

# О РИСК-ИНФОРМИРОВАННОМ ПОДХОДЕ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ГРАЖДАНСКИХ ЗДАНИЙ

И.А. КИРИЛЛОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Центральный научно-исследовательский институт строительных конструкций (ЦНИИСК) им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 1, г. Москва, 109428, Россия

## Аннотация

*Введение.* Для обеспечения адекватной современным требованиям механической безопасности гражданских зданий и сооружений (как сложных технических систем повышенной ответственности) необходим переход от управления надежностью строительных конструкций к управлению рисками.

*Цель.* Для эффективного и юридически устойчивого перехода к риск-информированному регулированию в строительной отрасли РФ необходимо обобщить и критически проанализировать передовой зарубежный опыт.

*Материалы и методы.* На основе анализа имеющихся в нормативной, научной и технической литературе данных проведен критический анализ преимуществ и выявленных проблем научной разработки и практического внедрения риск-информированного подхода в строительстве Нидерландов, Великобритании и Японии.

*Результаты.* Описаны преимущества совместного использования риск-информированного и параметрического подходов и перечислены проблемы их методического обеспечения и нормативно-правового внедрения.

*Выводы.* Несмотря на указанные барьеры и трудности, проявившиеся в зарубежной науке и практике, переход от управления надежностью конструкций к управлению рисками аварий не только возможен, но и способен дать значимый технико-экономический эффект и повысить реальную безопасность зданий и людей в них. Дальнейшая работа должна быть направлена на поэтапную реализацию предложенного подхода: разработку и апробацию отраслевых методик, формирование критериев приемлемого риска, подготовку кадров и интеграцию риск-информированных процедур в практику проектирования, экспертизы и надзора.

**Ключевые слова:** строительная конструкция, механическая безопасность конструкции, опасные воздействия, нагрузка, вероятность, надежность, сценарий, последствия, риск, управление механической безопасностью, риск-информированный подход

**Для цитирования:** Кириллов И.А. О риск-информированном подходе для обеспечения механической безопасности гражданских зданий // Вестник НИЦ «Строительство». 2026. 1(48). С. 98–110. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2026-1\(48\)-98-110](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2026-1(48)-98-110)

## Вклад автора

Автор берет на себя ответственность за все аспекты работы над статьей.

## Финансирование

Исследование выполнено в рамках договорных работ между АО «НИЦ «Строительство» и ФАУ «ФЦС».

## Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 01.02.2026

Поступила после рецензирования 03.03.2026

Принята к публикации 05.03.2026

# ON RISK-INFORMED APPROACH FOR MECHANICAL SAFETY PROVISION OF THE CIVIC BUILDINGS

I.A. KIRILLOV<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, 2nd Institut'skaya str., 6, bld. 1, Moscow, 109428, Russia*

## Abstract

*Introduction.* To ensure adequate modern requirements for the mechanical safety of civil buildings and structures (as complex technical systems with enhanced safety requirements), a transition from reliability management of building structures to risk management is necessary.

*Aim.* For an effective and legally sustainable transition to risk-informed regulation in the construction industry of the Russian Federation, it is necessary to summarize and critically analyze advanced foreign experience.

*Materials and methods.* Based on the analysis of the data available in the regulatory, scientific and technical literature, a critical analysis of the advantages and identified problems of scientific development and practical implementation of the risk-informed approach in the construction of the Netherlands, Great Britain and Japan was carried out.

*Results.* The advantages of using risk-informed and parametric approaches together are described, and the problems of their methodological support and regulatory implementation are listed.

*Conclusions.* Despite observed barriers and difficulties that have manifested themselves in foreign science and practice, the transition from structural reliability management to accident risk management is not only possible, but also capable of producing significant technical and economic effects and increasing the real safety of buildings and people in them. Further work should be aimed at the phased implementation of the proposed approach: the development and testing of industry-specific methods, the formation of criteria for acceptable risk, staff training and the integration of risk-informed procedures into the practice of design, expertise and supervision.

**Keywords:** building construction, structural safety, hazards, load, probability, reliability, scenario, structural safety management, risk-informed approach

**For citation:** Kirillov I.A. On risk-informed approach to structural safety provision of the civic buildings. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*, 2026, no. 1(48), pp. 98–110. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2026-1\(48\)-98-110](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2026-1(48)-98-110)

## Author contribution statements

The author takes responsibility for all aspects of the paper.

## Funding

The study was carried out within the framework of contractual work between JSC Research Center of Construction and the Federal Center for Regulation, Standardization and Technical Assessment in Construction (FAU "FCC").

## Conflict of interest

The author declare no conflict of interest.

*Received 01.02.2026*

*Revised 03.03.2026*

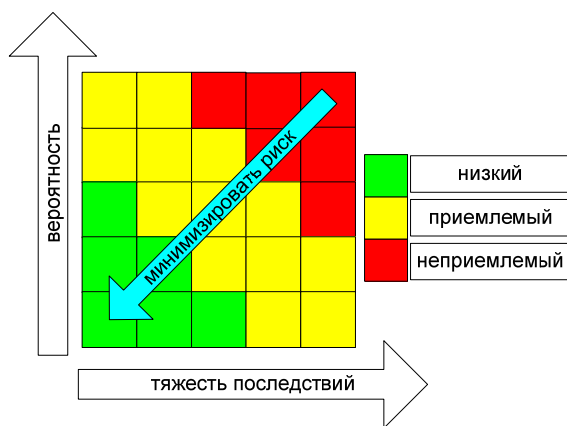
*Accepted 05.03.2026*

## Введение

Исторически обеспечение безопасности сложных технических систем повышенной ответственности строилось на парадигме **надежности**: объект считался безопасным, если вероятность отказа его элементов меньше некоторого нормативного порога, а расчетные

нагрузки и сопротивления выбирались с «запасом» через частичные коэффициенты. Эта логика хорошо работала для типовых объектов и ограниченного круга воздействий, но оказалась недостаточной там, где редкое событие способно привести к **катастрофическим последствиям**, неприемлемым для общества независимо от формально высокой надежности системы.

Катастрофы в атомной энергетике: Three Mile Island (1979), Чернобыль (1986), Фукусима (2011); крупные аварии на химических предприятиях: Бхопал (1984), Paper Alfa (1988)), прогрессирующие обрушения зданий с массовым пребыванием людей (Ronan Point (1968), Alfred P. Murrah Federal Building, Оклахома-Сити (1995), Всемирный торговый центр, Нью-Йорк (2001) продемонстрировали, что одного контроля **частоты (вероятности) отказов** (как количественной характеристики надежности) недостаточно: необходимо учитывать **масштаб последствий**, возможные каскадные сценарии, влияние организационных и человеческих факторов, а также «запроектные» (severe, major) аварии. Именно это привело к переходу от управления безопасностью (рис. 1), основанного на показателях надежности, к **подходу, учитывающему результаты анализа рисков** (risk-aware decision making / risk-informed regulation), но не обязательно «на основе только риска» (risk-based/risk-oriented), когда величина риска рассматривается как основной критерий.



**Рис. 1.** Парадигма обеспечения безопасности сложной технической системы повышенной ответственности («управление рисками») – минимизировать риски путем снижения вероятности (частоты) и (или) последствий чрезвычайных ситуаций

**Fig. 1.** The security paradigm of a complex technical system with increased responsibility ("risk management") is to minimize risks by reducing the probability (frequency) and (or) consequences of emergencies

В мировой атомной отрасли указанный переход был осуществлен через развитие [1] вероятностного анализа безопасности (ВАБ, Probabilistic Safety Analysis) и внедрение риск-информированных норм (например, IAEA SSG-3 [2], НП-095-15 [3], Risk-informed regulation NRC [4]). В промышленной и пожарной безопасности возникли количественные методики оценки риска (Quantitative Risk Analysis) (Rainbow-книги TNO [5]), где решения обоснованы не только через коэффициенты запаса, но и через целевые уровни индивидуального и социального риска.

В Российской Федерации переход к риск-информированному/риск-ориентированному управлению безопасностью начинался поэтапно в разных отраслях, в основном с конца 1990-х – начала 2000-х годов, через регуляторов (надзорные органы) и крупные компании.

Внутри атомной отрасли риск-информированный подход опирается на ВАБ (вероятностный анализ безопасности) и культуру приемлемого риска, развиваемые Госкорпорацией «Росатом», проектными и научными организациями, начиная с 1990-х.

На уровне регулирования для АЭС в России ключевой регулятор – Ростехнадзор (ранее Госатомнадзор в составе Госгортехнадзора), который в своих нормах по безопасности АЭС последовательно закрепляет требования по вероятностной оценке риска и применению результатов ВАБ при обосновании безопасности и принятии решений.

В газовой отрасли ВНИИГАЗ (Газпром), начиная с середины 1990-х годов, сыграл ключевую роль в том, чтобы сделать риск-информированный/риск-ориентированный подход в газотранспортной отрасли не только научной идеей, но и практически применяемой, формализованной в руководствах Ростехнадзора по безопасности объектов газовой отрасли.

Для опасных промышленных объектов (ОПО) формирование государственной системы управления промышленной безопасностью на основе анализа рисков и «переход к контролю за эффективностью функционирования систем управления промышленной безопасностью» зафиксирован в приказе Госгортехнадзора РФ № 49 от 26.04.2000, который реализовывал правительственное постановление 1999 г. и концепцию совершенствования системы надзора. В 2000-е годы в требования по декларированию безопасности ОПО постепенно включаются положения об анализе опасностей и оценке риска аварий, что закреплено в руководствах по безопасности Ростехнадзора.

В области противопожарной защиты ВНИИПО МЧС был основным разработчиком и научно-методическим центром, который разработал методики расчёта пожарного риска для гражданских зданий и промышленных зданий как часть опасных промышленных объектов, а также подготовил пособия и разъяснения к ним в 2009 г.

Реализация ФЦП «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года», инициированная МЧС, позволила начать переход от директивных (предписывающих) методов обеспечения безопасности к риск-информированной системе принятия решений и управления защитой населения.

В качестве научной методологии использовались наработки по анализу и оценке риска, которые были развиты в 1960–80-х годах в военном деле, атомной энергетике, химической промышленности, полученные, в основном, зарубежными исследователями (в атомной энергетике – США, Германия, Франция; космос/авиация – США; военное дело – США, научный комитет НАТО; промышленная безопасность – Нидерланды, Норвегия; пожарная безопасность – США, Нидерланды; строительство – Швеция, Норвегия, Дания), поскольку в силу объективных причин финансирование данных исследовательских направлений в СССР в 1980-х годах и в РФ в начале 1990-х годов практически отсутствовало.

В настоящее время в Российской Федерации риск-ориентированный (точнее – **риск-информированный**) подход к управлению безопасностью уже закреплен в ряде правовых актов (Федеральный закон № 294-ФЗ [5], постановление Правительства РФ о риск-ориентированном надзоре [6], руководство Ростехнадзора по анализу опасностей и оценке риска аварий на ОПО [7], методики МЧС по пожарному риску [8, 9]).

В научно-технической и нормативной литературе термин «риск-ориентированный подход» в РФ юридически закреплен в Федеральном законе № 294-ФЗ, где был опреде-

лён как метод организации и осуществления государственного контроля (надзора) через категорирование по степеням риска и классам опасности. Термин массово применяется в актах о госконтроле (Ростехнадзор, МЧС, Роспотребнадзор, и др.). Термин «риск-информированный» в профессиональной среде обозначает решения, где количественный риск и результаты вероятностного анализа безопасности служат одним из обосновывающих факторов наряду с детерминированными нормами и инженерным суждением (типично для атомной отрасли).

Однако в строительной отрасли, в части **механической безопасности зданий и сооружений**, до последнего времени не было системного научного и методического задела: действующая нормативная база опирается на предписывающий и детерминистский подходы, а безопасность фактически отождествляется с надежностью. Публикация в последнее десятилетие научных работ [10–13], содержащих термины «механическая безопасность зданий и сооружений», «анализ риска», «аварийные разрушения», «прогрессирующее обрушение», свидетельствует о том, что переход к риск-информированному подходу в отечественном строительном нормировании является объективно актуальной задачей. Во-первых, для объектов повышенной ответственности (высотные, уникальные здания, многофункциональные ТРК, крупные ТРЦ, объекты на площадках ОПО (опасных производственных объектов) и ОИАЭ (объектов использования атомной энергии)) потенциальные последствия обрушения несопоставимы с тем уровнем опасности, который может быть адекватно описано однопараметрической шкалой надежности. Во-вторых, мировая практика (ISO, ASCE, FEMA, NORSOK и др.) уже накопила определенный опыт риск-информированного проектирования и оценки рисков именно конструкций, а не только гибели людей. В-третьих, в нормативной системе технического регулирования РФ сформирована общая методологическая база по менеджменту риска (ГОСТ Р ИСО 31000-2019 [14], ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 [15], ГОСТ Р ИСО 2394-2016 [16], ISO 13824-80 [17] и др.), которую можно адаптировать для строительных конструкций.

Для эффективного и юридически устойчивого перехода к риск-информированному регулированию в строительстве необходимо обобщить и критически **проанализировать передовой зарубежный опыт именно в области сооружений и механической безопасности**.

## 1. Преимущества риск-информированного подхода к механической безопасности зданий и сооружений

### 1.1. От одномерной надежности к двумерному описанию риска

Классическая модель управления безопасностью в строительстве базируется на одномерной шкале надежности: класс сооружения КС-1, КС-2 или КС-3, индекс надежности  $\beta$ , частичные коэффициенты  $\gamma$ . По существу она описывает **преимущественно вероятность отказа** ( $p_f$ ), предполагая, что последствия отказа «по умолчанию» приемлемы, раз объект не относится к явно особо опасным.

Риск-информированная парадигма вводит, как минимум, двухфакторное описание:

$$R = P(A) \times C(A),$$

где  $P(A)$  – вероятность (частота) аварийного события;

$C(A)$  – масштаб последствий (социальный, технический, экономический, экологический).

Такое двухпараметрическое описание позволяет различать:

- объект с высокой вероятностью, но малыми последствиями (локальные повреждения, ремонтпригодность);
- объект с очень низкой вероятностью события, но потенциально катастрофическим ущербом (например, высотный ТРЦ, объект рядом с метро, зданием вокзала или критической инфраструктурой).

## 1.2. Возможность целенаправленно воздействовать на критические элементы и сценарии

Использование риска как в качестве количественной характеристики (метрики) (а не только  $\beta$ ) фокусирует внимание на **элементах и сценариях, дающих наибольший вклад в риск**, а не просто на наиболее нагруженных элементах в традиционном смысле. Через сценарный анализ можно выявить:

- элементы, инициирующие прогрессирующее обрушение (критические колонны, узлы ядра, связи);
- элементы, влияющие на возможность эвакуации (лестницы, перекрытия, фасадные системы в зонах путей эвакуации);
- элементы, определяющие распространение пожара или взрывного воздействия (ЛСК, ограждающие конструкции, инженерные системы).

На этой основе возможно **адресное усиление** и повышение живучести конструкции (robustness), а не «равномерное» завышение запасов во всех элементах.

## 1.3. Интеграция множества опасностей и запроектных аварий

Детерминистский подход, как правило, ориентирован на ограниченный набор «нормативных» сочетаний нагрузок. Он плохо описывает ситуации, когда на конструкцию действуют **множественные опасности** (multi-hazard): сейсмика + пожар, взрыв + прогрессирующее обрушение, теракт + пожар, изменения грунтов + техногенные аварии.

Риск-информированный подход, опираясь на ISO 13824, JCSS и практику TNO, FEMA, ASCE, позволяет строить **сценарные деревья событий** (опасность → первичное повреждение → каскад повреждений → частичное/полное прогрессирующее обрушение), учитывать вероятность комбинаций воздействий и специфические уязвимости системы к этим сценариям (например, взрыв – обрушение, удар – взрыв – пожар – обрушение).

Это особенно важно для объектов повышенной ответственности и высотных зданий, где нежелательно проектировать «под каждую угрозу отдельно» с избыточными запасами. Риск-информированная модель позволяет сопоставлять и приоритизировать меры защиты для разных опасностей в общей шкале риска.

## 1.4. Рационализация затрат

Использование риск-информированного и параметрического подходов позволяет снизить общие затраты на системы защиты при приемлемом уровне рисков. Например, в Великобритании использование для риск-информированных параметрических расчетов [18] поведения стальных и композитных конструкций при пожаре и позволили:

- моделировать реальное термомеханическое поведение каркаса (мембранная работа плит, перераспределение усилий) при проектных пожарах;

- определить, какие элементы действительно требуют огнезащиты, а какие сохраняют достаточную несущую способность и без нее;
- выполнять расчетные проверки вместо жесткого применения табличных пределов огнестойкости.

Применение риск-информированных параметрических расчетов для ряда коммерческих и общественных зданий позволило [19]:

- сократить объем огнезащиты примерно на 40 % по сравнению с консервативным табличным подходом;
- сэкономить до 60 тыс. фунтов стерлингов на одном типовом объекте;
- суммарный эффект для отрасли оценен порядка 20 млн фунтов, при этом целевой уровень безопасности по критериям Building Regulations (B3) и BS 7974 оставался обеспеченным.

Важно подчеркнуть: риск-информированные параметрические расчеты не «отменяют» требований к пожарной безопасности, а выполняют функции **инженерного инструмента** в рамках риск-информированного, параметрического подходов для пожарной безопасности строительных конструкций. В сущности, это пример того, как **анализ риска работоспособности несущей конструкции здания/сооружения** позволяет избежать избыточных затрат при сохранении или повышении реальной механической безопасности в случае пожара.

### **1.5. Снижение регуляторных барьеров и прозрачность решений**

Риск-информированный подход позволяет:

- **прозрачно обосновывать** отступления от предписывающих норм (например, применение нетипичных материалов или систем, альтернативных схем усиления), если риск остается в допустимых границах;
- выстраивать **дифференцированные требования**: повышение требований к объектам с высоким риском и снижение избыточного регулирования для объектов низкого риска;
- делать систему надзора более таргетированной – концентрация ресурсов контролирующих органов на объектах с высокой совокупной величиной риска.

## **2. Проблемы разработки и внедрения риск-информированного подхода к инженерному обеспечению и нормативному регулированию механической безопасности зданий и сооружений**

### **2.1. Общие методологические трудности**

Даже в странах, которые считаются лидерами риск-информированного регулирования безопасности (Нидерланды, Великобритания, Япония), внедрение риск-информированного подхода в строительстве сталкивается с рядом общих проблем.

#### *2.1.1. Нидерланды*

В Нидерландах сформирована развитая система [20] количественной оценки риска (QRA) для опасных объектов и инфраструктуры. В частности, для сейсмических рисков для зданий в провинции Гронинген комиссия Meijdam (Adviescommissie Omgaan met risico's van geïnduceerde aardbevingen) рекомендовала как целевой уровень безопасности для всех зданий в зоне газодобычи – и новой, и существующей застройки – индивиду-

О риск-информированном подходе для обеспечения механической безопасности гражданских зданий

альный риск гибели человека от землетрясения не должен превышать  $10^{-5}$  в год [21]. Эта норма используется как критерий при принятии решений об усилении или переселении зданий.

Однако даже в Нидерландах:

– **формализованные риск-критерии** применяются в основном к внешней безопасности (промышленной безопасности, безопасности перевозок) и специфическим случаям (Гронинген), а к массовому строительству жилищ и ТРЦ они чаще транслируются через уровни надежности и классы последствий, а не через явные численные предельные значения риска;

– реализация риск-информированного подхода требует разработки как адекватных моделей для количественного описания: параметров опасностей (пожаров/взрывов/землетрясений); отклика задний/сооружений на опасные воздействия – так называемых функций хрупкости (*fragility curves*); параметров последствий (повреждений, разрушений конструкции здания/сооружения), – так и обширных статистических данных по частоте реализации опасностей, что ограничивает его прямое применение для типовых зданий;

– существует проблема «ритуалов риск-вычислений» [22], когда формальные расчеты выполняются для соответствия процедурам, но не всегда служат основой для содержательного управленческого решения.

### 2.1.2. Великобритания

Управление по вопросам охраны труда и техники безопасности Великобритании (Health and Safety Executive (HSE) в 2001 г. ввело концепцию индивидуального и социального риска и ALARP-подход [23], а после трагедий и реформ в строительстве (в т. ч. после трагедии Grenfell Tower [24]) развивается риск-информированное регулирование [25] для жилых зданий с повышенной этажностью.

Тем не менее:

– для конструкций здания базовые требования все еще задаются через функциональное требование и частные подходы [26], а **формальные критерии для приемлемого риска** применяются пока к объектам высокой опасности (транспорт, химия, инфраструктура), а не к гражданскому строительству;

– экономические и юридические барьеры (страхование, ответственность, сложность объяснения обществу понятия «риск») тормозят широкое внедрение количественного риск-информированного подхода в строительстве.

### 2.1.3. Япония

Япония обладает наиболее развитой системой **параметрического сейсмического проектирования**, где фактические критерии риска (вероятности обрушения, превышения предельных состояний при разных уровнях землетрясений) встроены в коды через уровни воздействия и уровни требуемой безопасности (жизнь/повреждения).

В Японии риск-информированный подход для гражданских зданий продвигается медленно и сталкивается с рядом системных барьеров:

1. Доминирование детерминистского и «уровневого» подходов. Основу составляют уровни сейсмического воздействия и требований по предельным состояниям, а не явные количественные критерии риска (вероятность коллапса, индивидуальный риск и т. п.). Даже после перехода к параметрическим кодам (реформа Building Standards Act of Japan

и, в частности, его сейсмических положений в 2000 г.) требования формулируются через два уровня землетрясения (жизнь людей / ограничение повреждений), без прямой привязки к допустимому уровню риска для разных типов зданий.

2. Консервативное отношение к «основанному на риске» (risk-based) подходу в массовом строительстве.

Исследования отмечают, что, несмотря на богатый опыт землетрясений и наличие продвинутых методов вероятностного анализа сейсмических рисков (Probabilistic Seismic Risk Analysis – PSRA) в науке, практика риск-ориентированного проектирования остается осторожной, особенно для обычных зданий. Основные причины: неудовлетворенность точностью сейсмических прогнозов, опасения по поводу общественного восприятия «вероятностных» критериев и предпочитаемая простота «жестких» нормативных требований.

3. Отсутствие явных нормативных риск-критериев для гражданских зданий.

В отличие от некоторых отраслей (АЭС, дамбы), для массовых гражданских зданий не закреплены в кодах явные целевые вероятности отказа или уровни индивидуального риска, которые были бы понятны проектировщику и заказчику. Это затрудняет использование результатов анализ рисков для оптимизации усиления, выбора альтернативных схем или сравнения мер по критерию «стоимость – снижение риска».

4. Практические ограничения: данные, модели, компетенции.

Полноценный риск-информированный дизайн требует статистики повреждений, надежных моделей уязвимости и поведенческих моделей для различных типов зданий; эти данные есть фрагментарно и сосредоточены в научных группах, а не в широком проектном сообществе. Для большого числа небольших проектов дополнительные затраты на количественный анализ рисков и сложные нелинейные расчеты воспринимаются как непропорциональные ожидаемому эффекту.

5. Институциональные и культурные факторы.

Японская система регулирования делает ставку на строгое соблюдение норм и правил и высокую исполнительскую дисциплину, а не на индивидуализированные риск-кейсы, что исторически показало высокую эффективность при землетрясениях. Это снижает мотивацию вводить риск-информированные механизмы в массовое гражданское строительство (кроме отдельных высокотехнологичных и знаковых объектов).

В итоге риск-информированные методы в Японии активно развиваются в науке и для сложных/критичных объектов, но для типового гражданского здания основой по-прежнему остаются жесткие сейсмические и пожарные требования параметрических норм и правил, а не формализованная количественная оценка рисков.

## 2.2. Выбор уровня приемлемого риска

Вопрос о **приемлемом уровне риска** – центральный и одновременно наиболее чувствительный.

Практика показывает, что даже в экономически развитых странах единые и формально закрепленные на уровне закона численные критерии индивидуального риска для зданий встречаются редко. Чаще используются:

– ориентиры в диапазоне от  $10^{-4}$  до  $10^{-6}$  /год для индивидуального риска «непроизвольной активности» (жизнь в зоне затопления, проживание рядом с опасным объектом, использование определенной инфраструктуры);

- уровни риска, «защитые» в карты опасности и целевые уровни надежности (как, например, в риск-информированном коде ASCE 7 – вероятность обрушения ~1 % за 50 лет для MCER);
- критерии для специальных областей (атомные станции, гидротехнические сооружения).

Уникальность нормативной системы Нидерландов в том, что в актуальной правовой практике четко закреплены численные уровни индивидуального риска (например,  $10^{-5}$ /год для некоторых сценариев и  $10^{-6}$ /год для уязвимых групп и новых объектов) и используются для зонирования, планирования использования территории и решений по сейсмическим рискам в провинции Гронинген.

Почему в других странах ситуация более «размытая»?

- Политико-социальная чувствительность: формальное закрепление чисел, напрямую связывающих риск для жизни, часто воспринимается обществом как «легализация смертности», и государства предпочитают более косвенные формулировки (уровни надежности, классы последствий, коэффициенты запаса).
- Высокий уровень неопределенностей: для многих типов зданий и сценариев (особенно для сочетаний опасностей) диапазон разумных оценок риска широк, и закрепление только одного числа может быть методически преждевременным.
- Различие между **добровольным и недобровольным рисками**: общество допускает более высокий риск для добровольных действий (перелеты, вождение) и значительно более низкий для навязанных условий (проживание в высотном здании). Это требует сложной стратифицированной системы критериев, которую пока не везде удалось реализовать.

## Заключение

Переход от подхода, основанного исключительно на надежности, к **риск-информированному подходу** в обеспечении механической безопасности гражданских зданий и сооружений является логичным этапом эволюции как международной, так и российской систем строительного регулирования. Анализ зарубежного опыта (ISO, JCSS, ASCE, FEMA, TNO, NORSOK, Еврокоды, британская практика регулирования пожарной безопасности зданий, японское параметрическое сейсмическое проектирование, нидерландская политика в области промышленной и сейсмической безопасности) показывает, что риск-подход:

- позволяет **учитывать не только вероятность отказа, но и масштаб последствий**, множественные опасности и запроектные аварии;
- дает инструменты для **адресного укрепления живучести конструкций**, выделения критических элементов и сценариев вместо общего завышения запасов для заданного уровня безопасности;
- обеспечивает возможность **рационализации затрат**, особенно на усиление и защиту, при сохранении или повышении уровня безопасности;
- способствует **снижению регуляторных барьеров**, переходу от формального соблюдения норм к осознанному управлению уровнем риска, адресному надзору и более эффективному использованию ресурсов.

Вместе с тем практическое внедрение риск-информированного подхода в строительстве сталкивается с серьезными методологическими и институциональными вызовами:

– необходима адаптация сложных вероятностных методов к уровню компетенций и ресурсам проектировщиков и экспертизы;

– требуется создание национальной **фактологической базы** по авариям, отказам, нагрузкам и последствиям для калибровки моделей и критериев;

– нужно выработать **социально приемлемые уровни риска** для различных категорий зданий и сценариев, с учетом международного опыта (в частности, голландских норм на уровне  $10^{-5}$ – $10^{-6}$ /год) и социально-экономических российских реалий;

– необходимо обеспечить **согласованные усилия науки, отрасли и регуляторов**: от разработки инженерной методологии (функции хрупкости, многофакторные матрицы риска, риск-информированная классификация зданий) до юридического закрепления критериев и процедур в системе технического регулирования.

Несмотря на указанные барьеры и трудности, такой переход не только реалистичен с методологической и институциональной точек зрения, но и способен дать значимый **технико-экономический эффект**, повысить реальную безопасность зданий и людей в них. Дальнейшая работа должна быть направлена на поэтапную реализацию предложенного подхода: разработку и апробацию отраслевых методик, формирование критериев приемлемого риска, подготовку кадров и интеграцию риск-информированных процедур в практику проектирования, экспертизы и надзора.

## Список литературы

1. Rasmussen N. The Reactor Safety Study WASH-1400, Nuclear Regulatory Commission, 1975
2. International Atomic Energy Agency. Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants: Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series No. SSG3. Vienna: IAEA, 2010. 191 p.
3. Федеральные нормы и правила в области использования атомной энергии «Основные требования к вероятностному анализу безопасности блока атомной станции» (НП09515). Утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 12.08.2015 № 311. Введ. в действие с 19.09.2015. М.: Федеральная служба по экологическому, технологическому и атомному надзору, 2015.
4. Regulatory Guide 1.174, Rev. 3, An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk-Informed Decisions on Plant-Specific Changes to the Licensing Basis, NRC, DOE
5. Федеральный закон от 26.12.2008 № 294-ФЗ «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля».
6. Постановление от 17 августа 2016 г. N 806 «О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации».
7. Приказ № 414 от 28 ноября 2022 г. «Об утверждении Руководства по безопасности «Методика анализ риска аварий на опасных производственных объектах нефтегазоперерабатывающей, нефте- и газохимической промышленности».
8. Приказ МЧС России от 26 июня 2024 г. № 533 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах».
9. Приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 «Об утверждении методики определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».
10. Райзер В.Д. Оценка риска при проектировании сооружений // *Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений*. 2007. № 4. С. 15–18.
11. Тамразян А.Г. Основные принципы оценки риска при проектировании зданий и сооружений // Вестник МГСУ. 2011. № 2. С. 21–27.
12. Райзер В.Д., Ведяков И.И. Надёжность строительных конструкций. Теория и расчёт: монография. М.: Изд-во Ассоциации строительных вузов. 2018. 412 с.

13. Байбурин А. Х., Мельчаков А. П. Техническое регулирование безопасности зданий и сооружений на основе оценки риска аварии // *Архитектура, градостроительство и дизайн*. 2017. № 11. С. 3–10.
14. ГОСТ Р ИСО 31000-2019 «Менеджмент риска. Принципы и руководство». Москва.
15. ГОСТ Р ИСО/МЭК 31010-2011 «Менеджмент рисков. Методы оценки риска». Москва.
16. ГОСТ Р ИСО 2394-2016 «Конструкции строительные. Основные принципы надежности». Москва.
17. ISO 13824:2009 «Основы проектирования конструкций – Общие принципы оценки систем, включающих конструкции». Москва.
18. Performance-based structural fire engineering, <https://ref2014impact.azurewebsites.net/casestudies2/refservice.svc/GetCaseStudyPDF/28187>
19. Improving the financial and environmental cost of steel framed buildings, whilst raising structural performance, <https://ref2014impact.azurewebsites.net/casestudies2/refservice.svc/GetCaseStudyPDF/44364>
20. Vrijking K.K., van Gelder P.H.A.K.M., Ouwkerk S.J. Criteria for acceptable risk in the Netherlands. DOI:10.1061/9780784408155.ch05
21. Probabilistic seismic hazard and risk analysis in the TNO model chain Groningen, TNO Report, 2022.
22. Van Xanten N.H.W. et al. Rituals in risk evaluation for land-use planning. *Chemical engineering transactions*, 2013, DOI.:10.3303/CET1331015
23. Reducing Risks, Protecting People: HSE's Decision Making Process. Sudbury: HSE Books, 2001. 74 p.
24. Пожар в жилом высотном здании Grenfell Tower, [https://en.wikipedia.org/wiki/Grenfell\\_Tower\\_fire](https://en.wikipedia.org/wiki/Grenfell_Tower_fire).
25. Оценка рисков для безопасности и высотных жилых зданиях: детальное руководство, <https://www.gov.uk/government/publications/building-safety-guides-for-accountable-persons/assessing-safety-risks-in-high-rise-residential-buildings-a-detailed-guide>
26. BS 7974:2019 Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Code of practice.
27. Ведяков И.И., Соловьев Д.В. Разработка методики оценки риска прогрессирующего обрушения // *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2021. № 1(28). С. 5–15.
28. Building Safety Act, 2022 <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2022/30/part/4>
29. Suzuki A., Kusaka A., Nakashima M. Japanese attitudes toward risk control in seismic design in light of observation, prediction, and actual performance of building structures, *Int. Association for Earthquake Engineering*, 2023, DOI: 10.1002/eqe.3853.

## References

1. Rasmussen N. The Reactor Safety Study WASH-1400, Nuclear Regulatory Commission, 1975.
2. International Atomic Energy Agency. Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants: Specific Safety Guide. IAEA Safety Standards Series No. SSG 3. Vienna: IAEA, 2010. 191 p.
3. Federal Norms and Rules in the field of atomic energy use “Basic requirements for the probabilistic analysis of the safety of a nuclear power plant unit” (NP 095 15). Approved by Order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision dated 08/12/2015 No. 311. Introduction. Effective from 09/19/2015. Moscow: Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision, 2015. (In Russian)
4. Regulatory Guide 1.174, Rev. 3, An Approach for Using Probabilistic Risk Assessment in Risk Informed Decisions on Plant Specific Changes to the Licensing Basis, NRC, DOE
5. Federal Law No. 294-FZ of December 26, 2008 “On the Protection of the Rights of Legal Entities and Individual Entrepreneurs in the Exercise of State Control (Supervision) and Municipal Control” (In Russian)
6. Resolution No. 806 of August 17, 2016 “On the Application of a risk-based approach in the Organization of Certain Types of State Control (Supervision) and Amendments to Certain Acts of the Government of the Russian Federation” (In Russian)
7. Order No. 414 dated November 28, 2022 On Approval of the Safety Guidelines “Methodology for Accident Risk Analysis at Hazardous Production Facilities of the Oil and Gas Processing, Oil and Gas chemical Industry” (In Russian)
8. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated June 26, 2024 No. 533 “On Approval of the Methodology for Determining Calculated Fire Risk values at Production facilities” (In Russian)

9. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 30.06.2009 No. 382 "On approval of the methodology for determining calculated fire risk values in Buildings, structures and structures of various classes of functional fire danger" (In Russian)
10. Raizer V.D. Risk assessment in the design of buildings. *Earthquake engineering. Constructions safety*, 2007, no. 4, pp. 15–18. (In Russian)
11. Tamrazyan A.G. Basic principles of risk assessment in the design of buildings and structures. *Bulletin of MGSU*, 2011, no. 2, pp. 21–27. (In Russian)
12. Raizer V.D., Vedyakov I.I. Reliability of building structures. Theory and calculation: monograph. Moscow: Publishing House of the Association of Construction Universities. 2018. 412 p. (In Russian)
13. Baiburin A. Kh., Melchakov A.P. Technical regulation of the safety of buildings and structures based on the assessment of the risk of accident. *Architecture, urban planning and design*, 2017, no. 11, pp. 3–10. (In Russian)
14. State Standard R ISO 31000-2019 "Risk management. Principles and guidelines". Moscow. (In Russian)
15. State Standard R ISO/IEC 31010-2011 "Risk management. Risk assessment methods". Moscow. (In Russian)
16. State Standard R ISO 2394-2016 "Building structures. Basic principles of reliability". Moscow. (In Russian)
17. ISO 13824:2009 "Fundamentals of structural design – General principles for evaluating systems that include structures. Moscow. (In Russian)
18. Performance-based structural fire engineering, <https://ref2014impact.azurewebsites.net/casestudies2/refservice.svc/GetCaseStudyPDF/28187>
19. Improving the financial and environmental cost of steel framed buildings, whilst raising structural performance, <https://ref2014impact.azurewebsites.net/casestudies2/refservice.svc/GetCaseStudyPDF/44364>
20. Vrijking K.K., van Gelder P.H.A.K.M., Ouwerkerk S.J. Criteria for ac-ceptable risk in the Netherlands. DOI:10.1061/9780784408155.ch05
21. Probabilistic seismic hazard and risk analysis in the TNO model chain Groningen, TNO Report, 2022.
22. Van Xanten N.H.W. et al. Rituals in risk evaluation for land-use planning. *Chemical engineering transactions*, 2013, DOI.:10.3303/CET1331015
23. Reducing Risks, Protecting People: HSE's Decision Making Process. Sudbury: HSE Books, 2001. 74 p.
24. Fire in a residential high-rise building Grenfell Tower, [https://en.wikipedia.org/wiki/Grenfell\\_Tower\\_fire](https://en.wikipedia.org/wiki/Grenfell_Tower_fire). (In Russian)
25. Safety Risk Assessment for High-Rise Residential Buildings: A Comprehensive Guide, <https://www.gov.uk/government/publications/building-safety-guides-for-accountable-persons/assessing-safety-risks-in-high-rise-residential-buildings-a-detailed-guide>. (In Russian)
26. BS 7974:2019 Application of fire safety engineering principles to the design of buildings – Code of practice.
27. Vedyakov I.I., Soloviev D.V. Development of a methodology for assessing the risk of progressive collapse. *Bulletin of the Research Center of Construction*, 2021, no. 1 (28), pp. 5–15 (In Russian)
28. Building Safety Act, 2022 <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2022/30/part/4>
29. Suzuki A., Kusaka A., Nakashima M. Japanese attitudes toward risk control in seismic design in light of observation, prediction, and actual performance of building structures, *Int. Association for Earthquake Engineering*, 2023, DOI: 10.1002/eqe.3853.

## Информация об авторе / Information about the author

**Игорь Александрович Кириллов**, канд. физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории надежности сооружений, ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва  
e-mail: kirillov\_2003@mail.ru

**Igor A. Kirillov**, Cand. Sci. (Phys-Math), Leading researcher, Laboratory of building reliability, Research Institute of Building Constructions named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow  
e-mail: kirillov\_2003@mail.ru