности его разорения в 2-3 раза.

На основе данных о характерных транзакционных издержках в сделках по секьюритизации получены количественные оценки минимальных параметров страхового портфеля ОВС, подлежащего процедуре секьюритизации. Полученные значения свидетельствуют, что секьюритизация страховых активов ОВС начинает иметь смысл при объемах привлекаемого финансирования порядка 70-100 млн. долларов США.

В заключении диссертации приведены основные результаты работы и вытекающие из них выводы.



### **III. СПИСОК ОСНОВНЫХ ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ**

#### **Статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях:**

1. Tikhomirov, N., Tikhomirov T., Khamitov E., Ponomarev V. Models of assessment of the influence of insurance assets securitization on stability of mutual insurance societies // European Research Studies Journal. – Vol. XX/ - issue 2B. – P. 321-333..
2. Тихомиров, Н. П., Тихомирова Т. М., Хамитов Э. М. Имитационные методы оценки эффективности участия во взаимном страховании // Экономика природопользования. – 2016. – № 6. – С. 4-17.
3. Тихомиров, Н. П., Тихомирова Т. М., Хамитов Э. М. Повышение устойчивости общества взаимного страхования на основе государственной поддержки // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. – 2016. – № 4. – С. 107-114.
4. Хамитов, Э. М. Методы оценки целесообразности участия во взаимном страховании // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. – 2017. – № 1. – С. 95-102.
5. Хамитов, Э. М. Модели оценки эффективности механизмов государственной поддержки обществ взаимного страхования // Экономика природопользования. – 2016. – № 6. – С. 32-49.
6. Хамитов, Э. М. Перспективы развития взаимного страхования в России // Экономика и управление: Научно-практический журнал. – 2015. – № 5(127). – С.129-134.

#### **Статьи, опубликованные в прочих научных изданиях:**

7. Тихомиров, Н. П., Тихомирова Т. М., Хамитов Э. М. Методы оценки эффективности государственного обеспечения устойчивости обществ взаимного страхования // Научный бюллетень РЭУ им. Г.В. Плеханова. – 2017. – № 1(11) – С. 177-181.
8. Хамитов, Э. М. Механизмы поддержания устойчивости организаций взаимного страхования. // Труды 7-й Международной научно-практической

- конференции студентов и аспирантов. Статистические методы анализа экономики и общества. 17-20 мая 2016 г. – М. : Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», 2016. – С. 318-319.
9. Хамитов, Э. М. Механизмы снижения риска в модели общества взаимного страхования // Сб. тр. XV научной школы молодых ученых ИБРАЭ РАН, проходившей 24-25 апреля 2014 г. – М. : ИБРАЭ РАН, 2014. – С. 217-220.
10. Хамитов, Э. М. Механизмы снижения риска в модели общества взаимного страхования // Сб. тр. XVI Научной школы молодых ученых ИБРАЭ РАН, проходившей 23-24 апреля 2015 г. – М. : ИБРАЭ РАН, 2015. – С. 159-162.
11. Хамитов, Э. М. Моделирование деятельности фонда взаимного страхования // Сб. тр. XIV научной школы молодых ученых ИБРАЭ РАН, проходившей 25-26 апреля 2013 г. – М. : ИБРАЭ РАН, 2013. – С. 172-175.
12. Хамитов, Э. М. Моделирование деятельности фонда взаимного страхования // Тр. 56-й научной конференции МФТИ: Всероссийской научной конференции. Актуальные проблемы фундаментальных и прикладных наук в современном информационном обществе [Всероссийской молодежной научно-инновационной конференции. Физико-математические науки: актуальные проблемы и их решения. Управление и прикладная математика. 23-30 ноября 2013 г.] – М. : МФТИ, 2013. - т.1. – С. 52-53.
13. Хамитов, Э. М. Взаимное страхование как метод управления рисками атомной отрасли // Тр. 56-й научной конференции МФТИ. Всероссийской научной конференции. Актуальные проблемы фундаментальных и прикладных наук в современном информационном обществе [Всероссийской молодежной научно-инновационной конференции. Физико-математические науки: актуальные проблемы и их решения. 25-30 ноября 2013 г. Проблемы современной физики. – М. : МФТИ, 2013. – С. 150-151.