

## Ринок фінансових послуг

**Приймак В.І.,**  
доктор економічних наук,  
професор кафедри інформаційних  
систем у менеджменті  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка

**Карчевська О.І.,**  
аспірант кафедри інформаційних  
систем у менеджменті  
Львівського національного університету  
імені Івана Франка

### ПРОГНОЗУВАННЯ ФІНАНСОВИХ ПОТОКІВ КОМПАНІЇ ЗІ СТРАХУВАННЯ ЖИТТЯ НА ОСНОВІ МЕТОДІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

*Розглянуто механізм руху фінансових ресурсів компанії зі страхування життя та розроблено відповідну концептуальну модель. Створено програмний комплекс імітаційного моделювання діяльності страхової компанії. На основі проведених експериментів здійснено оцінку страхового й інвестиційного ризиків на точність прогнозування страхового резерву.*

*Тьє тес Наніш о/Шпансія Гевонгсев тоуетені ін Ще інзигансе сотрану й сотійегей ін іне азій-сіе апі сопезропійіщ сопсеріаі тойейі й іеуейорей. ТНе зорнаге іо зітіаіае тойейіщ о/іНе сотрану'з орегаііон й сгеаіей. Он Базіз о/іке сопійусіей ехрегіменіз ін/іуенсе о/іке інзигансе апі шезітені гізк он гезене'з/огесазі й аззеззей.*

**Ключові слова:** фінансові ресурси, страхування життя, прогнозування, імітаційне моделювання.

Як показує світовий досвід, компанії зі страхування життя є важливою ланкою у фінансово-господарській системі країни. Зокрема, цими компаніями реалізуються програми пенсійного забезпечення та механізм накопичення коштів для певних потреб (освіта дітей, купівля житла тощо). Для забезпечення своєї діяльності страховик формує й використовує кошти страхового фонду, виплачуючи страхове відшкодування страхувальнику та фінансуючи власні витрати з утримання страхової компанії. Фінансова стійкість забезпечується на основі прогнозування надходжень і видатків. Через мінливість і непередбачуваність економічного середовища діяльність компанії зі страхування життя має ризиковий характер та, у свою чергу, залежить від багатьох внутрішніх і зовнішніх чинників. До внутрішніх можна зарахувати неефективність андеррайтингової політики й політики пере страхування, вибір напрямів інвестування коштів страхового фонду та кваліфікацію персоналу. Найважче передбачити й управляти зовнішніми джерелами ризику, а саме: дохідністю інвестиційних інструментів, імовірністю настання страхового випадку, спроможністю населення купувати страхові послуги та його потребою у страховому захисті. Зважаючи на складність аналітичного прогнозування і стохастичний характер фінансових потоків, перспективним є застосування для цього імітаційних моделей.

© Приймак В.І., Карчевська О.І., 2011

## Ринок фінансових послуг

Моделюванню й аналізу фінансових потоків страхових компаній приділяється значна увага як у вітчизняній, так і в зарубіжній науковій літературі. Оскільки функціонування страхових установ у розвинутих країнах має тривалу історію, зарубіжними вченими розроблено багато економіко-математичних моделей для прогнозування фінансових потоків таких установ. Наприклад, Т. Герстнером, М. Грібелем, М. Хольтсом, Р. Гошніком та М. Хаепом побудовано стохастичну модель для компанії зі страхування життя, а також проаналізовано вплив зміни параметрів моделі на ризик банкрутства компанії<sup>1</sup>. В наступній праці<sup>2</sup> ними вдосконалено методику проведення імітаційних експериментів. Також було досліджено задачу міжчасового формування інвестиційного портфеля страховика за умови, що динаміка активів і зобов'язань компанії описується стохастичними процесами<sup>3</sup>.

Страхова галузь України почала функціонувати на ринкових засадах не так давно. З огляду на випереджаючі темпи розвитку ризикового страхування порівняно зі страхуванням життя, українськими вченими розроблено моделі, зокрема імітаційні, фінансових потоків для тих страхових компаній, котрі займаються ризиковими видами страхування (що переважно є короткостроковими). В галузі довгострокового страхування узагальнено й систематизовано методи актуарних розрахунків<sup>4</sup>, побудовано модель динамічного управління фінансовими потоками компанії зі страхування життя<sup>5</sup>. На ринку інформаційних технологій для таких компаній є програмні продукти "Система страхування життя" фірми "Атлас" та "Система автоматизації страхування життя ІЛ&А" фірми "СЗ", котрі призначені для спрощення актуарних розрахунків та ведення обліку клієнтської бази. Дуже важливим для забезпечення стабільного функціонування страхової компанії є прогнозування її фінансових потоків, а отже, потрібні теоретичні і практичні дослідження в цьому напрямі з урахуванням специфіки діяльності вітчизняних страховиків. У зв'язку з цим метою статті є розроблення системи імітаційного моделювання для прогнозування фінансових потоків компанії зі страхування життя.

### Теоретичний опис об'єкта моделювання

Розглянемо детальніше механізм руху фінансових ресурсів усередині страхової компанії, яка виконує операції страхування життя й пенсій, інвестування коштів

<sup>1</sup> A general asset-liability approach to the efficient utilization of portfolio of life insurance policies / T. Gerstner, M. Grubel, M. Holt [et al.] // Insurance: Mathematics & Economics. - 2008. - № 42 (2). - P. 704-716.

<sup>2</sup> Segzine T., Grubel M., Holt M. Efficient simulation of correlated asset-liability approach to the efficient utilization of life insurance policies // Insurance: Mathematics & Economics. - 2009. - № 44. - P. 434-446.

<sup>3</sup> Kiyoi M., Ietba H.T. Ipetetroga Sigris approach // Insurance: Mathematics & Economics. - 2004. - № 28. - P. 975-990.

<sup>4</sup> Головки А.Т. та ін. Основи довгострокового страхування / А.Т. Головки, М.П. Денисенко, І.О. Ковтун, В.Г. Кабанов. — К.: Алерта, 2007. — 444 с.

Приймак В.І., Карчевська О.І. Динамічне управління фінансовими потоками компанії зі страхування життя // Фінанси України. — 2008. — № 8. — С. 113–124.

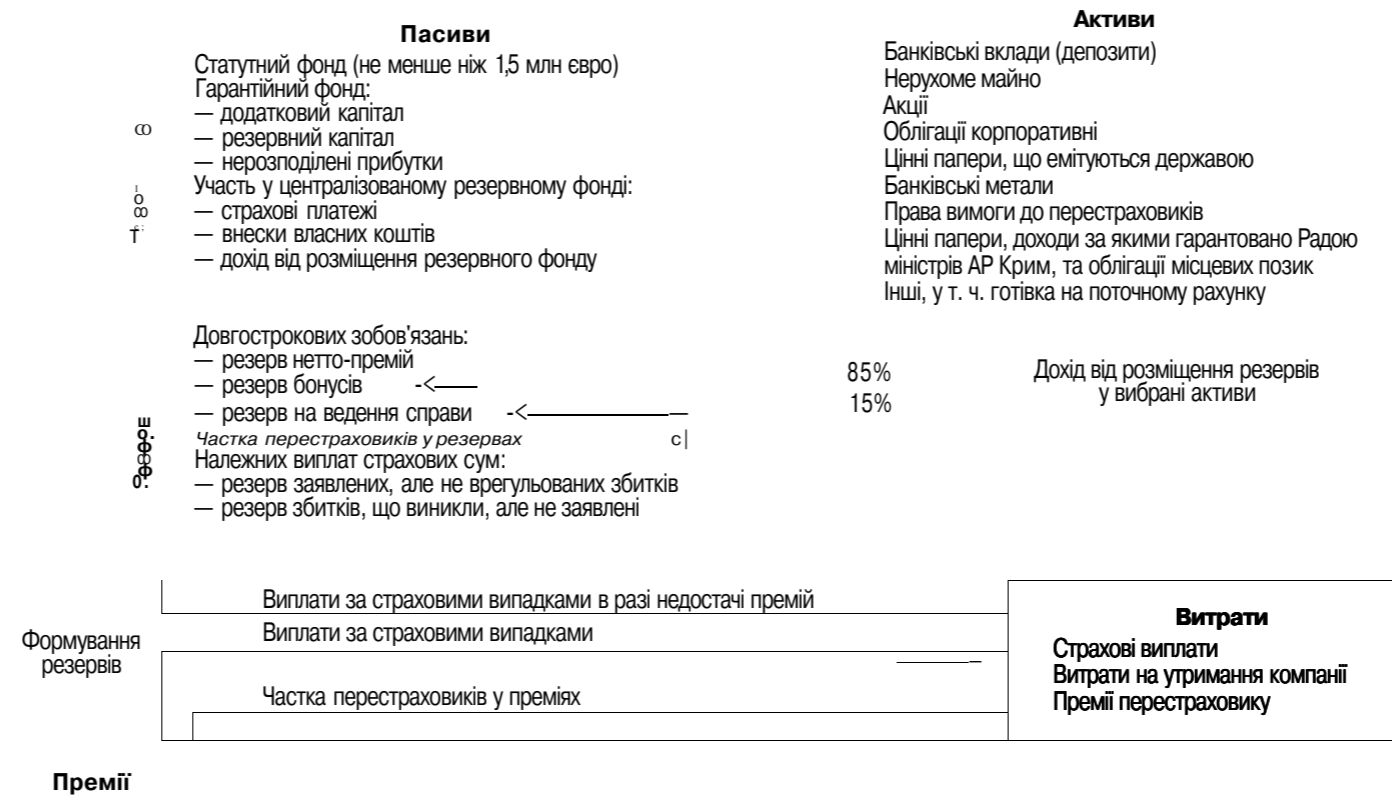


Рис. 1. Економічний механізм руху фінансових ресурсів компанії зі страхування життя

## Ринок фінансових послуг

страхових резервів та перестраховує ризики в іншій страховій компанії. Основними фінансовими потоками страховика, що розглядаються в розробленій моделі, є надходження внесків від страхувальників та здійснення страхових виплат, доходи (збитки) в результаті інвестування коштів страхових резервів, виплата премій перестраховику та компенсація збитків страхової компанії перестраховиком згідно з умовами договору. Детальніше рух фінансових ресурсів показано на рис. 1.

На законодавчому рівні особливості формування, розміщення й обліку фінансових ресурсів компанії зі страхування життя регулюються Законом України "Про страхування", Методикою формування резервів із страхування життя та Правилами розміщення страхових резервів зі страхування життя.

За рахунок власників і акціонерів формується власний капітал компанії, коштами якого вони можуть розпоряджатися відповідно до законодавства і внутрішньої політики компанії. За рахунок одержаних премій створюється резерв довгострокових зобов'язань, здійснюються виплати за поточними страховими випадками й виплати премії за перестраховання. Резерв довгострокових зобов'язань складається з резерву нетто-премій, резерву бонусів (кошти цих резервів інвестуються у вибрані активи) та резерву на ведення справи (за рахунок котрого покриваються розтягнуті в часі значні початкові витрати компанії на укладення договору та поточні видатки страховика).

Кошти резерву довгострокових зобов'язань можуть бути вкладені в активи, при цьому, з метою забезпечення диверсифікованості й безпечності інвестицій, види та максимальні обсяги вкладень регламентуються законодавчо<sup>6</sup>. Дохід від інвестування коштів нетто-резерву спершу йде на забезпечення виплати гарантованої ставки дохідності (не більш ніж 4 % річних), а решта розподіляється між страховою компанією (15 % суми доходу) та страхувальником (85 %). Додатковий дохід йде на формування резерву бонусів для кожного страхувальника відповідно до розміру його страхової суми. Резерв належних виплат формується для забезпечення виплат за основними ризиками та нарахування гарантованої ставки дохідності, а за рахунок резерву бонусів здійснюються передбачені договором додаткові виплати.

Потрібно зауважити, що для страхової компанії виконання взятих зобов'язань та здійснення своєчасних виплат є принципово важливим. Саме з цією метою формуються резерви довгострокових зобов'язань і належних виплат страхових сум. Поряд із тим актуарієм розраховується нормативне значення резерву довгострокових зобов'язань (актуарний резерв), тобто така величина фінансових ресурсів страхової компанії, яка, за умови відповідності реальних показників інвестиційної дохідності і тривалості життя актуарному базисові, є достатньою для виплати страхових відшкодувань за укладеними договорами.<sup>7</sup> За своєю сутністю резерв є відображенням поточних зобов'язань страховика.

<sup>6</sup> Про затвердження Правил розміщення страхових резервів зі страхування життя: Розпорядження Державної комісії з регулювання ринків фінансових послуг України від 26.11.2004 № 2875 (останні зміни внесені 23 липня 2009 року) — Ст. 3: [Електр. ресурс]. — Пір://закоп.гасія.ссу.іа/

## Ринок фінансових послуг

У зв'язку зі зростанням імовірності смерті застрахованої особи з віком, величина математичного сподівання виплат щороку зростає, й відповідно щорічно мала би збільшуватися премія. З метою забезпечення рівномірності сплати премій їх розмір розраховується за принципом еквівалентності актуарних вартостей майбутніх премій і виплат та є постійним протягом усього періоду дії договору. Тому в першій половині дії договору премія є істотно вищою, ніж математичне сподівання виплат упродовж того періоду (місяця, кварталу, року), за який сплачено премії<sup>7</sup>. Саме ця різниця йде на формування резерву. Решта премій витрачається на покриття очікуваних (які за розмірами дорівнюють математичному сподіванню) виплат за договорами протягом цього періоду. Якщо фактичний розмір виплат за певний період перевищує математичне сподівання, додаткові кошти беруться з резерву або власного капіталу.

Різниця між визначеною в договорі страховою сумою та накопиченим на конкретну дату резервом за цим договором називається ризиковою сумою. За потреби компанії або на вимогу законодавства ризикова сума може бути передана в перестраховання.

Передаючи ризик у перестраховання, страховик також сплачує перестраховикові частину отриманої від страхувальника премії. Така операція знаходить відображення у зміні зобов'язань страховика. Втім, оскільки прямий страховик відповідає перед страхувальником у повному обсязі, загальна величина резерву не змінюється, а у структурі резерву виділяється частка перестраховика, котра, з точки зору бухгалтерського обліку, є активом страховика (права вимоги до перестраховика). Для пропорційного перестраховання ця частка еквівалентна відношенню відповідальності перестраховика до загальної відповідальності за договором (страхової суми). Для непропорційного перестраховання проводиться оцінка майбутніх збитків та розраховується частка (відсоток) цих збитків, яка буде компенсована перестраховиком. Згідно із Правилами розміщення страхових резервів зі страхування життя, права вимоги до перестраховиків визначаються як сума часток перестраховиків у страхових резервах<sup>8</sup>. Виділення частки перестраховиків впливає на результат зміни резерву довгострокових зобов'язань та в підсумку — на доходи (видатки) від операційної діяльності компанії.

### Концептуальна модель фінансових потоків компанії зі страхування життя

Ефективне управління діяльністю компанії зі страхування життя ґрунтується на точному прогнозуванні (оцінці) майбутніх надходжень і видатків. Однак, аналізуючи джерела фінансових ресурсів страхової компанії, можна зробити висновок,

*Вепске Н.* Ишигапе таїБетаїєв. А Еигореап тосієі: [Електр. ресурс]. — Нир://fep.lib.gi\$.ec/8ei?tc15=23c094o'aГс10359гТ571а4П59еє38еаь. - С 115, 116.

Про затвердження Правил розміщення страхових резервів зі страхування життя: Розпорядження Державної комісії з регулювання ринків фінансових послуг України від 26.11.2004 № 2875 (останні зміни внесені 23 липня 2009 року) — Ст. 3.1.6: [Електр. ресурс]. — пі(p://гакоп.гасіа.еоу.иа/

## Ринок фінансових послуг

що деякі з них мають випадковий (імовірнісний) характер. Це ускладнює їх прогнозування. Наприклад, кількість укладених за звітний період договорів у загальному випадку є випадковою величиною. Також неможливо точно спрогнозувати страхову суму, платежі й момент виплати за майбутніми договорами.

В такому разі прогнозувати майбутні фінансові потоки можна з допомогою імітаційного моделювання. Сутність цього методу полягає в тому, що на основі закону розподілу вхідних випадкових величин (у нашому випадку це кількість нових договорів, тривалість життя, дохідність інвестиційних інструментів) генерується велика кількість можливих сценаріїв розвитку фінансового стану компанії. При цьому кожен сценарій є не випадковою функцією часу й параметрів. Потім ці результати усереднюються та отримується математичне сподівання випадкового процесу. Теоретичним обґрунтуванням методу імітаційного моделювання є закон великих чисел, котрий включає сукупність теорем щодо збіжності реалізацій випадкових величин до їх математичного сподівання при зростанні кількості реалізацій. Однак для оцінки майбутніх фінансових потоків важливе не лише їх математичне сподівання в кожен наступний момент часу, а й дисперсія, що характеризує міру невизначеності (розсіювання значень величини навколо середнього).

Перейдемо до математичної постановки задачі. Формулювання імітаційної моделі здійснено на основі системного підходу до об'єкта моделювання<sup>9</sup>. Ми розглядаємо компанію зі страхування життя як систему, елементами котрої є сукупність договорів, за якими відбуваються події отримання премій, настання страхового випадку та сплати відшкодувань, а також укладення нових договорів. Згідно з А.М. Лоу, стан системи визначається сукупністю змінних, необхідних для опису системи на певний момент часу відповідно до завдань дослідження<sup>10</sup>. В нашому випадку стан страхової компанії (системи) в момент часу  $i$  характеризується величиною резерву довгострокових зобов'язань, актуарного резерву, внесків, виплат, премій перестраховику, компенсації перестраховику частини збитків та кількістю наявних і нових договорів. При побудові моделі ми не враховуємо витрати на утримання компанії. Керованими величинами в нашій моделі є частка інвестицій у активи, вибір виду перестраховування й величини власного утримання.

Оскільки на практиці підбиття підсумків діяльності та складання фінансової звітності здійснюється наприкінці кожного періоду діяльності страхової компанії, цілком природно припустити дискретний характер перебігу процесів та зміну модельного часу з постійним кроком, величина якого відповідає календарному звітному періоду (квартал, рік).

На основі поділу фінансових потоків страховика за напрямками діяльності (страхова, перестрахова, інвестиційна) виділимо основні групи моделей, що формалізують ці потоки: фінансових потоків за окремими договорами, перестраховування,

*Лоу А.М., Кельтон В.Д.* Имитационное моделирование. Классика С5. — 3-е изд. — СПб.: Питер, 2004. - С 21-31.

*Там само.* — С. 21.

## Ринок фінансових послуг

динаміки дохідності активів. Консолідована модель страхової компанії поєднуватиме вихідні потоки попередніх моделей.

**Модель фінансових потоків за окремими договорами.** Припустимо, що страхова компанія може укласти  $M$  типів договорів страхування життя та пенсії, й кожен із цих типів характеризується переліком страхових випадків та відповідною схемою розрахунку премій і резервів. Протягом кожного періоду часу  $(t - 1, t)$ ,  $t = 1, T$ , кількість договорів компанії за кожним із цих типів змінюється таким чином:

$$n_t = n_{t-1} + \text{new}_t - \text{claim}_t,$$

де  $n_t$  — кількість договорів  $y$ -го типу ( $y = 1, M$ ) станом на кінець періоду часу  $(t - 1, 0)$ ;

$\text{new}_t$  — число нових договорів  $y$ -го типу ( $y = 1, M$ ), укладених за період часу  $0 - 1, 0$ ;

$\text{claim}_t$  — кількість договорів  $y$ -го типу ( $y = 1, M$ ), за якими в період часу  $(t - 1, t)$  настали страхові випадки або закінчився термін дії.

У наведеній формулі число нових договорів і таких, за якими настали страхові випадки, є випадковими величинами.

В сукупності на момент часу  $t$  маємо  $K_t$  страхових договорів  $(K_t = \sum_{y=1}^M n_t^y)$ , кожен із яких характеризується такими параметрами:

$$A^*(i_{\text{con}}^k, a\%e^k, 55^*, \text{term}_{\text{con}}^k, \text{term}_{\text{yn}}^k, C^k, [\text{pen}_{a\%e^k}, KP^k], AK^k, B^k),$$

де  $i_{\text{con}}^k$  — тип договору;

$a\%e^k$  — вік страхувальника на момент укладення договору;

$55^*$  — страхова сума;

$\text{term}_{\text{con}}^k$  — термін дії договору;

$\text{term}_{\text{m}}^k$  — термін сплати внесків;

$C^k$  — розмір премії;

$\text{pen}_{a\%e^k}$  — вік виходу на пенсію;

$KP^k$  — розмір пенсії;

$AK^k$  — актуарний резерв за  $k$ -им договором на момент часу  $t$ ,

$B^k$  — резерв бонусів за  $k$ -им договором на момент часу  $t$ .

Дана залежність записана в загальному вигляді. У квадратних дужках наведено параметри, яких може не бути.

Розмір внеску за конкретним договором  $C^k$  розраховується на основі актуарної теперішньої вартості майбутніх виплат за договором страхування та є функцією від решти параметрів:

$$C^k = f(i_{\text{con}}^k, a\%e^k, 55^*, \text{term}_{\text{con}}^k, [\text{term}_{\text{yn}}^k, KP^k]).$$

Актуарная математика / Н. Бауерс, Х. Гербер, Д. Джонс [и др.]; пер. с англ. под ред. В.К. Малиновского. — М.: Янус-К, 2001. — С. 171 — 177.

## Ринок фінансових послуг

Величина резерву довгострокових зобов'язань (математичного резерву)  $AЯ^k$  визначається на кожну страхову річницю та розраховується як різниця між актуарною теперішньою вартістю майбутніх виплат і актуарною теперішньою вартістю очікуваних майбутніх внесків:

$$AЯ^k = АРУ^k(\text{майбутніх виплат}) - АРУ^k(\text{майбутніх внесків}),$$

де  $AЯ^k$  — актуарний резерв для  $k$ -го договору;

$АРУ^k(t)$  — актуарна теперішня вартість.

Розрахунок актуарної теперішньої вартості майбутніх виплат і внесків здійснюється окремо для кожного договору залежно від умов (параметрів) цього договору<sup>12</sup>. Розрахунок актуарного резерву потрібен для порівняння його з наявним страховим резервом та висновків про запас платоспроможності, котрий має становити 5 % від величини актуарного резерву<sup>13</sup>.

Також у страховій компанії може існувати певний механізм гарантування бонусів і формування відповідного резерву бонусів  $ВН^k$ . Це може бути або періодичне збільшення страхової суми на визначену величину<sup>14</sup>, або декларація на початку кожного року додаткової бонусної інвестиційної ставки дохідності<sup>15</sup>. В нашому випадку використаємо останній підхід:

$$ВН^k = (1 + z^*)ВН^{k-1} + (z^* - r) \cdot P$$

де  $ВН$  — гарантована сума бонусів для  $k$ -го договору на момент часу  $t$ ,

$z^*$  — гарантована бонусна ставка процента ( $z^* > r$ );

$r$  — безризикова (гарантована) ставка процента.

**Модель перестраховування.** У нашій моделі є можливість вибору між квотним і ексцедентним перестраховуванням. Спершу обчислюється ризикова сума ( $5Я^k$ ) за  $k$ -им договором на момент часу  $t$ :

$$5Я^k = z^k \cdot AЯ^k.$$

Якщо обрано квотне перестраховування, то компенсація перестраховика і премії йому обчислюються за відповідними формулами:

$$I^k(5Я^k) = 50, \quad 5Я^k;$$

$$P^k(5Я^k) = (1 + a) \cdot 50, C^k,$$

де 50, — квота перестраховика на момент часу  $t$ ,

$a$  — премія за перестраховування, «є [0,1].

*Головко А.Т. та ін.* Зазнач, праця. — С 421—435; *Вепске Н.* Зазнач, праця. — С 116—120.

<sup>13</sup> Про страхування: Закон України від 04.10.2001 № 2745-III // Відомості Верховної Ради. — 2002. - № 7. - Ст. 30.

<sup>14</sup> *Головко А.Т. та ін.* Зазнач, праця. — С 418.

<sup>15</sup> AŞenerli aŞei-liabiliiy tapaeetepi tosiei gor me eiişiem zitiiaiiop oġ porTiofiow oPiie ipzig-apse policieş / T. Oegeİner, M. OgiebeI, M. Noiiir [ei ai.] // Ipzigapce: Maipetaiış & Esotopışv. — 2008. - № 42 (2). - P. 707, 708; *Головко А.Т. та ін.* Зазнач, праця. - С 418, 419.



## Ринок фінансових послуг

Для ексцедентного перестрахування відповідні величини становлять:

$$I_t^k(SR_t^k) = \begin{cases} 0, & SR_t^k \leq S_t \\ SR_t^k - S_t, & SR_t^k > S_t \end{cases}$$

$$P_t^k(SR_t^k) = (1 + \alpha) \cdot \min(\max((SR_t^k - S_t), 0), d \cdot 5_t) / 5B_t^k - C_t,$$

де  $5_t$  — величина власного утримання страховика на момент часу  $t$ ,  
 $C_t$  — кратність власної участі цедента.

**Модель динаміки дохідності активів.** Дохідність активів є ще одним джерелом невизначеності в розробленій моделі (поряд із кількістю нових договорів і величиною страхових виплат). Існує можливість вибрати модель та задати параметри для таких моделей: випадкове блукання, авторегресійна модель першого порядку (АК(1)), узагальнена авторегресійна модель із умовною гетероскедастичністю (ОАКСН(1,1)), дворежимна логнормальна модель (К.5БМ-2)<sup>16</sup>. Загальна дохідність від інвестування  $g$ , є сумою добутоків дохідностей відповідних фінансових інструментів на їх частку в портфелі.

**Консолідована модель основних фінансових потоків компанії.** Нехай задано проміжок планування  $[0 \dots T]$ , котрий складається з  $\Gamma$  періодів часу  $(0 \dots 1)$ ,  $\dots$ ,  $(i-1 \dots i)$ ,  $\dots$ ,  $(T-1 \dots T)$ . Припустимо, що для  $t=0 \dots T-1$  страхові платежі та премії за перестрахування сплачуються на початку періоду часу  $(t, t+1)$ , виплати й компенсація частини виплат перестраховиком здійснюються наприкінці періоду часу  $(t, t+1)$ .

Основною складовою фінансових ресурсів компанії є страховий резерв, розмір якого в загальному випадку є випадковою величиною та визначається за такою формулою:

$$R_{t+1} = (1 + g_t)R_t + C_t - P_t - B_t + 5_{t+1},$$

де  $R_t$  — страховий резерв компанії на момент часу  $t$ ,  
 $g_t$  — дохід від розміщення резерву за період часу  $(t, t+1)$ ;  
 $C_t$  — страхові внески на початок періоду часу  $(t, t+1)$ ;  
 $5_{t+1}$  — виплати, зроблені наприкінці періоду часу  $(t, t+1)$ ;  
 $P_t$  — величина премій, сплачених перестраховикові на момент часу (залежно від величини власного утримання);  
 $B_t$  — сума, що виплачується перестраховиком при виплатах понад величину власного утримання на момент часу  $t$ .

Розмір страхових внесків  $C_t$ , актуарного резерву  $R_t$ , резерву бонусів  $B_t$ , а також премій, сплачених перестраховику ( $P_t$ ), та компенсації перестраховиком частини виплат компанії ( $B_t$ ) є сумою відповідних величин за всіма чинними договорами.

<sup>16</sup> Hacciy M. Іпуе\$(тет Сиагатея: тоселелп\$ апсі гізк тапа\$етепі Гог ериіу-ііпкее! ІІГе іпзіг-апсе. — .Іепіеу: )о\|п ^ііеу & 5оп\$, Іпс., 2003. — Р. 24—36.

## Ринок фінансових послуг

Аналогічно величина виплат за період  $\{1, 1 + 1\}$  є сумою виплат і нарахованих бонусів за договорами, за якими настали страхові випадки:

$$v_t = v_t' + v_t m_t,$$

де  $v_t'$  — величина страхової суми або пенсії за  $t$ -им договором на момент часу  $t$ ;  
 $m_t$  — множина договорів, за котрими настав страховий випадок за період часу  $(t - 1, 0)$ .

### Програмна реалізація моделі

Програмну реалізацію розробленої моделі здійснено в інтегрованому середовищі *Вогіана Оєрпі 7.0*. Розроблена імітаційна програма складається з таких основних модулів: ініціалізації, актуарних розрахунків, генерації нових договорів, моделювання динаміки показників фінансового ринку, перестраховання, генерації одного сценарію та основної програми. Передбачено графічну ілюстрацію динаміки показників, що моделюються. Розроблена система імітаційного моделювання має модульну структуру, тому шляхом модифікації тих чи інших параметрів або вузлів моделі її можна пристосувати до потреб конкретної компанії.

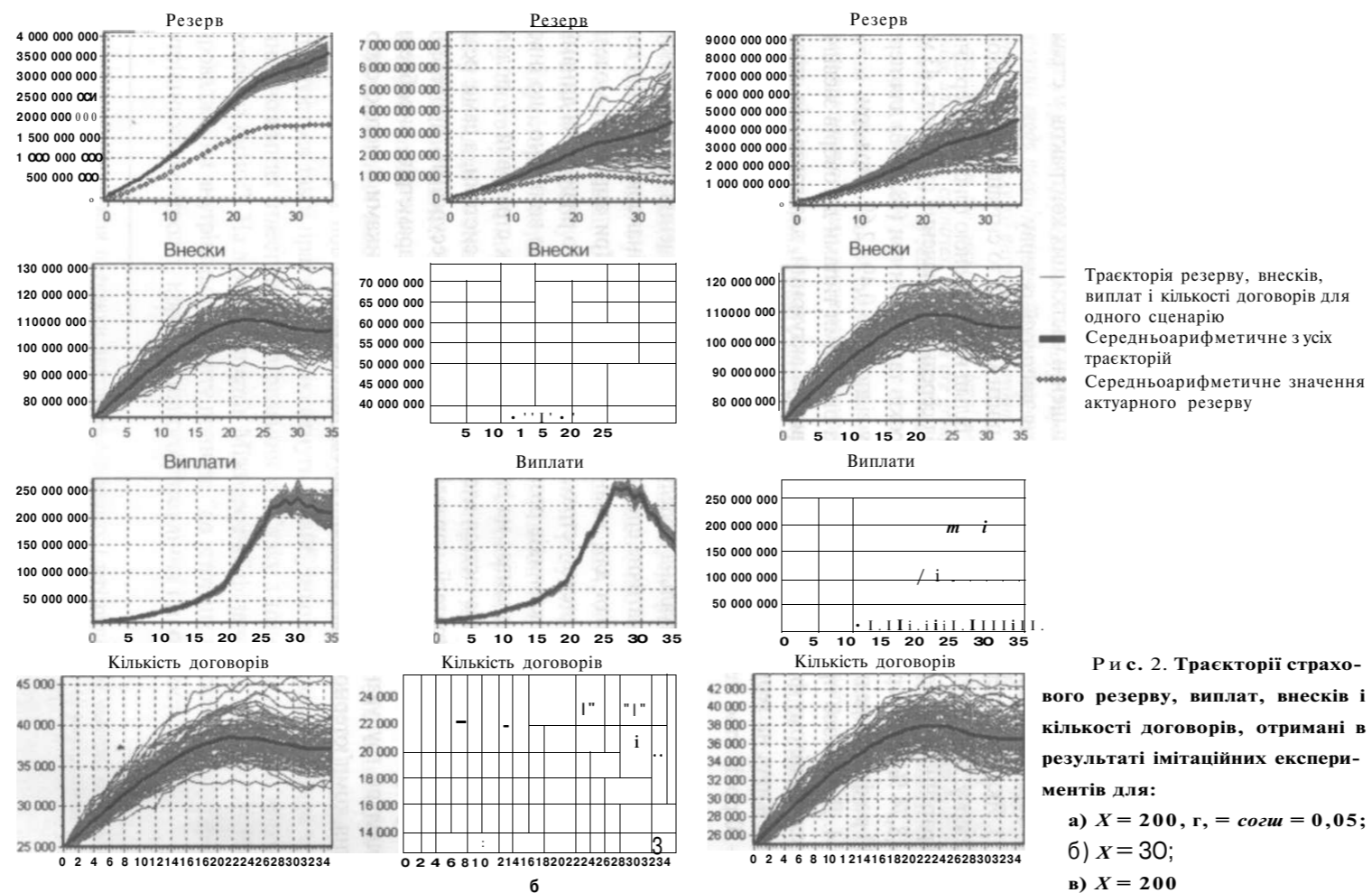
### Апробація моделі та аналіз результатів

Проведемо експериментальну апробацію моделі з метою визначення міри впливу страхового й інвестиційного ризиків на фінансові потоки компанії. Під страховим ризиком розумітимемо невизначеність основних фінансових потоків у майбутньому (що вимірюється середньоквадратичним відхиленням від середнього), зумовлену невизначеністю моменту настання страхового випадку й, відповідно, необхідністю здійснювати виплати, за наявними й новими договорами. Інвестиційний ризик являє собою невизначеність фінансових потоків, спричинену коливанням доходності фінансових інструментів.

Для розв'язання поставленої задачі проведемо три імітаційних експерименти для таких випадків:

- 1) висока інтенсивність укладення нових договорів та постійна загальна ставка доходності на рівні 5 %;
- 2) порівняно невисока інтенсивність укладення нових договорів (дохідність фінансових інструментів описується авторегресійною моделлю);
- 3) висока інтенсивність укладення нових договорів (дохідність фінансових інструментів описується авторегресійною моделлю).

Припустимо, що страховий портфель компанії сформовано з контрактів стандартних типів: довічне страхування життя, страхування життя на термін, страхування довічної пенсії, страхування пенсії на термін, страхування на дожиття. Початкова кількість договорів кожного типу — 5000. Значення характеристик наявних і нових договорів генеруються на основі нормального закону розподілу з параметрами, наведеними в таблиці. При цьому враховується те, що вік на момент укладення договору має бути в межах від 20-ти до 55-ти років, а тривалість сплати внесків



## Ринок фінансових послуг

не може перевищувати термін дії договору. Кількість нових договорів розподілена за експоненціальним законом розподілу.

Т а б л и ц я . Параметри нормального закону розподілу для характеристик договорів

Характеристики договору	Тип договору									
	Довічне страхування життя		Страхування життя на термін		Страхування довічної пенсії		Страхування пенсії на термін		Страхування наджиття	
	М	о	Ц	о	Р	о	И	с	Ц	о
Вік на момент укладення договору, років	35	10	30	15	30	15	30	15	30	15
Тривалість сплати внесків, років	20	10	20	10	25	5	25	5	25	5
Тривалість дії договору / виплати пенсії, років	—	—	20	10	—	—	20	10	25	5
Страхова сума, тис. грн	60	30	70	30	70	30	70	30	100	500
Розмір пенсії, грн/рік	—	—	—	—	15 000	5000	15 000	5000	—	—

Як активи обрано акції, облігації й депозити, дохідність яких описується авторегресійними моделями першого порядку:

$$y_t = \alpha + \beta y_{t-1} + \epsilon_t$$

де параметр  $\alpha$  дорівнює відповідно 0, 0,065, 0,023, коефіцієнт авторегресії  $\beta$  — 0,48, -1,01, 0,75, волатильність  $\sigma^2$  — 0,231, 0,092, 0,029,  $\epsilon_t$  — попарно незалежні нормально розподілені випадкові величини з нульовим математичним сподіванням і одиничною дисперсією.

Частки інвестицій у активи є постійними протягом періоду планування та становлять 20, 30 і 50 % відповідно. Гарантована ставка процента  $r^T$  — 10 %. Перестраховування ризиків здійснюється на основі квотного перестраховування із квотою (50) 0,4 (або 40 %) та премією за перестраховування ( $\alpha$ ) 0,2. Період прогнозування становить 35 років, за одиницю модельного часу обрано 1 рік. Результати розрахунків наведено на рис. 2.

На рисунку в першому ряді графіків відображено згенеровані сценарії страхового резерву, а також, для порівняння, відповідний актуарно розрахований резерв, у наступних рядах — відповідно внески, виплати й кількість договорів. У процесі проведення імітаційних експериментів здійснювалася генерація ста сценаріїв для кожного експерименту.

На основі проведеного моделювання можна зробити такі висновки:

1. За умови сталої дохідності, незважаючи на досить високу дисперсію значень внесків і кількості договорів, величину страхового резерву можна досить точно прогнозувати (рис. 2а). Середньоквадратичне відхилення резерву від середнього значення становить 7,4 млн грн (1,51 %) для періоду прогнозування 5 років та 64,6 млн грн (2,69 %) для періоду 20 років за середнього значення відповідно 0,49 і 2,40 млрд грн.

## Ринок фінансових послуг

2. У випадку значного перевищення кількості наявних договорів над очікуваним числом нових договорів ( $X = 30$ ) дисперсія фонду, внесків, виплат і кількості договорів є незначною. Для резерву середньоквадратичне відхилення від середнього значення становить 36 млн грн (7,56 %) для періоду прогнозування 5 років та 391 млн грн (17,90 %) для періоду 20 років за середнього значення відповідно 0,48 і 2,10 млрд грн. Також через досить низьку інтенсивність укладення нових договорів їх кількість поступово зменшується, а отже, знижується й величина внесків (рис. 26). Однак, якщо простежити за типами договорів, то спостерігається порівняно висока дисперсія величин внесків для пенсійного страхування та довічного страхування життя, що при збільшенні частки цих контрактів у страховому портфелі може спричинити зростання дисперсії резерву.

3. Якщо в попередньому випадку збільшити  $X$  до 200, то ситуація для страхового резерву, внесків і кількості договорів стає більш невизначеною (рис. 2в). Середньоквадратичне відхилення значень резерву від середнього значення становить 43 млн грн (8,74 %) для періоду прогнозування 5 років та 466 млн грн (18,10 %) для періоду 20 років за середнього значення резерву відповідно 0,49 і 2,60 млрд грн.

4. Додатково проведені розрахунки за окремими типами договорів засвідчили: хоча в цілому фактичний резерв перевищує актуарний, для договорів страхування життя на термін та накопичувального страхування фактичний резерв через 15—20 років стає меншим, ніж актуарний. Це вказує на необхідність виваженого ставлення до укладання таких договорів.

Розроблена концептуальна модель і програмне забезпечення надають можливість прогнозувати математичне сподівання й дисперсію фінансових потоків компанії зі страхування життя для заданих вхідних даних. При апробації моделі з метою визначення міри впливу страхового й інвестиційного ризиків на динаміку основних фінансових показників розглянутої компанії було виявлено, що інвестиційний ризик більше впливає на дисперсію резерву, ніж страховий. У подальших дослідженнях передбачається вдосконалення модулів системи, а саме: реалізація ефективнішої стратегії управління фінансовими ресурсами, проведення аналізу чутливості моделі компанії до змін її вхідних параметрів, вироблення процедури групування договорів за певними характеристиками з метою скорочення комп'ютерного часу обробки всієї сукупності.