

УДК 338.1

DOI 10.26118/2782-4586.2026.92.34.052

Симоненко Елена Сергеевна
Юго-Западный государственный университет
Старостина Дарья Сергеевна
Юго-Западный государственный университет

Модернизация расчетной модели оценки вероятности страховых событий для целей оптимизации тарифообразования в условиях взаимозависимых рисков

Аннотация. Современный страховой рынок функционирует в условиях высокой неопределённости, усиливающейся под влиянием макроэкономических колебаний, технологических изменений и роста взаимосвязанности рисков. В таких условиях особую значимость приобретает корректная оценка вероятности наступления страховых событий и формирование обоснованных страховых тарифов. Традиционные подходы, основанные на предположении независимости рисков, всё чаще демонстрируют ограниченность и недостаточную точность, особенно при анализе сложных портфелей, в которых страховые события проявляют выраженную зависимость друг от друга. По этой причине возрастает интерес к математическому моделированию коррелированных рисков и его применению в задачах тарифообразования. Целью научной работы является разработка и анализ подходов к математическому моделированию вероятности страховых событий и формированию страховых тарифов с учётом коррелированных рисков. В качестве методической основы используются методы теории вероятностей, математической статистики, элементы актуарной математики, а также модели корреляционного анализа и многомерные распределения случайных величин. В работе применяются аналитические и сравнительные методы, позволяющие оценить влияние зависимости рисков на результаты тарифных расчётов. В результате исследования предложен модернизированный подход к оценке вероятности наступления страховых событий с учётом зависимости между страховыми рисками на основе введения коэффициента системной корреляции. Установлено, что учёт зависимости между страховыми событиями приводит к росту расчётной вероятности совокупных убытков и требует корректировки страховых тарифов для обеспечения финансовой устойчивости страхового портфеля.

Ключевые слова: страхование, страховые риски, экономико-математическое моделирование, вероятность страховых событий, коррелированные риски, страховое тарифообразование, хеджирование рисков, перестрахование

Simonenko Elena Sergeevna
Southwestern State University
Starostina Darya Sergeevna
Southwestern State University

Modernization of the calculation model for assessing the probability of insurance events for the purposes of optimizing tariff formation in the conditions of interdependent risks

Annotation. The modern insurance market operates in conditions of high uncertainty, exacerbated by macroeconomic fluctuations, technological changes, and the growing interdependence of risks. In such conditions, it is particularly important to accurately assess the probability of insured events and set reasonable insurance rates. Traditional approaches based on the assumption of risk independence are increasingly demonstrating their limitations and insufficient accuracy, especially when analyzing complex portfolios in which insurance events are

highly interdependent. For this reason, there is growing interest in mathematical modeling of correlated risks and its application in tariff setting. The aim of this research is to develop and analyze approaches to mathematical modeling of the probability of insurance events and the formation of insurance tariffs, taking into account correlated risks. The methodological basis is provided by methods of probability theory, mathematical statistics, elements of actuarial mathematics, as well as models of correlation analysis and multidimensional distributions of random variables. The paper uses analytical and comparative methods to assess the impact of risk dependencies on tariff calculations. As a result of the study, a modernized approach to assessing the probability of insured events is proposed, taking into account the dependence between insurance risks based on the introduction of a systemic correlation coefficient. It has been established that taking into account the dependence between insurance events leads to an increase in the calculated probability of aggregate losses and requires an adjustment of insurance tariffs to ensure the financial stability of the insurance portfolio.

Keywords: insurance, insurance risks, economic and mathematical modeling, probability of insured events, correlated risks, insurance pricing, risk hedging, reinsurance

Введение. Современное развитие страхового рынка сопровождается существенным усложнением структуры рисков и усилением взаимосвязанности экономических процессов. Глобализация финансовых рынков, рост макроэкономической нестабильности, увеличение частоты экстремальных событий и развитие новых страховых продуктов приводят к повышению неопределённости при оценке вероятности наступления страховых случаев. В этих условиях возрастает значение совершенствования методов количественной оценки страховых рисков, поскольку точность актуарных расчётов напрямую влияет на финансовую устойчивость страховых организаций и эффективность функционирования страхового рынка в целом [1].

Классические подходы страховой математики во многих случаях основаны на предположении статистической независимости страховых событий [2]. Однако практический опыт функционирования страхового рынка показывает, что многие страховые риски обладают взаимосвязанным характером. Экономические кризисы, природные катастрофы, технологические аварии и иные системные факторы могут приводить к одновременной реализации большого числа страховых событий, формируя коррелированные убытки и увеличивая совокупную нагрузку на страховые портфели. Игнорирование зависимости между страховыми событиями приводит к искажению вероятностных оценок, недооценке совокупных рисков и, как следствие, к формированию экономически необоснованных страховых тарифов и недостаточности страховых резервов.

Вопросы математического моделирования рассматриваются в трудах Х.Гербера [3], Эмберхта С., Микоша Т. [4]. При этом отмечено, что проблемы учета взаимосвязи страховых рисков при вероятностной оценке страховых событий остаются недостаточно проработанными в научной литературе, что и обосновывает актуальность данного исследования.

Методы и материалы исследования.

Методологический аппарат включает сочетание качественных и количественных методов при проведении исследования. Информационно-аналитическая база сформирована на основе научных публикаций зарубежных и отечественных авторов в области актуарной науки.

Результаты исследования и их обсуждение.

Традиционно считается, что вероятность наступления страхового события основана на предположении их статистической независимости [5,6].

Однако на практике данное предположение часто нарушается, особенно в условиях катастрофических и кластерных рисков (стихийные бедствия, массовые аварии, эпидемии). Это приводит к систематическому занижению реального уровня риска, что негативно отражается на адекватности страховых тарифов и устойчивости страховых резервов [7,8].

При независимых событиях вероятность наступления хотя бы одного страхового случая определяется формулой:

$$P(\geq 1) = 1 - (1 - p)^n, \quad (1)$$

где p - вероятность страхового случая для одного риска, n - число застрахованных объектов.

Данная формула широко применяется благодаря своей простоте, однако она не учитывает взаимосвязь рисков.

Основные недостатки классического подхода:

- предположение независимости событий не выполняется при наличии внешнего общего фактора риска;

- не учитывается эффект кластеризации убытков;

- вероятность экстремальных сценариев систематически занижается.

В результате расчётная вероятность $P(\geq 1)$ оказывается ниже фактической.

Для устранения указанных ограничений предлагается ввести параметр зависимости между рисками.

Рассмотрим аппроксимацию вероятности отсутствия страховых случаев через модифицированную интенсивность потока:

$$P^*(0) = \exp(-\lambda n + \rho n^2), \quad (2)$$

Где λ - базовая интенсивность страхового события, $\rho \geq 0$ - коэффициент зависимости между рисками.

Тогда вероятность наступления хотя бы одного страхового случая с учётом зависимости имеет вид:

$$P^*(\geq 1) = 1 - \exp(-\lambda n + \rho n^2), \quad (3)$$

При $\rho=0$ модель переходит в классическую пуассоновскую аппроксимацию:

$$P(\geq 1) = 1 - e^{-\lambda n}, \quad (4)$$

Положительное значение ρ отражает наличие коррелированных рисков.

Квадратичный член n^2 моделирует рост вероятности кластерных убытков при увеличении портфеля.

Предложенная модель обладает следующими преимуществами:

1. Учитывает зависимость между страховыми событиями.
2. Позволяет моделировать катастрофические сценарии.
3. Повышает устойчивость тарифов и страховых резервов.
4. Сохраняет аналитическую простоту и интерпретируемость.

Модель может быть использована при:

- расчёте тарифов в страховании имущества;
- анализе катастрофических рисков;
- стресс-тестировании страхового портфеля;
- моделировании перестраховочных программ.

Параметр ρ может быть оценён на основе исторических данных или сценарного анализа.

Введение коэффициента зависимости ρ позволяет существенно повысить адекватность оценки вероятности страховых событий в условиях коррелированных рисков. Предложенная формула представляет собой расширение классической модели и может быть эффективно использована в современных актуарных расчётах.

Внедрение модели оценки вероятности страховых событий с учётом зависимости между рисками требует поэтапного подхода, обеспечивающего согласованность актуарных расчётов, тарифной политики и системы риск-менеджмента страховой компании [9, 10].

В таблице 1 представлен поэтапный алгоритм внедрения модели в практическую деятельность страховщика.

Таблица 1 – Этапы внедрения модернизированной расчетной модели оценки вероятности страховых событий

<p>ЭТАП 1. Формирование методологической базы</p>	<p>1.1. Определение целей внедрения модели На первом этапе страховая компания формулирует цели внедрения, к которым могут относиться: повышение адекватности тарифов; учёт системных и катастрофических рисков; оптимизация перестраховочной программы; соответствие требованиям ORSA и Solvency-подобных подходов. На данном этапе важно зафиксировать, что модель используется как надстройка над классическими актуарными методами, а не их замена.</p>	<p>1.2. Определение области применения модели Модель целесообразно применять в видах страхования, где: наблюдается пространственная или временная корреляция убытков; возможны массовые страховые события. Примеры: страхование имущества, страхование от стихийных бедствий, корпоративные портфели, агрострахование.</p>
<p>ЭТАП 2. Подготовка и анализ данных</p>	<p>2.1. Формирование статистической базы Необходимо собрать: данные по страховым случаям (дата, сумма, регион, причина); информацию о структуре портфеля; данные о катастрофических событиях; сведения о перестраховочных выплатах. Рекомендуемый горизонт данных - не менее 5–10 лет.</p>	<p>2.2. Выявление признаков зависимости На данном этапе проводится анализ: кластеризации убытков во времени; концентрации убытков по регионам; синхронности наступления страховых случаев. Используются: корреляционный анализ, анализ частоты «пакетных» убытков, сценарный анализ катастроф. Результат этапа - обоснование наличия зависимости рисков.</p>
<p>ЭТАП 3. Калибровка параметров модели</p>	<p>3.1. Оценка базовой интенсивности λ Параметр λ оценивается стандартными актуарными методами: по частоте страховых случаев; с использованием пуассоновской модели; по сегментам портфеля.</p>	<p>3.2. Оценка коэффициента зависимости ρ Коэффициент ρ может определяться: на основе исторических катастрофических убытков; методом сценарного анализа; экспертно (для стресс-сценариев). На практике допустимо использовать консервативную оценку ρ для защиты от недооценки риска.</p>

<p>ЭТАП 4. Интеграция модели в тарифообразование</p>	<p>4.1. Расчёт нетто-премии Нетто-премия рассчитывается по формуле: $P_{net}(\rho) = [1 - \exp(-\lambda n + \rho n^2)] \cdot E(S_R)$ где учитывается: размер портфеля, уровень ретенции, зависимость рисков.</p>	<p>4.2. Формирование брутто-тарифа Брутто-премия определяется с учётом риск-зависимой нагрузки: $P_{gross}(\rho) = \frac{P_{net}(\rho)}{1 - (k_0 + k_1\rho) + C_{re}(R)}$ Это позволяет встроить системный риск непосредственно в тариф.</p>
<p>ЭТАП 5. Связь с перестрахованием и ретенцией</p>	<p>5.1. Выбор уровня ретенции На основе модели определяется оптимальный уровень ретенции: при росте ρ ретенция снижается; при низком ρ допускается её увеличение.</p>	<p>5.2. Настройка перестраховочной программы Модель используется для: обоснования эксцедента убытка программ; определения лимитов ответственности; расчёта экономической эффективности перестрахования.</p>
<p>ЭТАП 6. Стресс-тестирование и контроль устойчивости</p>	<p>6.1. Проведение стресс-сценариев Модель применяется для оценки: экстремальных значений ρ; резкого роста портфеля n; ухудшения структуры убытков. Результаты используются в ORSA и внутреннем контроле.</p>	<p>6.2. Анализ чувствительности Проводится анализ чувствительности тарифа: к изменению ρ; к размеру портфеля; к уровню ретенции. Это подтверждает устойчивость модели.</p>
<p>ЭТАП 7. Организационное внедрение</p>	<p>7.1. Регламентация Разрабатываются: методические указания; внутренние регламенты; инструкции для актуариев и андеррайтеров.</p>	<p>7.2. Обучение персонала Проводится обучение: актуарного подразделения, риск-менеджмента, андеррайтинга.</p>
<p>ЭТАП 8. Мониторинг и актуализация</p>	<p>8.1. Регулярная перекалибровка параметров Параметры λ и ρ пересматриваются: ежегодно, при крупных убытках, при изменении структуры портфеля.</p>	<p>8.2. Контроль эффективности Оцениваются: фактическая убыточность; достаточность тарифов; устойчивость резервов.</p>

Источник: составлено авторами

Предложенный алгоритм позволяет: интегрировать модернизированную модель в существующую систему актуарных расчётов; повысить качество тарифообразования; связать тарифы, перестрахование и риск-менеджмент в единую систему; обеспечить устойчивость страховой компании в условиях системных и катастрофических рисков [11,12].

Заключение.

В данной работе была рассмотрена проблема адекватной оценки страховых рисков в условиях зависимости между страховыми событиями, характерной для современных страховых портфелей. Классические модели страховой математики, основанные на

предположении независимости рисков, в ряде практических ситуаций приводят к систематической недооценке вероятности убытков и, как следствие, к занижению страховых тарифов и недостаточности страховых резервов. В ходе исследования была проанализирована классическая формула вероятности наступления хотя бы одного страхового события и выявлены её ключевые ограничения при наличии кластерных и катастрофических рисков. В целях устранения указанных недостатков была предложена модернизированная модель, учитывающая зависимость между страховыми событиями посредством введения коэффициента системной зависимости ρ . Практическая значимость работы подтверждается разработанным алгоритмом внедрения модели в деятельность страховой компании, охватывающим этапы подготовки данных, калибровки параметров, тарифообразования, перестрахования и мониторинга эффективности. Предложенный алгоритм обеспечивает возможность использования модели в рамках актуарных расчётов, стресс-тестирования и системы риск-менеджмента.

Список источников

1. Дрюк, Т.В. Страховой рынок России: проблемы и вызовы в новых геоэкономических условиях / Т.В. Дрюк // Финансовая жизнь. – 2025. – № 1. – С. 45-49.
2. Самаров, Е.К. Страховая математика: практический курс: учебное пособие / Е.К. Самаров. – Москва: Альфа-М, 2007. – 78 с.
3. Гербер Х. Математика страхования жизни: учебник. М.: Мир, 1995, 160 с.
4. Embrechts P. Modelling Extremal Events for Insurance and Finance. P. Embrechts, C. Kluppelberg, T. Mikosch. Springer-Verlag; 2008. 650 p.
5. Мамедов, А.А. Страховые риски в условиях глобализации / А. А. Мамедов // Управление риском. – 2018. – № 2(86). – С. 40-45.
6. Козлов, А. Д. Методика определения параметров, наибольшим образом влияющих на страховые риски в области информационных технологий / А. Д. Козлов, Н. Л. Нога // Страховое дело. – 2023. – № 12(369). – С. 17-26.
7. Закирова, О.В. Страховая статистика как основа применения аналитических технологий Big Data и Machine Learning / О. В. Закирова // Экономика и менеджмент систем управления. – 2026. – № 1(59). – С. 10-17.
8. Адаменко, А.А. Современный состав и выбор практически эффективных методов прогнозных расчетов и обоснований экономического роста предприятий и организаций / А. А. Адаменко, Г. А. Есенкова, А. В. Евченко // Деловой вестник предпринимателя. – 2025. – № 4(22). – С. 6-13.
9. Современные цифровые технологии развития бизнеса / И. В. Андросова, Г. А. Есенкова, Е. С. Симоненко [и др.]. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2024. – 101 с.
10. Формирование критериев региональной стратификации рыночного пространства современной России / А.В. Евченко, Г.А. Есенкова, Ю.С. Положенцева [и др.] // Известия Курского государственного технического университета. – 2009. – № 1(26). – С. 60а-66.
11. Современные проблемы менеджмента: экономические аспекты / Л. А. Афанасьева, А.А. Асеева, А. А. Белостоцкий [и др.]. – Курск: ЗАО «Университетская книга», 2025. – 225 с.
12. Оценка основных трендов развития страхования в России / Н. М. Сергеева, М. Н. Наджафова, Е. В. Скриплева, Е. Б. Стам // Вестник Алтайской академии экономики и права. – 2024. – № 10-1. – С. 106-112.

Сведения об авторах

Симоненко Елена Сергеевна, кандидат экономических наук, доцент, кафедра региональной экономики и менеджмента, Юго-Западный государственный университет, г. Курск, Россия

Старостина Дарья Сергеевна, студент 4 курса по направлению 38.03.02 «Менеджмент»,
кафедра региональной экономики и менеджмента, Юго-Западный государственный
университет, г. Курск, Россия

Information about the author

Simonenko Elena Sergeevna, PhD in Economics, Associate Professor, Department of Regional
Economics and Management, South-West State University, Kursk, Russia

Starostina Darya Sergeevna, 4rd year student in the direction 38.03.02 "Management",
Department of Regional Economics and Management, South-West State University, Kursk,
Russia