

# ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕНСИОННОЙ СИСТЕМЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Н.Н. Лычкина**

*Государственный университет управления*  
Россия, 109542, Москва, Рязанский проспект, 99  
E-mail: [lychkina@guu.ru](mailto:lychkina@guu.ru)

**Ю.А. Морозова**

*Государственный университет управления*  
Россия, 109542, Москва, Рязанский проспект, 99  
E-mail: [ymorozova@ya.ru](mailto:ymorozova@ya.ru)

**Ключевые слова:** пенсионная система, системы поддержки принятия решений для органов государственной власти, имитационное моделирование, системная динамика, агентное моделирование

**Аннотация:** В статье рассматривается комплекс имитационных моделей пенсионной системы Российской Федерации, предназначенный для поддержки принятия государственных решений в пенсионной сфере. Комплекс реализован на основе методов системной динамики и агентного моделирования.

## 1. Введение

Современная экономика требует поиска эффективных сценариев развития по различным сферам жизнедеятельности. Многоплановые задачи муниципального, регионального государственного управления, поддержка вертикали стратегического планирования предполагают создание интегрированного исследовательского фрейма компьютерных моделей на основе различных объектно-ориентированных парадигм и современных технологий имитационного моделирования, а также реализацию на основе современных научных достижений и принципов программной инженерии комплекса макроэкономических, региональных, отраслевых имитационных моделей широкой функциональности для поддержки принятия решений по социально-экономическому развитию территорий, управлению бюджетом, экономикой, природными ресурсами, в социальной сфере и отраслевых проектах на всех уровнях государственного управления. Важнейшими составляющими государственного управления, подлежащими реформированию в новых экономических условиях, является социальная сфера и ее базовые сегменты: здравоохранение, жилищная сфера, образование, пенсионная система.

Утверждение основ стратегического планирования в Российской Федерации, согласование стратегических целей общества и государства, обоснование и реализация государственных проектов и программ, обеспечение стратегического мониторинга хода реализации государственных проектов, основанных на принципах и методах долгосрочного и среднесрочного программно-целевого управления, определяют необходимость в совершенствовании аналитики и технологий стратегического планирования в

государственном управлении. Управление социально-экономическим развитием отраслей и территорий РФ предполагает использование комплексного экономико-математического инструментария формирования консолидированного сценария развития территорий и отраслей РФ на основе комплекса обобщенных имитационных и информативных моделей и высокотехнологичных ИТ-решений на базе ситуационных и аналитических центров Правительства и регионов РФ.

Традиционные методы прогнозирования и математического моделирования, применяемые на макроуровне и в территориальном управлении не эффективны для адекватного описания сложных социально-экономических систем в современных нестационарных экономических условиях, с большим количеством взаимодействий и факторов влияния, характеризующихся изменчивостью внешней среды, структурными перестройками, они плохо работают в условиях непредставительных данных по социально-экономическим индикаторам, и не позволяют описать механизмы развития и самоорганизации в социально-экономических системах в переходной экономике. Применяемый сегодня аппарат эконометрического и предикативного моделирования на уровне макроэкономических и территориальных исследований слабо адаптирован к специфике российских условий и современным экономическим реалиям. Новые экономические условия, неопределенность и динамичность внешней среды, смена экономических парадигм (адаптивные экономические системы, поведенческая экономика и др.), приводят к необходимости поиска новых методов исследования и принятия решений на основе системологических имитационных моделей социально-экономических систем, позволяющих осуществлять концептуализацию проблемной ситуации и детально описывать моделируемые процессы с применением системного анализа [1]. Стратегическое долгосрочное планирование развития отраслей и территорий РФ необходимо осуществлять на основе комплекса имитационных моделей, позволяющих рассматривать социально-экономическую систему как целостную систему, оценивать синергетический эффект от взаимодействия различных ее элементов и влияющих факторов в условиях изменяющейся демографической и социально-экономической ситуации.

Аналитический мониторинг и ситуационный анализ формируют информационную базу для проведения динамического компьютерного сценарного анализа на основе обобщенной имитационной модели объекта управления, параметризации и спецификации элементов системно-динамической модели; экспертно-когнитивный анализ применяется для стратификации, онтологического инжиниринга моделируемых социально-экономических систем, формирования возможных сценариев развития, проигрываемых на имитационных моделях, и поиска «баланса интересов» [2].

## **2. Экономическая проблематика реформирования и развития пенсионной системы**

Современный этап развития пенсионной системы РФ [**Ошибка! Источник ссылки не найден.** **Ошибка! Источник ссылки не найден.**] характеризуется рядом особенностей и проблем. Введение новых правовых и институциональных форм и механизмов пришлось осуществлять в условиях переходных экономических процессов, сопровождавшихся неблагоприятными демографическими и социально-экономическими тенденциями. Развитие пенсионной системы сопровождается такими негативными тенденциями, как старение населения, различие динамики доходов населения по отраслям и регионам, постоянный дефицит бюджета Пенсионного фонда Российской Федерации (ПФР), недостаточность существующих механизмов для полноценного финансирования пенсионной системы.

При формировании комплекса имитационных моделей пенсионной системы Российской Федерации учтены особенности современных социально-экономических условий, в которых функционирует пенсионная система РФ. Во-первых, спад рождаемости приводит к неуклонному росту нагрузки на работающее население. Во-вторых, управление пенсионными средствами делегировано в частный сектор, что вовлекает во взаимодействие элементов пенсионной системы собственные цели управляющих компаний. В-третьих, средства пенсионных накоплений разрешено инвестировать в финансовые активы, что вовлекло в контур пенсионной системы финансовый рынок. На объем пенсионных накоплений оказывают непосредственное влияние ценовые и конъюнктурные изменения на финансовом рынке. В-четвертых, возросла роль индивидуального выбора человека в формировании своей пенсионной стратегии. В рамках существующего пенсионного законодательства застрахованному лицу представляется право выбирать способ формирования накопительной пенсии.

Происходит структурная перестройка отрасли, формирование рыночных институтов и рыночных отношений в этой сфере. Введены новые правовые нормы и социально-экономические институты, такие как негосударственные пенсионные фонды (НПФ) и управляющие компании, занимающиеся управлением пенсионными средствами. Пенсионная система через ее накопительный компонент стала подвержена влиянию нестабильного финансового рынка, что сопряжено с факторами риска и неопределенности, на первый план вышли вопросы эффективного управления денежными средствами пенсионных накоплений, возросла роль индивида в формировании его будущей пенсии. Проведенные в последние годы социологические исследования показывают, что накопительная система и НПФ вызывают недоверие населения, фактически накопительная система не работает. Неактивность застрахованных лиц в вопросе перевода пенсионных накоплений в частные управляющие компании привела к концентрации пенсионных накоплений в государственной управляющей компании, что тормозит развитие накопительного компонента пенсионной системы.

В настоящее время экспертное сообщество активно обсуждает проблемы и варианты развития национальной пенсионной системы, пытаясь найти баланс между политикой развития и социальной справедливости. Актуальными вопросами государственной социальной политики являются реформирование системы обязательного пенсионного страхования, обеспечение выплаты пенсий с учетом их повышения в соответствии с новым законодательством, развитие добровольного пенсионного страхования и негосударственного пенсионного обеспечения.

Превалирует взгляд на рассмотрение пенсионной системы с позиций макросистемы с учетом оценки общей социально-экономической ситуации, связанной с проблемами и существующей структурой занятости, низкой заработной платой по отраслям; негативным демографическим трендом и старением населения, обуславливающих нарастающие диспропорции пенсионеров и работающего населения; дефицитом Пенсионного фонда РФ; переходными процессами в экономике, сопровождающимися экономическими и финансовыми кризисами, неразвитостью финансового рынка, инфляцией. Частные вопросы (пенсионная формула, пенсионный возраст, тарифная политика и др.) с ориентацией на проблему дефицита ПФР не позволяют распутать клубок накопившихся проблем в пенсионной сфере. Чисто монетарные решения имеют кратковременный эффект и не устраняют долгосрочных вызовов. Формирование целостной картины развития пенсионной системы невозможно без всестороннего анализа факторов экономического и социального характера, влияющих на ее работу и взаимодействия ее базовых элементов и институтов.

Разработка долгосрочной стратегии развития пенсионной системы в том виде, как ее пытаются сформулировать в проекте государственной программы о развитии пенси-

онной системы, требует построения стратегической модели пенсионной системы, ориентированной на структурные реформы, включающий комплекс финансовых, правовых и экономических решений. Ответ на вопрос «Какой будет пенсионная система?» требует перехода от параметрических мер и настроек существующей системы к системным изменениям, адекватным социально-экономическим процессам РФ и сбалансированным по целому ряду направлений.

Интересен взгляд на пенсионную систему как на социально-экономическую систему, в которой необходимо обеспечить эффективное взаимодействие и учет интересов всех ее участников, таких как: работающее население, пенсионеры и будущие поколения; работодатели и государство. Оптимальная пенсионная политика – это политика, рассматривающая в целом жизненный цикл человека, устраняющая противоречие между его интересами на разных стадиях жизни, вносящая вклад в воспроизводство и учет интересов будущих поколений. Важный аспект настоящего исследования – рассмотреть взаимодействие и координации всех участников этого процесса: роль государства, как гаранта прав с его функцией регулирования, а также самоорганизующиеся процессы, связанные с введением накопительной системы, учет динамических траекторий в развитии отношений всех участников процесса, а также индивидуальные стратегии населения.

Самой сложной категорией в этой системе является население, которое выступает как активный самостоятельный экономический агент в пенсионной системе с его индивидуальной пенсионной стратегией. Новый угол зрения на пенсионную проблематику вызван необходимостью учитывать реальные потребности современного человека и современного общества. Диверсификация и индивидуальный подход (по категориям предприятий, социальным группам) при формировании множества пенсионных стратегий – вызов реальности. Предполагается, что пенсионная стратегия будет все более индивидуальной, человек сам сравнивает и оценивает риски, формирует индивидуальную жизненную и пенсионную стратегию. Частные средства, как предполагается, будут играть существенную роль в новой пенсионной системе. Значимым фактором также является исследование аспектов социального поведения в части формирования индивидуальной траектории пенсионного страхования, включая добровольное пенсионное страхование, выбор формы распоряжения накопительной частью страховых взносов, пенсионного возраста, мотиваций различного вида. Рассмотрение в моделях пенсионной системы человека и его индивидуального выбора на разных этапах жизненного цикла – является существенным моментом исследования.

Рассмотренные моменты нашли отражение в разработанных имитационных моделях, исследуется динамика этих процессов и развитие пенсионной системы в целом [10].

При создании модельного комплекса применяются инновационные концепции и методы имитационного моделирования: системная динамика и многоагентное моделирование и их различные комбинации [1, 2]. Комплексный подход к исследованию пенсионной системы на основе таких методов имитационного моделирования позволяет отразить динамическую и структурную сложность изучаемых социально-экономических процессов. Ключевыми преимуществами и характеристиками этих видов имитационного моделирования, определяющими их применение в социально-экономических исследованиях являются:

- возможность описания сложных многоуровневых структур с множеством нелинейных обратных связей;
- отражение динамических процессов и поведенческих подходов, свойств динамичности внешней среды;

- возможности представления и структуризации ментальных знаний экспертов по проблеме, проведения экспертных ревизий компьютерных моделей и полная их интерпретируемость на языке системных потоковых диаграмм и диаграмм причинно-следственных связей;
- возможность выявления закономерностей, динамических тенденций развития и функционирования сложной системы в условиях неполной и неточной информации;
- проигрывание различных ситуаций и вариантов решений, проведение сценарных расчетов на компьютерной модели;
- описание взаимодействия и поведения множества активных агентов в социальных системах;
- реализация принципов объектно-ориентированного проектирования и применение высокотехнологичных ИТ-решений и развитых вычислительных методов в построении компьютерных моделей.

Агентное моделирование и имитация (ABMS – agent-based modeling and simulation) – новое инновационное направление в моделирование сложных систем, состоящих из автономных и независимых агентов. Агентом является легко специфицируемый активный объект, обладающий характеристиками социальности, автономности, самодостаточности, который осуществляет свой выбор в окружающей среде на основе ментальных знаний о себе и своем окружении и присущих ему правил принятия решений. Исследования основаны на моделировании поведения множества независимых активных экономических объектов в определенной среде. Поведение сложной социальной системы формируется как результат взаимодействия агентов, в которой они осуществляют свое поведение, что позволяет наблюдать и изучать закономерности и свойства присущие системе в целом. Агентный подход применяется в тех областях социальных исследований, где отсутствует теоретическое знание о системе и формальные модели, а также в тех случаях, когда традиционные постулаты об однородности и рациональном поведении агентов, приводящие к агрегированию моделей, не позволяют получить адекватные представления о поведении изучаемой системы. Существенным стимулом развития этого направления явились смена экономической парадигмы о рациональном поведении экономических агентов и ограниченность поддерживающего ее математического аппарата, на представления об ограниченной рациональности лиц принимающих решения. Вычислительные возможности современных компьютеров и достижения в информационных технологиях, позволяют представить систему практически любой сложности из большого количества взаимодействующих объектов, что позволяет применять ABMS в сферах, где необходимо моделирование большого числа агентов. В социальных науках это направление способствовало появлению такой области знаний, как поведенческая экономика, развивающейся в крупнейших научных центрах по всему миру, а также появлению соответствующих систем моделирования и технологических решений, поддерживающих распределенные вычисления.

Таким образом, все микропроцессы, касающиеся отражения таких социально-экономических процессов, как индивидуальное социальное поведение население в вопросах выбора способа формирования накопительной части и других составляющих своей индивидуальной пенсионной стратегии, деятельность негосударственных фондов и управляющих компаний с учетом изменяющегося состояния финансовых рынков, с известной долей неопределенности и риска, заложенных в динамической модели пенсионной системы, и задачи государственного управления исследуются в контексте достижения целевых задач социально-экономического развития и повышения размера пенсий, а также эффективности функционирования пенсионной системы в целом.

### 3. Комплекс имитационных моделей пенсионной системы Российской Федерации

С помощью имитационных моделей пенсионной системы РФ решается экономическая задача обоснования государственной программы развития пенсионной системы Российской Федерации для обеспечения достижения целевых значений среднего размера пенсии и коэффициента замещения заработной платы пенсией при сохранении бюджетобеспеченности Пенсионного фонда Российской Федерации. Разработанный комплекс компьютерных моделей пенсионной системы РФ, позволяет органам федерального государственного управления формировать консолидированный сценарий развития пенсионной системы и проводить проверку различных мер ее модернизации, включая тарифную политику, меры в области индексации пенсий, обязательного накопительного компонента пенсионной системы, меры по изменению пенсионного возраста и другие, а также решать следующие частные задачи:

- анализ финансовой устойчивости Пенсионного фонда;
- анализ и прогнозирование динамики среднего размера трудовых пенсий в зависимости от экономических факторов и изменения пенсионного законодательства;
- сценарное моделирование вариантов распределения пенсионных накоплений между сегментами финансового рынка и прогнозирование изменения доходности общего инвестиционного портфеля в результате изменения его структуры;
- анализ изменения объемов пенсионных накоплений;
- анализ влияния финансового рынка на изменение доходности инвестиционного портфеля и объемов пенсионных накоплений.

Разработанный комплекс имитационных моделей пенсионной системы, отражает функционирование и взаимодействие базовых правовых и социально-экономических институтов и элементов пенсионной системы РФ, таких как Пенсионный фонд Российской Федерации, негосударственные пенсионные фонды, управляющие компании, население (застрахованные лица), работодатели (страхователи), финансовый рынок, пенсионное законодательство как совокупность правовых норм, регулирующих пенсионное обеспечение в РФ. Структуризация проблематики и исследуемой пенсионной системы выполнена на основе стратифицированного описания [3, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**], которое упрощает участие экспертов в работе с модельным комплексом, и обеспечивает информационное взаимодействие подмоделей системы поддержки принятия решений. Верхний уровень структурно-функционального представления пенсионной системы, представленный на рис. 1, отражает базовый состав подсистем имитационной модели и их взаимодействие.

Имитационные модели пенсионной системы описывают взаимосвязь выделенных элементов и протекающие в них процессы и особенности функционирования (по подсистемам):

- «Население» – процессы естественного движения и миграции населения, процессы изменения трудовой активности (прием на работу, увольнение, смена вида деятельности, выход на пенсию, процессы формирования пенсионных прав застрахованных лиц, индивидуальное поведение застрахованных лиц в части выбора инвестиционного портфеля и управляющей компании;
- «Страхователи» – процессы формирования средней заработной платы, страховых взносов, уплачиваемых работодателями за работников, по отраслям экономики;
- «Пенсионные фонды» – процессы управления средствами страховых взносов Пенсионным фондом Российской Федерации и негосударственными пенсионными фондами, процессы передачи средств пенсионных накоплений в соответствии с реше-

ниями застрахованных лиц в управляющие компании и негосударственные пенсионные фонды, процессы выплаты пенсий;

- «Управляющие компании» – процессы инвестирования средств пенсионных накоплений в разрешенные финансовые активы и управление инвестиционным портфелем государственной и частными управляющими компаниями;
- «Финансовый рынок» – динамика финансовых активов, в которые инвестируются средства пенсионных накоплений (государственные, корпоративные, ипотечные, международные ценные бумаги, депозиты, денежные средства на счетах), с учетом влияния таких экзогенных факторов, как профицит бюджета, ставка рефинансирования, курс доллара США, цена на нефть, индекс Доу-Джонса и других;
- «Пенсионное законодательство» – способы формирования пенсии в зависимости от принятой формулы расчета пенсии, социальных характеристик пенсионера, условий выхода на пенсию, индексации и перерасчета пенсий, а также тарифные ставки и нормативные регуляторы инвестирования средств пенсионных накоплений.

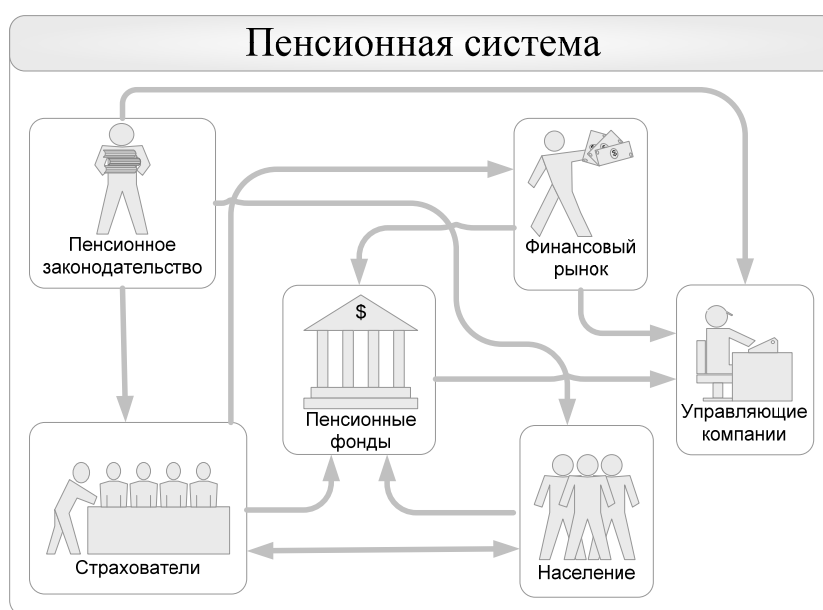


Рис. 1. Состав подсистем имитационной модели пенсионной системы.

Комплекс имитационных моделей пенсионной системы программно реализован на основе механизмов компенсационного сочетания агентных, системно-динамических, математических моделей, параметризация имитационных моделей выполнена на основе методов регрессионного анализа ретроспективных данных по результатам мониторинга социально-экономических процессов [5-10].

Приведем формализацию и детализацию по основным элементам (подсистемам) моделируемой социально-экономической системы.

Системно-динамическая модель «Население» описывает динамику численности населения по возрастным группам, естественное движение и миграцию. Системно-динамическая модель дополнена агентной моделью, в которой определены алгоритмы поведения агентов в социальных системах и детализированы стороны жизнедеятельности человека, затрагивающие проблемы пенсионного обеспечения – «Трудовая деятельность», «Место жительства», «Семья», «Здоровье», «Формирование пенсионных прав», «Выбор способа формирования накопительной части», «Назначение пенсии». В подмодели «Трудовая деятельность» описываются возможные состояния человека в отношении трудовой активности – занятость, безработица, работа по найму, самозаня-

тость и случайные переходы из одного состояния в другое. Подмодель «Формирование пенсионных прав» является аналогом индивидуального лицевого счета застрахованного лица, в котором учитываются поступающие за него страховые взносы, формирующие пенсионные обязательства государства перед будущим пенсионером и зависящие от тарифов и базы начисления, установленных пенсионным законодательством, и получаемой заработной платы.

Подмодель «Выбор способа формирования накопительной части» описывает процесс выбора застрахованным лицом способа формирования накопительной части пенсии через государственную управляющую компанию (ГУК), частную управляющую компанию (ЧУК) или НПФ. При этом учтена зависимость этого выбора от доходности инвестирования пенсионных накоплений ГУК, ЧУК и НПФ, а также от степени активности участия застрахованного лица в распоряжении собственными пенсионными накоплениями. Выбор способа формирования накопительной части влияет на объем средств пенсионных накоплений, передаваемых в управление в ГУК, ЧУК и НПФ.

В подмодели «Страхователи» с помощью дифференциальных и регрессионных уравнений описывается динамика и взаимосвязи показателей деятельности работодателей по отраслям (в том числе льготных категорий страхователей), таких как: выпуск товаров и услуг, средняя заработная плата, страховые взносы, стоимость основных фондов, инвестиции в основные фонды, численность занятых в отрасли, характеристики занятости – доля занятых в тяжелых и вредных условиях труда, доля самозанятых.

Системно-динамическая модель «Пенсионные фонды» разработана на основе потоковых представлений и описывает структуру и динамику доходов и расходов пенсионной системы.

В подмодели «ПФР» описываются такие показатели, как сальдо доходов и расходов ПФР и средства пенсионных накоплений. Сальдо доходов и расходов отображает разницу между поступающими страховыми взносами на финансирование страховой части пенсии и объемом выплат страховой части пенсии:

$$\frac{dPFR}{dt} = S(t) + FB(t) + D(t) - VS(t) - VI(t) - VK(t),$$

где:

- $PFR(t)$  – сальдо доходов и расходов ПФР;
- $S(t)$  – страховые взносы на страховую часть;
- $FB(t)$  – средства федерального бюджета;
- $D(t)$  – доходы от размещения средств ПФР;
- $VS(t)$  – выплаты трудовых пенсий по старости;
- $VI(t)$  – выплаты пенсий по инвалидности;
- $VK(t)$  – выплаты пенсий по потере кормильца.

Средства пенсионных накоплений, находящиеся в ПФР, увеличиваются за счет поступлений страховых взносов на финансирование накопительной части пенсии, доходов от их временного размещения, средств отозванных из управляющих компаний (УК) и НПФ для перевода в другие УК и НПФ согласно заявлениям застрахованных, средств, отозванных из УК для выплат застрахованным или их правопреемникам. Уменьшение средств пенсионных накоплений, находящихся в ПФР, происходит за счет выплат накопительной части пенсии и единовременных выплат правопреемникам умерших застрахованных лиц. Для оценки бюджетобеспеченности ПФР рассчитывается соотношение доходов и расходов ПФР без учета средств федерального бюджета.

В подмодели «НПФ» выделена совокупность показателей, определяющих финансовое состояние негосударственных пенсионных фондов (подмодель «Финансовое со-



стояние») и подмодель «Инвестиционный портфель», отражающая процесс управления ими пенсионными накоплениями:

$$\frac{dA}{dt} = D(t) + P(t) - U(t) - R(t) - V(t) - VNP(t),$$

$$V(t) = D(t) \cdot DV(t),$$

где:

- $A(t)$  – стоимость чистых активов НПФ;
- $D(t)$  – доходы от инвестирования средств пенсионных накоплений;
- $P(t)$  – объем средств, поступивших из ПФР;
- $U(t)$  – объем средств, переданных в ПФР;
- $R(t)$  – расходы по инвестированию средств пенсионных накоплений;
- $V(t)$  – вознаграждение НПФ за управление средствами пенсионных накоплений;
- $VNP(t)$  – выплаты пенсионных накоплений;
- $DV(t)$  – доля вознаграждения в доходах от инвестирования.

В модели «Пенсионное законодательство» описываются алгоритмы формирования пенсии в зависимости от принятой формулы расчета пенсии, социальных характеристик пенсионера, условия выхода на пенсию, индексации и перерасчета пенсий, а также тарифные ставки и нормативные регуляторы инвестирования средств пенсионных накоплений.

В системно-динамической модели «Управляющие компании» описывается процесс управления пенсионными накоплениями управляющими компаниями с выделением государственной управляющей компании и частных управляющих компаний, с учетом зависимости результатов инвестирования пенсионных накоплений от конъюнктуры финансового рынка и нормативных ограничений к долям финансовых активов в инвестиционном портфеле. Моделируются показатели деятельности государственной и частных управляющих компаний по инвестированию пенсионных накоплений: динамика стоимости чистых активов, расходов инвестирования, вознаграждения за управление средствами пенсионных накоплений.

В модели «Инвестиционный портфель» описываются процессы размещения управляющими компаниями средств пенсионных накоплений в финансовые активы. Структура инвестиционных портфелей ограничивается нормативными долями финансовых активов, которые задаются в подсистеме «Пенсионное законодательство». Доходность инвестиционных портфелей определяется в соответствии с доходностью финансовых активов, динамически формируемых в подсистеме «Финансовый рынок».

Динамика стоимости чистых активов инвестиционного портфеля управляющей компании описывается дифференциальным уравнением:

$$\frac{dA_i}{dt} = D_i(t) + P_i(t) - U_i(t) - R_i(t) - V_i(t),$$

где:

- $A_i(t)$  – стоимость чистых активов  $i$ -го инвестиционного портфеля;
- $D_i(t)$  – доходы  $i$ -го инвестиционного портфеля;
- $P_i(t)$  – объем средств, поступивших из ПФР в  $i$ -го инвестиционный портфель;
- $U_i(t)$  – объем средств, переданных в ПФР из  $i$ -го инвестиционного портфеля;
- $R_i(t)$  – расходы  $i$ -го инвестиционного портфеля;
- $V_i(t)$  – вознаграждение за управление  $i$ -ым инвестиционным портфелем.

Объем переданных в ПФР средств складывается из суммы средств пенсионных накоплений застрахованных лиц, пожелавших перевести свои пенсионные накопления в другой инвестиционный портфель, а также выплат пенсионерам и правопреемникам застрахованных лиц, не доживших до назначения пенсии. Расходы по инвестированию средств определяются как доля от стоимости чистых активов соответствующего портфеля.

Для таких финансовых активов, как денежные средства на счетах кредитных организаций, депозиты, акции российских ОАО, паев индексных инвестиционных фондов, объем средств пенсионных накоплений, размещенных в каждый из перечисленных активов, описывается дифференциальным уравнением:

$$\frac{dFA_i}{dt} = P_i(t) + R_i(t) - Pr_i(t),$$

где:

- $dFA_i(t)$  – средства пенсионных накоплений, размещенных в  $i$ -ый финансовый актив;
- $P_i(t)$  – объем средств, размещаемых в  $i$ -ый актив;
- $R_i(t)$  – прирост стоимости  $i$ -го актива;
- $Pr_i(t)$  – стоимость проданных  $i$ -ых активов.

Для государственных, корпоративных, ипотечных ценных бумаг и ценных бумаг международных финансовых облигаций объем средств пенсионных накоплений, размещенных в каждый из перечисленных активов, описывается следующим дифференциальным уравнением:

$$\frac{dFA_i}{dt} = P_i(t) - G_i(t) - Pr_i(t),$$

где:

- $dFA_i(t)$  – средства пенсионных накоплений, размещенных в  $i$ -ый финансовый актив;
- $P_i(t)$  – объем средств, размещаемых в  $i$ -ый актив;
- $G_i(t)$  – погашение  $i$ -го актива;
- $Pr_i(t)$  – стоимость проданных  $i$ -ых активов.

Прирост стоимости активов и доходы по ценным бумагам образуют доходы от инвестирования средств пенсионных накоплений. Средняя доходность инвестиционного портфеля определяется как отношение доходов от инвестирования к стоимости чистых активов.

Управление средствами осуществляется за счет перераспределения свободных активов управляющей компании (или НПФ), которые образуются за счет проданных активов (возвращенных средств), погашений ценных бумаг, доходов, приносимых ценными бумагами, а также вновь переданных в управление средств:

$$\frac{dSA}{dt} = \sum Pr_i(t) + \sum D_i(t) + \sum G_i(t) + PPF(t) - UPF(t),$$

где:

- $SA(t)$  – свободные активы;
- $Pr_i(t)$  – продажа (возврат, снятие со счета) средств, размещенных  $i$ -ый актив;
- $D_i(t)$  – доход, приносимый  $i$ -ым финансовым активом;
- $G_i(t)$  – погашение  $i$ -го актива;
- $PPF(t)$  – переданные в управление средства из ПФР;

- $UPF(t)$  – выбывшие из управления средства.

Системно-динамическая модель «Финансовый рынок» задает динамику финансовых активов, в которые инвестируются средства пенсионных накоплений: государственные, корпоративные, ипотечные, международные ценные бумаги, депозиты, денежные средства на счетах. Учитывается влияние таких экзогенных факторов, как профицит бюджета, ставка рефинансирования, курс доллара США, цена на нефть, индекс Dow Jones и других. Доходность каждого из активов определяет доходность инвестиционных портфелей управляющих компаний и НПФ (подсистема «Управляющие компании» и «Пенсионные фонды»). На динамику финансовых активов оказывают влияние показатели деятельности экономических отраслей (подсистема «Страхователи»).

В динамических моделях пенсионной системы формируются срезы социально-экономических показателей по всем выделенным элементам, включая показатели естественного движения и миграции населения по возрастным группам и территориям, распределение застрахованных лиц по способам формирования накопительной части пенсии, средний размер пенсии по различным категориям пенсионеров, объемы страховых взносов, передаваемых в Пенсионный фонд Российской Федерации, в негосударственные пенсионные фонды, в управляющие компании, ключевые показатели отраслей экономики, финансовые показатели деятельности государственных и негосударственных пенсионных фондов, объемы выплат пенсий, показатели эффективности деятельности управляющих компаний, доходность финансовых активов и долю пенсионных накоплений на различных сегментах финансового рынка.

## 4. Заключение

Информационно-аналитическая поддержка принятия решений органами государственного управления в пенсионной сфере на базе ситуационных центров и систем поддержки принятия решений включает средства мониторинга, анализа данных, формирования сценариев, динамического компьютерного сценарного анализа и поддержки интерактивного режима участия эксперта в процессе моделирования и формирования управленческого решения по результатам моделирования. Центральным и системообразующим звеном систем поддержки принятия решений является комплекс имитационных моделей пенсионной системы Российской Федерации.

Комплекс моделей пенсионной системы позволяет исследовать пенсионную систему как целостную динамическую систему, изучать синергетический эффект от взаимодействия различных ее элементов, влияющих факторов и управляющих решений, включая элементы социального поведения людей в части формирования индивидуальной пенсионной стратегии. Особенностью разработанного комплекса динамических имитационных моделей пенсионной системы является то, что он программно реализован на основе механизмов компенсационного сочетания агентных, системно-динамических, математических моделей, параметризация системно-динамических моделей и спецификация агентных моделей выполнена по результатам мониторинга социально-экономических процессов.

Разработанный комплекс моделей пенсионной системы может быть использован в практической деятельности органов федерального государственного управления при анализе функционирования и формировании долгосрочной стратегии развития пенсионной системы Российской Федерации, в частности, при обосновании и реализации государственной программы «Развитие пенсионной системы» [11].

## Список литературы

1. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: учеб. пособие. М.: ИНФРА-М, 2012. 254 с.
2. Лычкина Н.Н. Инновационные парадигмы и технологии имитационного моделирования и их применение в управлении и информационных бизнес-системах и системах поддержки принятия решений. Вестник Университета. 2012. № 20. С. 136-145.
3. Лычкина Н.Н., Морозова Ю.А. Стратификация как основа инженерии технологий компьютерной поддержки принятия государственных решений в пенсионной сфере // Бизнес-информатика. М.: 2012. №2 (20). С. 20-28.
4. Лычкина Н.Н., Морозова Ю.А. Имитационное моделирование социальной сферы. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011. 388 с.
5. Морозова Ю.А. Информационно-аналитическая поддержка принятия государственных решений в пенсионной сфере на основе комплекса имитационных моделей // РИСК. 2011. № 4. С. 566-574.
6. Lychkina N.N., Andrianov D.L., Morozova Y.A. et al. Social Sphere Modeling Based on System Dynamics Methods // 29<sup>th</sup> International Conference of the System Dynamics Society, Washington, DC, USA, July 24th-28th, 2011.
7. Lychkina N.N., Morozova Y.A., Shults D.N. Stratification of Socio-economic Systems Based on the Principles of the Multi-modeling in a Heterogeneous Information-analytical Environment // 2<sup>nd</sup> International Multi-Conference on Complexity, Informatics and Cybernetics, Orlando, Florida, USA: International Institute of Informatics and Cybernetics, March 27th - 30th, 2011. P. 97-100.
8. Лычкина Н.Н., Морозова Ю.А. Комплекс имитационных моделей пенсионной системы Российской Федерации // XIII Апрельская Международная научная конференция по проблемам развития экономики и общества. НИУ ВШЭ, 2012. С. 409-417.
9. Лычкина Н.Н., Морозова Ю.А. Мультимодельный комплекс пенсионной системы как инструмент решения задач реформирования в социальной сфере // Вестник университета. 2011. № 15. С. 187-192.
10. Лычкина Н.Н., Морозова Ю.А. Динамическое моделирование процессов развития пенсионной системы // Прикладная информатика. 2013. №3 (45). С. 20-28.
11. Лычкина Н.Н., Еферина Т.В. Информационно-аналитическая поддержка принятия управленческих решений по обоснованию и реализации Стратегии развития пенсионной системы Российской Федерации // Серия: Основные проблемы социального развития России. Аналитический вестник № 26 (510) О реализации Стратегии долгосрочного развития пенсионной системы Российской Федерации (материалы к «правительственному часу» 340 заседания Совета Федерации Федерального Собрания Российской Федерации 20 ноября 2013 года). Москва, 2013 Печатная С. 66. С. 39-49 <http://council.gov.ru/media/files/41d4a271b9b5f556d97f.pdf>