

# СТРАТИФИКАЦИЯ КАК ОСНОВА ИНЖЕНЕРИИ ТЕХНОЛОГИЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ГОСУДАРСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ В ПЕНСИОННОЙ СФЕРЕ

**Н.Н. Лычкина**

кандидат экономических наук, доцент, заместитель заведующего кафедрой информационных систем Государственного Университета Управления

**Ю.А. Морозова**

аспирантка кафедры информационных систем Государственного Университета Управления

E-mail: [lychkina@guu.ru](mailto:lychkina@guu.ru), [limnoria@gmail.com](mailto:limnoria@gmail.com)

Адрес: г. Москва, Рязанский проспект, д. 99

*В статье рассматриваются подходы к стратификации социально-экономической системы, которые положены в основу инженерии инструментальных средств поддержки принятия решений для органов государственного управления. Приведены нотации и примеры стратифицированного описания для пенсионной системы Российской Федерации.*

**Ключевые слова:** пенсионная система, системы поддержки принятия решений, имитационное моделирование, системная динамика, агентное моделирование, стратифицированное описание модельного комплекса, системные потоковые диаграммы.

## Введение

Пенсионное обеспечение — одна из наиболее острых социальных проблем, требующих государственного решения. Пенсионной реформе 2002 года не удалось решить поставленных перед ней задач достижения долгосрочной финансовой сбалансированности пенсионной системы и повышения уровня пенсионного обеспечения граждан. Минздравсоцразвития России предложен комплекс возможных мер по совершенствованию пенсионной системы, в числе которых тарифная политика, использование внешних источников покрытия дефици-

та бюджета ПФР, меры в области индексации пенсий, обязательного накопительного компонента пенсионной системы, пенсионного возраста, предложены различные варианты структурных изменений пенсионной системы. Обоснованному управленческому решению должны предшествовать мониторинг, статистический анализ данных и сценарные расчеты типа «что будет, если...», позволяющие оценивать последствия принимаемых управленческих решений на имитационных и математических моделях.

Для выработки консолидированного сценария развития пенсионной системы предложенные меры

апробируются на имитационной модели пенсионной системы, что позволяет прогнозировать последствия их реализации и выбрать наиболее предпочтительный вариант развития пенсионной системы, обеспечивающий достижение целевых значений среднего размера трудовой пенсии и коэффициента замещения заработной платы пенсией при сохранении бюджетнообеспеченности Пенсионного фонда Российской Федерации.

#### **Назначение и базовые представления стратифицированного описания социально-экономической системы**

Реализация обобщенной компьютерной модели сложной социально-экономической системы связана с созданием комплекса взаимосвязанных математических и имитационных моделей с развитыми информационными и динамическими связями между ними [1]. Упрощает эту реализацию стратифицированное описание модельного комплекса, которое может быть выполнено формальными методами, например, с использованием концепции Дж. Клира [2], или с применением структурно-функционального моделирования и других инструментальных средств интеграции моделей (вложенные, иерархические структуры), поддерживаемых системами моделирования.

Стратификация является общим принципом системного моделирования и используется при анализе и синтезе сложных систем на основе методов компьютерного моделирования [3, 4]. Стратификация необходима для поддержки работы системного аналитика, выполняющего структуризацию и моделирование социально-экономической системы. Построение стратифицированного описания оказывается непосредственно связанным с решением задач предмодельного анализа исследуемой проблемы, служит итогом исходной содержательной проработки исходной базы процесса моделирования.

Известные подходы к стратификации [2, 3, 5] выполнялись формальными методами, что делало затруднительным их применение в экспертно-аналитической работе. Использование техники графического описания структур моделируемых систем позволяет стратификации выступать в качестве языкового средства общения и взаимодействия, обеспечивающего прямое участие эксперта в процедурах формирования модели и проведения экспертных ревизий и сценарного исследования на полученной модели. Диаграммы стратифицированного описания являются средством наглядного отображения информации о структуре и динамике моделируемых

социально-экономических процессов или, другими словами, языком общения экспертов по проблеме и системных аналитиков.

Кроме того, говоря о стратификации сложных социально-экономических систем, понимают конструирование баз данных и знаний, над которыми определены вычислительные процессы решения локальных задач системного анализа [3, 6]. Стратифицированное описание модельного комплекса служит основой для разработки соответствующей машинной технологии в системах поддержки принятия решений и кладется в основу формирования баз данных и знаний. С точки зрения технологии системного моделирования, поддерживается разработка отдельных подмоделей, между которыми устанавливается информационное взаимодействие на основе формируемых показателей и промежуточных переменных. В хранилище данных СППР для переменных моделей организуются соответствующие структуры метаданных.

Стратификация социально-экономической системы предполагает выделение различных уровней ее представления (страт), каждое из которых раскрывает определенный ее аспект. Анализ работ по моделированию и проектированию сложных систем показал, что системными аналитиками используются различные способы описания исследуемых систем.

Начальным этапом построения имитационной модели является формирование вербального описания моделируемой системы [4,7]. Необходимость систематизации и структуризации знаний о моделируемой системе повлекла развитие языков семантического описания предметной области (языков онтологий) [8, 9]. Известны опыты применения онтологических описаний для синтеза имитационных моделей, что позволяет повысить адекватность и сократить сроки создания моделей процессов в предметных областях, представленных онтологиями [10]. В связи с этим целесообразно применение онтологий (семантические модели) на этапе формализации знаний о моделируемой социально-экономической системе. Семантическое представление предназначено для сопровождения вербального описания, осуществления предмодельной проработки предметной области и позволяет установить базовую логическую структуру исследуемой системы.

При моделировании деятельности организации и проектировании информационных систем широко применяют структурные методологии Гейна-Сарсона [11], SADT [12], диаграммы потоков данных, позволяющие описать движение информации в организации. Поточковые диаграммы могут быть

полезны и при описании социально-экономических систем, в которых рассматриваются потоки ресурсов различной природы: информационные, денежные, потоки материалов, людских ресурсов и т.п. В дальнейшем они используются при формировании системных потоковых диаграмм имитационных моделей. В потоковом представлении моделируемая система отображается как сеть потоков различной природы, что отражает содержание базовой парадигмы моделей и методов системной динамики.

Структурно-функциональные модели позволяют преодолеть сложность социально-экономической системы, представляя ее в виде иерархии подсистем, отображает декомпозицию социально-экономической системы на подсистемы, начиная с верхнего уровня. Структурно-функциональное представление позволяет выявить базовую структуру и функции исследуемой системы.

Состояние и динамика социально-экономической системы оценивается на основе количественных показателей социально-экономического развития по результатам мониторинга и сценарных расчетов на компьютерной модели. В стратегическом управлении организацией широко используется сбалансированная система показателей, позволяющая направить деятельность всей организации на достижение стратегических целей [13]. При этом контроль стратегической деятельности осуществляется через ключевые показатели эффективности. Подобный подход может быть применен и в государственном управлении, при этом определяются целевые и текущие показатели развития социально-экономической системы.

Анализ работ в области системного моделирования позволил выделить следующие представления (страты) социально-экономической системы: семантическое, потоковое, структурно-функциональное, алгоритмическое и информационное. Стратифицированное описание социально-экономической системы не ограничивается перечисленными представлениями – могут

быть выделены и другие, в зависимости от объекта моделирования и задач исследования.

### Семантическое представление пенсионной системы

Семантическое представление – представление моделируемой системы в виде сети объектов, имеющих семантические (логические) связи друг с другом, используется для предмодельной проработки предметной области и поддержки вербального описания, позволяет установить базовую логическую структуру исследуемой системы. Методологией семантического представления служат онтологии, инструментальной базой являются языки онтологического моделирования. Разработанное семантическое представление пенсионной системы РФ описывает логические взаимосвязи основных объектов пенсионной системы: распределительный и накопительный компоненты пенсионной системы, разрешенные активы для инвестирования средств пенсионных накоплений, застрахованные лица и виды трудовых пенсий. На *рис. 1* представлен фрагмент семантического представления, детализирующий распределительный компонент пенсионной системы.

### Потоковое представление пенсионной системы

Потоковое представление применяется при формировании сети потоков системно-динамических моделей. Отдельные объекты потокового представления могут интерпретироваться как накопители системно-динамической модели. При разработке комплекса компьютерных моделей пенсионной системы сформировано потоковое представление, позволившее определить состав и направление движения основных финансовых потоков в рамках системы формирования трудовой пенсии через Пенсионный фонд Российской Федерации (ПФР) и негосударственные

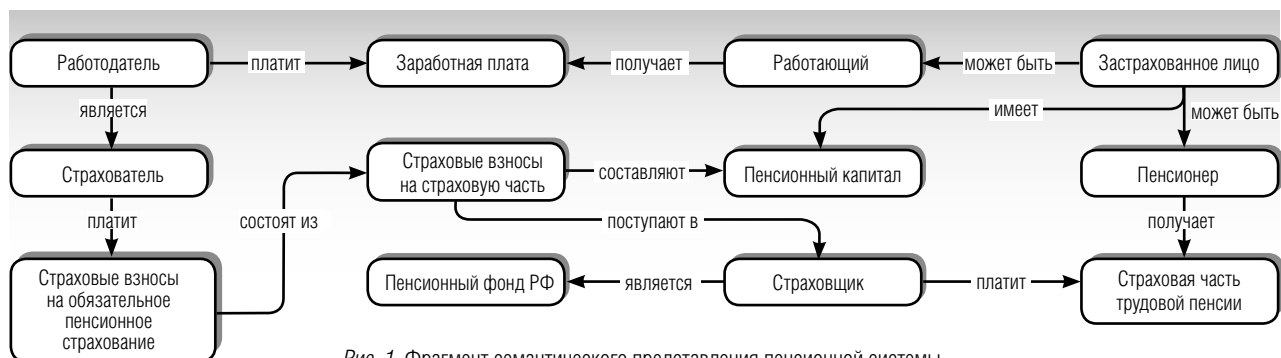


Рис. 1. Фрагмент семантического представления пенсионной системы. Распределительный компонент пенсионной системы

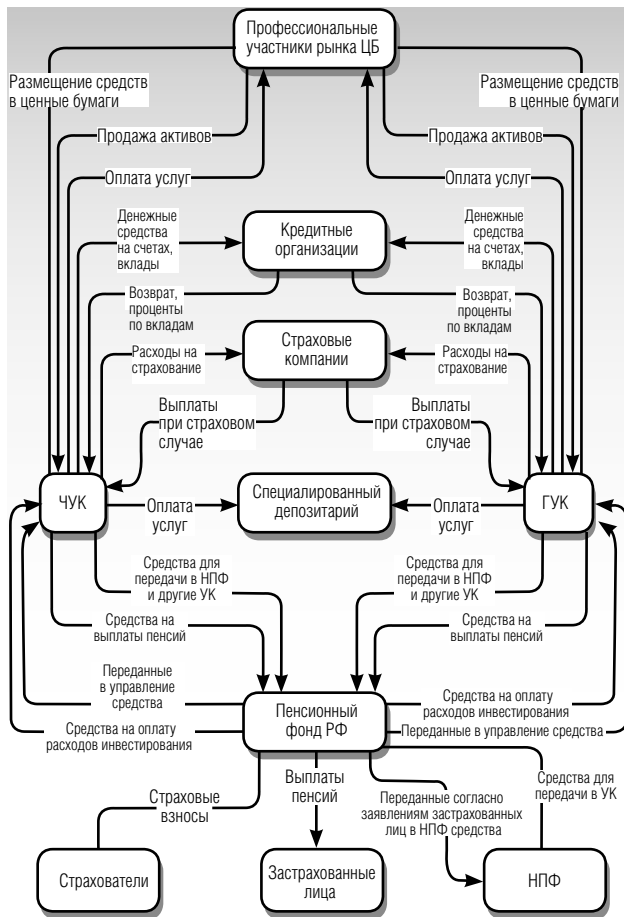


Рис. 2. Фрагмент потокового представления пенсионной системы. Движение финансовых потоков при формировании трудовой пенсии через ПФР

пенсионные фонды (НПФ). На рис. 2 представлен фрагмент потокового представления пенсионной системы, описывающий движение финансовых потоков при формировании трудовой пенсии через ПФР.

ПФР (рис. 2) заключает договоры с государственной управляющей компанией (ГУК), а также с частными управляющими компаниями (ЧУК), отобранными на конкурсной основе, и передает им средства пенсионных накоплений в соответствии с договорами доверительного управления средствами пенсионных накоплений и заявлениями застрахованных лиц.

Застрахованные лица могут осуществлять выбор инвестиционного портфеля (управляющей компании) – тогда их пенсионные накопления будут направлены в выбранную управляющую компанию (УК). Также застрахованные лица могут отказаться от формирования накопительной части пенсии через ПФР и написать заявление о переводе пенсионных накоплений в выбранный НПФ. По умолчанию средства пенсионных накоплений поступают в ГУК.

Управляющие компании (ЧУК и ГУК) в процессе управления пенсионными накоплениями несут расходы инвестирования, которые оплачиваются ПФР из средств пенсионных накоплений. Расходы инвестирования включают оплату услуг специализированного депозитария, профессиональных участников финансового рынка, расходы на страхование ответственности.

Управляющие компании (ЧУК и ГУК) покупают ценные бумаги (размещают средства пенсионных накоплений) и продают их через профессиональных участников финансового рынка. Также ЧУК и ГУК могут размещать средства на счетах и в депозитах в кредитных организациях.

### Структурно-функциональное представление пенсионной системы

Структурно-функциональное представление – представление системы в виде иерархии взаимосвязанных подсистем, отображает декомпозицию ее подсистем, начиная с верхнего уровня и заканчивая нижним уровнем, что позволяет выявить базовую структуру и функции исследуемой системы. Сформировано структурно-функциональное представление пенсионной системы, содержащее декомпозицию подсистем «Население», «Управляющие компании», «Пенсионные фонды», «Страхователи», «Пенсионное законодательство», «Финансовый рынок» (рис. 3).

Декомпозиция подсистем верхнего уровня раскрывается в представлениях последующих уровней (рис. 4 – 9).

В подсистеме «Население» формируются как потребности в пенсионном обеспечении (пенсионеры), так и ресурсы для него (страховые взносы за ра-

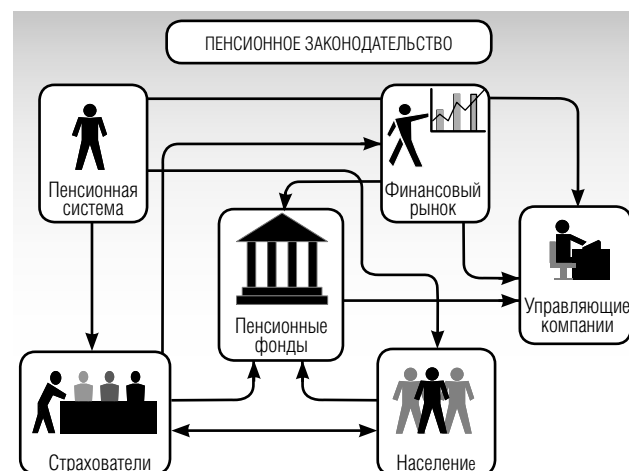


Рис. 3. Верхний уровень структурно-функционального представления пенсионной системы



Рис. 4. Подсистема «Население»

ботающее население). Для описания этих процессов в подсистеме выделяется подсистема «Естественное движение и миграция», где представлены общие закономерности естественного движения населения (динамика численности населения по возрастным группам) и миграция (передвижение населения как внутри страны, так и за ее пределы), а также подсистема «Люди», где описываются те стороны жизнедеятельности каждого отдельного человека, которые затрагивают проблемы пенсионного обеспечения (рис. 4). На подсистему «Население» влияют подсистемы «Страхователи», «Пенсионное законодательство». Сама подсистема «Население» в свою очередь воздействует на подсистемы «Пенсионные фонды» и «Страхователи».

В подсистеме «Страхователи» (рис. 5) описывается динамика показателей деятельности работодателей по отраслям, которым соответствуют подсистемы следующего уровня.

Каждая из подсистем для соответствующей отрасли описывает такие показатели, 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. Страховые взносы зависят от тарифов и базы начисления, указанной в действующем пенсионном законодательстве, и определяют поступления в пенсионные фонды. Выпуск товаров и услуг влияет на котировку акций и облигаций на финансовом рынке.

В подсистеме «Пенсионные фонды» (рис. 6) формируются доходы и планируются расходы пенсионной системы с детализацией их в подсистемах «ПФР» и «НПФ».

В Пенсионный фонд Российской Федерации (подсистема «ПФР») поступают страховые взносы от страхователей. В соответствии с заявлениями застрахованных лиц (подсистема «Население») пенсионные накопления передаются в негосударственные пенсионные фонды (подсистема «НПФ») или отзываться из них. Поступившие в ПФР или НПФ пенсионные накопления передаются в управляющие компании (подсистема «Управляющие компании»). Количество пенсионеров определяет объемы пенсионных выплат, которые должны сделать ПФР и НПФ. Поскольку денежные средства ПФР и НПФ могут временно размещать в депозиты, их доходы также зависят от ставки депозита (подсистема «Финансовый рынок»).

Подсистема «Пенсионное законодательство» (рис. 7) описывает механизм формирования пенсии в зависимости от тарифных ставок, формулы расчета пенсии, социальных характеристик пенсионера, а также нормативные регуляторы инвестирования средств пенсионных накоплений в соответствии с действующим законодательством.

Подсистема «Пенсионное законодательство» декомпозируется на подсистемы следующего уровня. В подсистеме «Тарифы страховых взносов» описываются дифференцированные тарифы страховых взносов, которые применяются в отношении страхователя в зависимости от его категории и в отношении

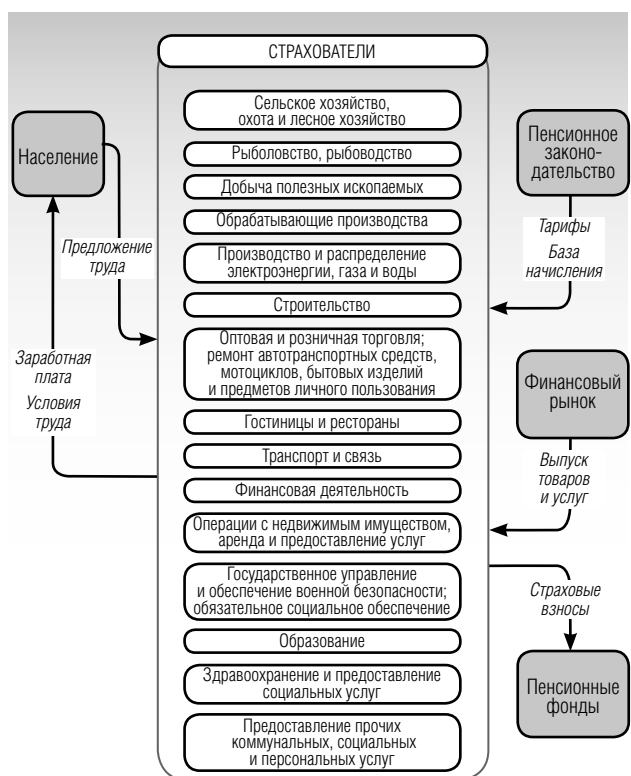


Рис. 5. Подсистема «Страхователи»

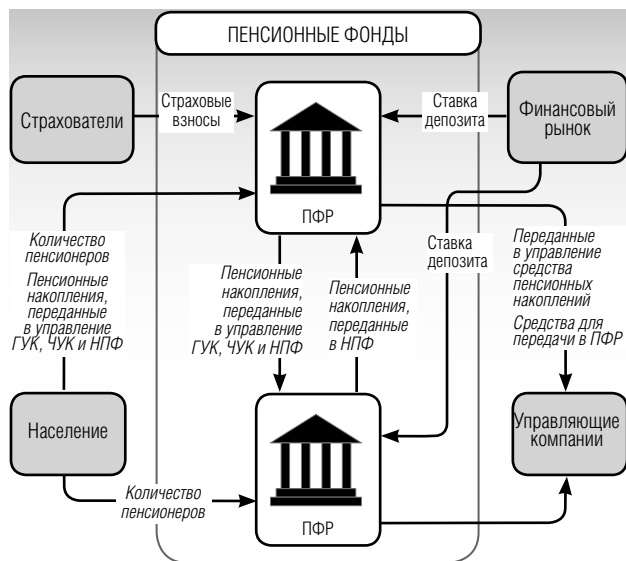


Рис. 6. Подсистема «Пенсионные фонды»

застрахованного лица в зависимости от его возраста. В подсистеме «Определение пенсионного возраста» заложен механизм установления возраста, в котором застрахованное лицо может выйти на пенсию по старости, в зависимости от пола, общего стажа, стажа работы в районах на Крайнем Севере и в приравненным к ним местностях, стажа работы в тяжелых и во вредных условиях труда. В подсистеме «База начисления страховых взносов» определяется сумма, с которой начисляются страховые взносы, в зависимости от категории застрахованного лица. Подсистема «Условия назначения пенсий» описывает характеристики застрахованного лица, дающие право на получение трудовой пенсии по потере кормильца, по инвалидности или по старости. В подсистеме «Определение размера трудовых пенсий» заложены формулы расчета трудовой пенсии по потере кормильца, по инвалидности и по старости. Подсистема «Индексация трудовых пенсий» описывает механизм индексации трудовых пенсий. Подсистема «Перерасчет трудовых пенсий» определяет порядок пересчета установленных трудовых пенсий. В подсистеме «Нормативные доли активов» описаны предельные доли финансовых активов в инвестиционном портфеле ГУК и ЧУК.

В подсистеме «Управляющие компании» (рис. 8) описывается деятельность управляющих компаний по инвестированию пенсионных накоплений, в том числе формирование инвестиционного портфеля, состоящего из активов, в которые разрешается инвестировать средства пенсионных накоплений.

Подсистема детализируется на подсистемы «ГУК» (государственная управляющая компания) и «ЧУК» (частные управляющие компании).

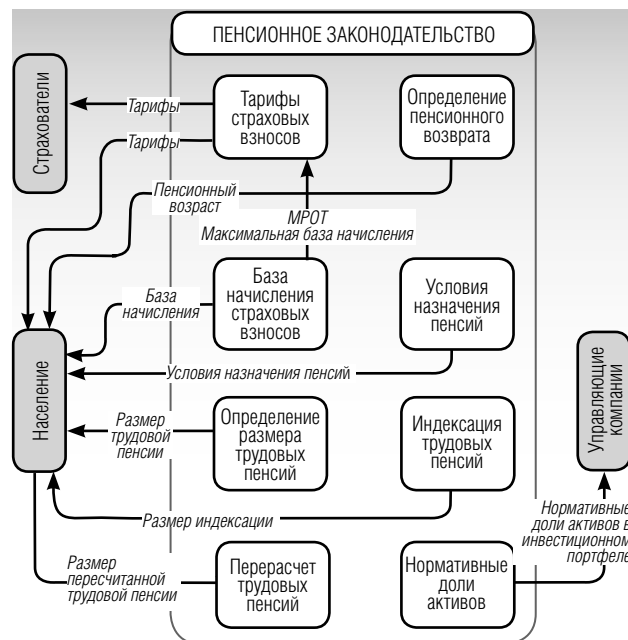


Рис. 7. Подсистема «Пенсионное законодательство»

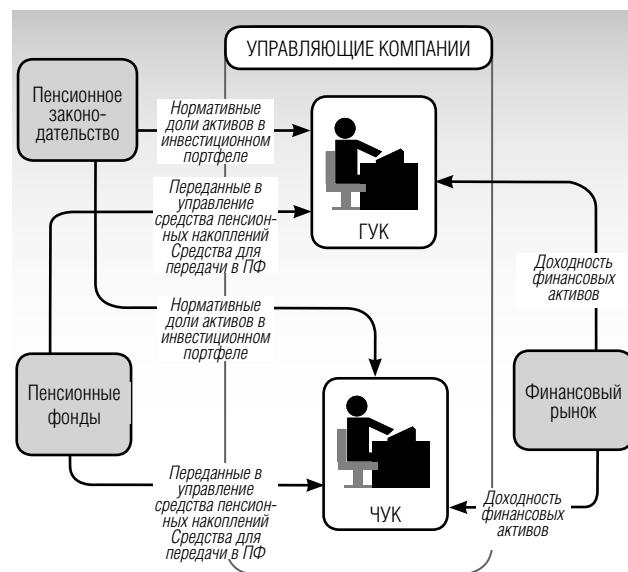


Рис. 8. Подсистема «Управляющие компании»

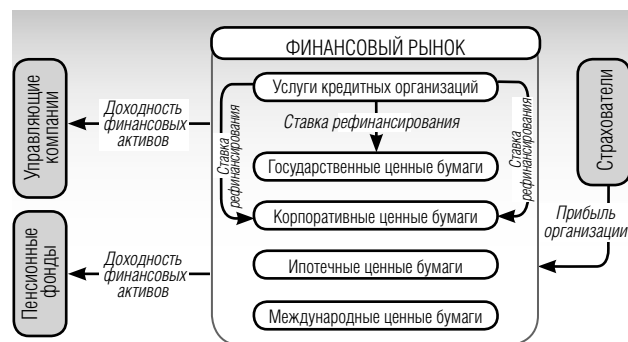


Рис. 9. Подсистема «Финансовый рынок»

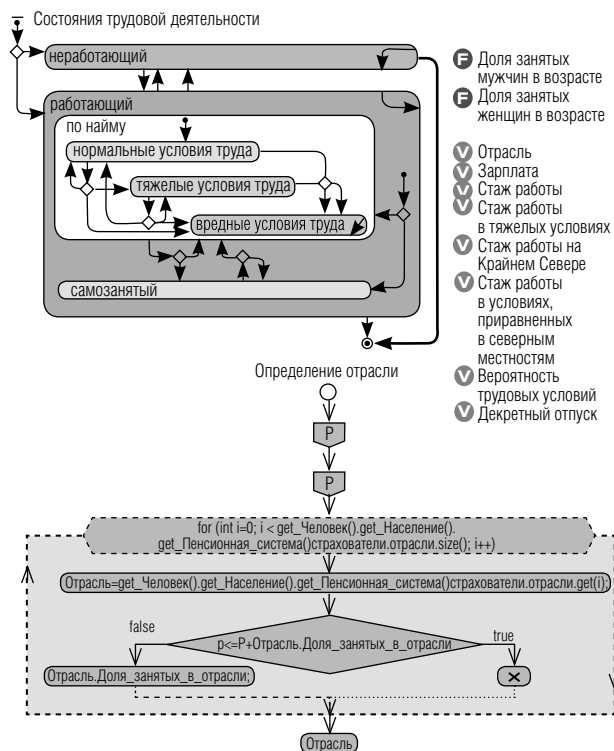


Рис. 10. Подсистема «Трудовая деятельность» (диаграмма состояний)

В подсистеме «Финансовый рынок» (рис. 9) описывается динамика финансовых активов, в которые инвестируются средства пенсионных накоплений.

В качестве подсистем выделяются группы активов, разрешенных для инвестирования пенсионных накоплений: государственные ценные бумаги, корпоративные ценные бумаги, ипотечные ценные бумаги, международные ценные бумаги, услуги кредитных организаций (депозиты, денежные средства на счетах).

Доходность каждого из активов определяет доходность инвестиционных портфелей управляю-

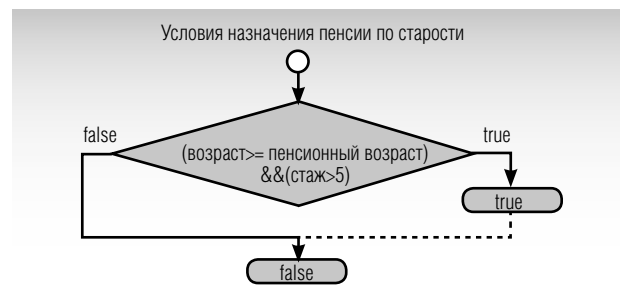


Рис. 12. Условия назначения пенсии по старости (диаграмма действий)

щих компаний и НПФ (подсистема «Управляющие компании» и «Пенсионные фонды»). На динамику финансовых активов оказывают влияние показатели деятельности экономических отраслей (подсистема «Страхователи»).

### Алгоритмическое представление пенсионной системы

Алгоритмическое представление, как правило, является нижним уровнем структурно-функционального представления и служит для детализации моделируемых процессов. В качестве графической символики, применяемой при формировании нотаций алгоритмического представления, используется техника построения системных потоковых диаграмм, диаграммы состояний, блочно-ориентированные диаграммы дискретно-событийного моделирования, диаграммы действий, включая элементы когнитивного и нейросетевого моделирования. На рис. 10 - 12 представлены примеры алгоритмического представления отдельных подсистем пенсионной системы Российской Федерации.

На основе представленного стратифицированного описания разработан комплекс имита-

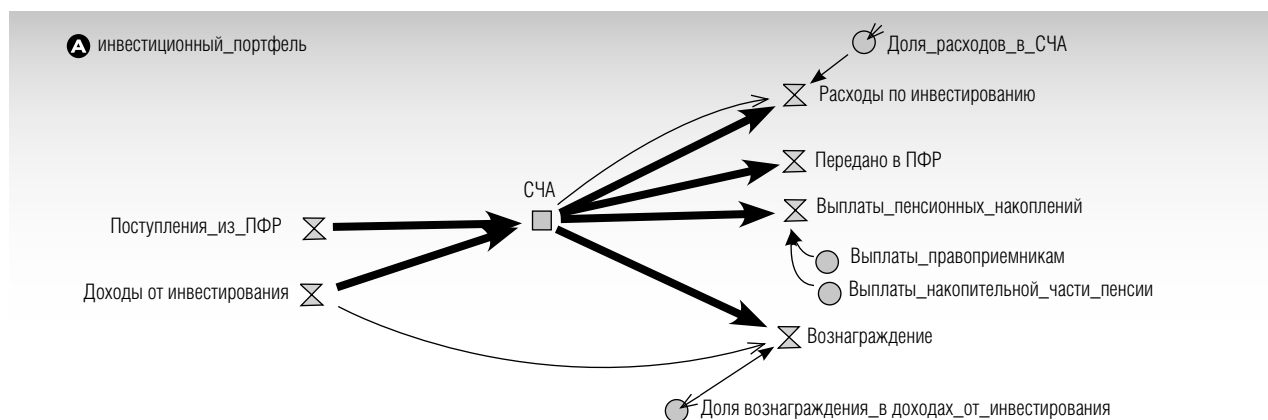


Рис. 11. Подсистема «НПФ» (фрагмент системной потоковой диаграммы)

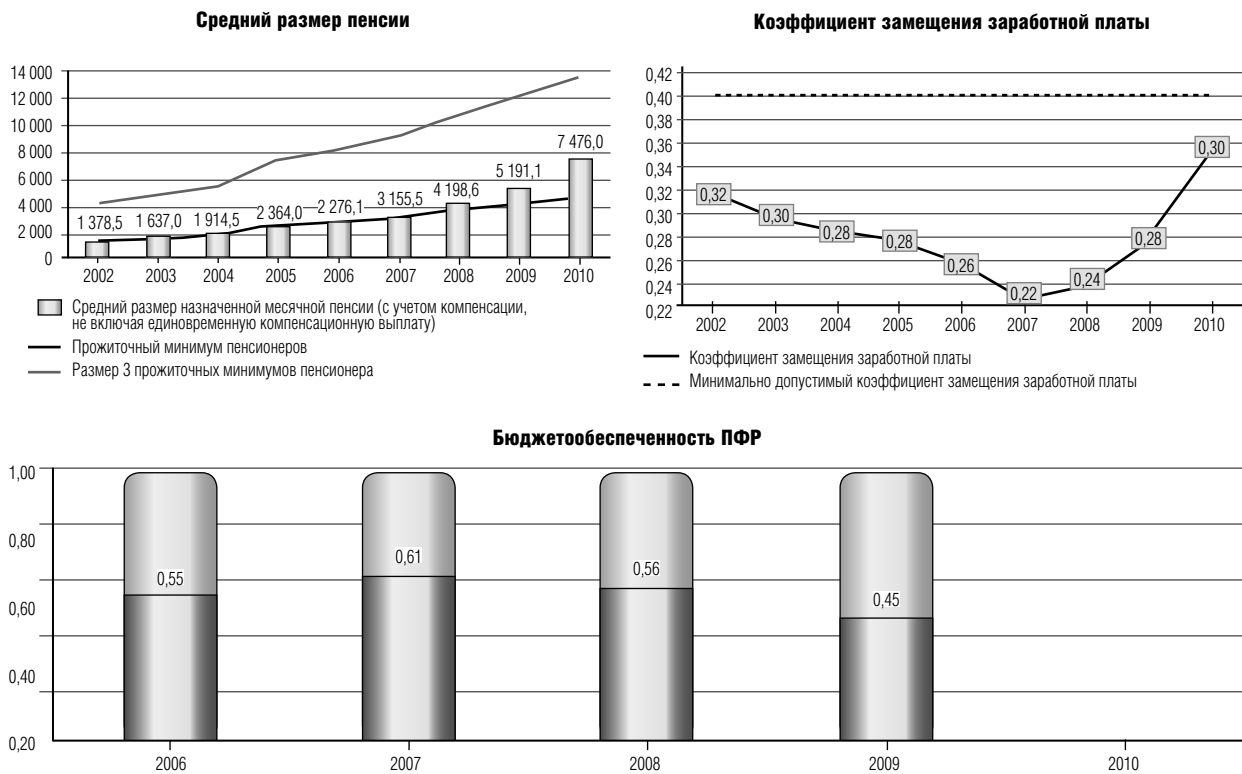


Рис. 13. Пример индикаторного монитора пенсионной системы РФ (основные индикаторы)

ционных моделей пенсионной системы [15-17], программно-реализованный на основе высокотехнологичных решений имитационного моделирования и компенсационного сочетания методов системной динамики и агентного моделирования, отражающий процессы естественного движения и миграции населения, с учетом социальных характеристик застрахованных лиц, с элементами агентного моделирования поведения застрахованных лиц в части выбора инвестиционного портфеля и управляющей компании и др., а также базовые процессы деятельности в пенсионной сфере, связанные с управлением средствами страховых взносов ПФР и НПФ, деятельность работодателей по отраслям, процессы управления пенсионными накоплениями ГУК и ЧУК в зависимости от состояния финансового рынка, а также алгоритмически определяемые параметры пенсионного законодательства.

### Информационное представление пенсионной системы

Информационное представление предназначено для отображения данных о системе и основано на иерархии описывающих ее показателей, сгруппированных по подсистемам, выделенным в структурно-

функциональном представлении, и связанных с соответствующими объектами алгоритмического представления.

Информационное представление системы реализуется в виде многомерного куба, настроенного на хранилище данных о системе, и отображается в OLAP-отчетах, регламентных отчетах, индикаторных мониторах. На рис. 13 представлен пример индикаторного монитора пенсионной системы РФ, на котором в графическом виде представлены основные индикаторы: средний размер пенсии, коэффициент замещения заработной платы, бюджетобеспеченность. На графиках также представляются целевые значения индикаторов, чтобы можно было оценить степень их достижения.

### Заключение

Сформированная концепция построения стратифицированного описания социально-экономической системы [15] положена в основу соответствующих инструментальных решений в составе СППР, которые поддерживают единый формат отображения информации и позволяют описывать социально-экономическую систему в нотациях семантического, потокового, структурно-



функционального, алгоритмического и информационного представления с помощью соответствующих идеографических средств компьютерного моделирования. Между представлениями поддерживаются информационные связи, благодаря которым элементы одного представления могут быть сопоставлены соответствующим элементам другого представления, обеспечивается навигация по пред-

ставлениям и по уровням иерархии каждого представления.

Инструментарий построения стратифицированного описания апробирован при разработке комплекса имитационных моделей пенсионной системы РФ, программно-реализованного на основе сочетания системно-динамических, агентных, эконометрических, алгоритмических моделей [16]. ■

#### Литература

1. Лычкина Н.Н. Компьютерное моделирование социально-экономического развития регионов в СППР // Natalia N. Lychkina, Dmitriy Shult. Simulation modeling of regions' social and economic development in decision support systems // Материалы 27 Международной конференции Общества системной динамики, США, Альбукерке, Нью Мехико, 26-30 июля 2009 г., www.systemdynamics.org[Сайт Российского общества системной динамики], 2009. URL: [http://www.sysdynamics.ru/system/files/70/original/Modelir\\_s.razv.pdf?1284058785](http://www.sysdynamics.ru/system/files/70/original/Modelir_s.razv.pdf?1284058785) (дата обращения: 07.11.2010).
2. Клир Дж. Системология. Автоматизация решения системных задач: пер. с англ. — М.: Радио и связь, 1990.
3. Аврамчук Е.Ф., Вавилов А.А., Емельянов С.В. и др. Технология системного моделирования / Под общ. ред. С.В. Емельянова и др. — М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1988.
4. Лычкина Н.Н. Имитационное моделирование экономических процессов: Учебное пособие.- М.: ИНФРА-М, 2011.
5. Месарович М., Мако Д., Такахара И. Теория иерархических многоуровневых систем / Пер. с англ. под ред. Шахнова И.Ф. — М.: Мир, 1973.
6. Арбиб М., Мейнс Э.Дж. Основания теории систем: разложимые системы / Математические методы в теории систем. М.: Мир, 1979.
7. Емельянов А.А., Власова Е.А., Дума Р.В. Имитационное моделирование экономических процессов. - М.: Финансы и статистика, 2002.
8. Guarino N., Welty C. Ontological Analysis of Taxonomic Relationships // Proceedings of ER-2000. The international conference of Conceptual Modeling. Springer Verlag, 2000.
9. Sowa J. Knowledge Representation: Logical, Phi-losophical, and Computational Foundations. Brooks Cole Publishing Co., Pacific Grove, CA, 2000.
10. Путилов В.А., Горохов А.В. Системная динамика регионального развития. Монография. Мурманск: НИЦ «Пазори», 2002.
11. Гейн К., Сарсон Т. Структурный системный анализ: средства и методы. в 2-х ч. — М.: Эйтекс, 1993.
12. Марка Д., Макгоуэн К. Методология структурного анализа и проектирования: Пер. с англ. - М.: МетаТехнология, 1993.
13. Нортон Д., Каплан Р. Сбалансированная система показателей. От стратегии к действию — Олимп-Бизнес, 2010.
14. Каменнова М.С., Громов А.И., Ферапонтов М.М., Шматалюк А.Е. Моделирование бизнеса. Методология ARIS. Практическое руководство. — М., Весть-МетаТехнология, 2001.
15. N.N. Lychkina, Y.A. Morozova, D.N. Shults. Stra-tification of Socio-Economic Systems Based on the Principles of the Multi-Modeling in a Heterogeneous Information-Analytical Environment // 2nd Internati-onal Multi-Conference on Complexity, Informaticsand Cybernetics: : IMCIC, Orlando, Florida, USA: Inter-national Institute of Informatics and Cybe-netics, March 27-30, 2011. (www.2011iisconferences.org/imcic)
16. Lychkina N.N., Andrianov D.L., Morozova Y.A. Social sphere modeling based on system dynamics methods, - 29th International System dynamics conference, Washington, D.C., 24-28 July 2011, (www.systemdynamics.com)
17. Лычкина Н.Н., Морозова Ю.А. Имитационное моделирование социальной сферы. — Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2011.