

УДК 624.042.1

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3\(38\)-20-36](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3(38)-20-36)

EDN: НУРКУО

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ НАДЕЖНОСТИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

И.В. ЛЕБЕДЕВА^{1,✉}, канд. техн. наук

Т.А. ПЕТРОВА²

¹ 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, Российская Федерация

² АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 1, г. Москва, 109428, Российская Федерация

Аннотация

Введение. Рассматриваются современные стратегии в области обеспечения надежности строительных конструкций в отечественной и зарубежной нормативных базах, включая вероятностные, риск-информированные и полувероятностные критерии оценки надежности, на всех этапах жизненного цикла сооружения. Приведен анализ преимуществ и недостатков предписывающих и параметрических подходов и предложены пути их дальнейшего совершенствования.

Цель. Целью настоящей работы является разъяснение терминологии параметрического нормирования в строительстве, анализ существующих различий в ее трактовке и выработка инновационной стратегии дальнейшего развития отечественной нормативной базы на основе сопоставительного анализа отечественных и зарубежных подходов к оценке надежности.

Материалы и методы. Исследована структура российских и зарубежных нормативных документов в области надежности, приведен их сравнительный анализ. Изучены основные подходы к техническому регулированию в строительной отрасли.

Результаты. Проведенный анализ позволил установить критерии, на основе которых обеспечивается максимально быстрое внедрение инноваций при гарантированном соблюдении безопасности технических решений. Показано, что смысл термина «параметрическое нормирование», заложенный в отечественной стратегии, отличается от зарубежной его интерпретации. Нормативная база РФ построена в основном на полувероятностном подходе и нормировании частных коэффициентов надежности, т. е. отдельных параметров прочности и нагрузок, тогда как в зарубежной нормативной базе, в частности в ИСО 2394:2016 и Еврокодах, акцент смещен на качественные и вероятностные критерии оценки надежности. Однако указывается, что все социальные, экономические критерии и показатели эффективности должны соблюдаться только после выполнения всех требований к надежности и безопасности людей. Таким образом, принципиальных противоречий в наших подходах к нормированию нет, мы постепенно движемся в сторону сближения наших подходов при соблюдении преемственности в развитии нормативной базы.

Выводы. Принципы обеспечения надежности проектируемых зданий и сооружений в отечественной, международной и зарубежной нормативных базах достаточно близки и основываются на методе предельных состояний при разумном сочетании обязательных и рекомендуемых параметров. Основной критерий – обеспечение безопасности жизни людей. В современных условиях наряду с традиционными полувероятностными подходами к нормированию необходимо использовать механизмы для быстрого внедрения инноваций и новых технологий в строительстве. В области надежности это дополнительные вероятностные критерии надежности и методы оценки рисков. Эти критерии надежности помогут при выборе оптимальных проектных и технологических решений при строительстве уникальных зданий и сооружений, сооружений повышенного уровня ответственности, а также при оценке существующих конструкций в течение их жизненного цикла.

Ключевые слова: надежность, строительная конструкция, нагрузка, воздействие, особые воздействия, аварийная расчетная ситуация, параметрическое нормирование, риск-информированный подход

Для цитирования: Лебедева И.В., Петрова Т.А. Анализ современных подходов к оценке надежности в строительстве. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2023;38(3):20–36. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3\(38\)-20-36](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3(38)-20-36)

Вклад авторов

Лебедева И.В. – анализ отечественной и зарубежной нормативных баз в области надежности.

Петрова Т.А. – формулировка современных подходов на основе параметрического метода нормирования.

Финансирование

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 13.07.2023

Поступила после рецензирования 01.08.2023

Принята к публикации 08.08.2023

ANALYSIS OF MODERN APPROACHES TO ASSESSING RELIABILITY IN CONSTRUCTION

I.V. LEBEDEVA^{1,✉}, Cand. Sci. (Engineering)

T.A. PETROVA²

¹ *Research Institute of Building Constructions (TSNIISK) named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 1, Moscow, 109428, Russian Federation*

² *JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 1, Moscow, 109428, Russian Federation*

Abstract

Introduction. The study considers modern strategies for ensuring the reliability of building structures in Russian and foreign regulations, including probabilistic, risk-informed and semi-probabilistic criteria of reliability assessment, at all stages of the life cycle of the structure. The advantages and disadvantages of prescriptive and parametric approaches are analyzed and ways of their further improvement are suggested.

Aim. To clarify the terminology of parametric regulation in construction, to analyze the existing differences in its interpretation, and to develop an innovative strategy for further development of Russian regulation based on a comparative analysis of domestic and foreign approaches to reliability assessment.

Materials and methods. The methodology involved studying the structure of Russian and foreign regulatory documents in the field of reliability and performing their comparative analysis. The study considered the main approaches to technical regulation in the construction industry.

Results. The analysis outlined the criteria underlying the fastest introduction of innovations and ensuring the safety of technical solutions. The study demonstrated the difference between the meaning of the term “parametric regulation” in Russian strategy and its foreign interpretation. The regulation standards of the Russian Federation are based mainly on a semi-probabilistic approach and specification of partial reliability factors, i.e. individual parameters of strength and loads, while in the foreign standards, notably in ISO 2394:2016 and Eurocodes, the emphasis is shifted to qualitative and probabilistic criteria for assessing reliability. However, all social, economic and performance criteria should be observed only after all requirements for the reliability and safety of people have been met. Thus, both Russian and foreign approaches to regulation demonstrate

no fundamental contradictions. The approaches are gradually moving towards convergence while maintaining continuity in the development of the regulatory framework.

Conclusions. The principles of ensuring the reliability of the designed buildings and structures in Russian, international and foreign regulation standards are quite close and are based on the limit state method with a reasonable combination of mandatory and recommended parameters. The main criterion consists in ensuring the safety of human life. Under contemporary conditions, traditional semi-probabilistic approaches to regulation should be accompanied by mechanisms for rapid introduction of innovations and new technologies in construction. In terms of reliability, these mechanisms involve additional probabilistic reliability criteria and risk assessment methods. The reliability criteria will contribute in choosing the optimal design and technological solutions for the construction of unique buildings and structures, higher criticality structures, as well as in assessing existing structures during their life cycle.

Keywords: reliability, building structure, load, impact, special impacts, emergency design situation, parametric regulation, risk-informed approach

For citation: Lebedeva I.V., Petrova T.A. Analysis of modern approaches to assessing reliability in construction. *Vestnik NIC Stroitel'stvo = Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2023;38(3):20–36. (In Russian). [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3\(38\)-20-36](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2023-3(38)-20-36)

Author contribution statements

Lebedeva I.V. – analysis of Russian and foreign regulatory documents in the field of reliability.
Petrova T.A. – formulation of modern approaches based on the parametric method of regulation.

Funding

No funding support was obtained for the research.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Received 13.07.2023

Revised 01.08.2023

Accepted 08.08.2023

Введение

Надежность сооружений обозначает способность строительного объекта выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации (см. [1, 2]). В основе обеспечения надежности как в нашей стране, так и за рубежом лежит метод предельных состояний. Он является обязательным при проектировании и расчете зданий и сооружений. Расчет по предельным состояниям первой группы обеспечивает прочность, устойчивость и неизменяемость формы строительных конструкций при действии расчетных (максимальных) значений нагрузок и воздействий, по предельным состояниям второй группы – пригодность к нормальной эксплуатации при действии нормативных значений нагрузок и воздействий, в том числе допускаемые прогибы и перемещения, ширину раскрытия трещин, коррозионную стойкость и т. п.

Кроме того, в ГОСТ 27751 [2] введены особые предельные состояния, которые регламентируют требования по обеспечению допускаемого уровня безопасности при аварийных расчетных ситуациях и особых аварийных нагрузках, которые могут привести к прогрессирующему обрушению строительных конструкций по неустановленной заранее причине.

Расчет по особым предельным состояниям производится с учетом развития неупругих деформаций и повреждений, их превышение приводит к разрушению сооружений с катастрофическими последствиями.

В международном стандарте ИСО 2394:2016 [3], помимо предельных состояний по прочности и эксплуатационной пригодности, вводятся условные предельные состояния, связанные с обеспечением долговечности конструкций при расчете по предельным состояниям, которые нечетко определены или трудно вычисляемы, в том числе вводятся дополнительные ступени предельного состояния в случае непрерывно возрастающей функции потерь (например, повреждение, ремонт и разрушение).

1. Структура российских нормативных документов в области надежности

Структура нормативных документов в области безопасности и надежности строительных конструкций и сооружений, действующих в настоящее время, представлена на рисунке.

В указанной структуре можно условно выделить три уровня:

Первый уровень – законодательный (Федеральные законы № 384-ФЗ [1], № 190-ФЗ [4] (Градостроительный кодекс) и № 116-ФЗ [5]), Постановление Правительства РФ № 815 (с изменениями на 20 мая 2022 года) [6], в котором содержится перечень нормативных документов и их отдельных пунктов обязательного применения, и приказ Росстандарта с перечнем документов добровольного применения.

Второй уровень, который можно назвать базовым, – нормативные документы (ГОСТ, ГОСТ Р, СП) и их отдельные пункты, входящие в перечень обязательного применения. В настоящее время к таким документам в области надежности относятся обязательные пункты ГОСТ 27751-2014 [2] (см. 1.2), СП 20.13330.2016 [7] и СП 131.13330.2020 [8].

К третьему уровню, который можно назвать подтверждающим соответствие требованиям безопасности, следует отнести нормативные документы (ГОСТ, ГОСТ Р, СП) и их отдельные

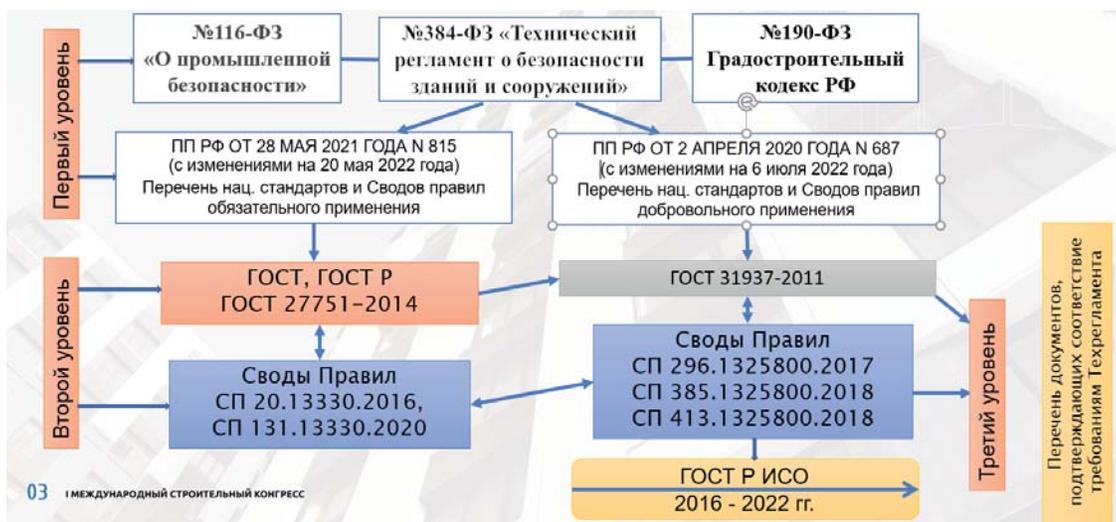


Рис. Структура нормирования надежности и безопасности в России
Fig. The structure of reliability and safety regulation in Russia

пункты, входящие в перечень добровольного применения. В области надежности сооружений к ним следует отнести пункты ГОСТ 27751-2014 [2] и СП 20.13330.2016 [7] добровольного применения, ГОСТ 31937-2011 [9], СП 296.1325800.2017 [10], СП 385.1325800.2018 [11], СП 413.1325800.2018 [12].

Стандарты организаций (СТО), специальные технические условия (СТУ) и другие документы, разрабатываемые в рамках научно-технического сопровождения проектирования отдельных объектов строительства, дополняют требования нормативной базы, конкретизируют требования норм применительно к уникальным и технически сложным объектам, относящимся к классу КС-3 по ГОСТ 27751 [2], либо содержат компенсирующие мероприятия в случае отступления от обязательных требований (СТУ).

1.1. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [1]

Техническое регулирование – основной инструмент обеспечения безопасности на всех стадиях строительства и эксплуатации объектов за счет разработки и контроля за соблюдением требований к качеству выполняемых строительных работ, используемых строительных материалов и изделий. Посредством стимулирования применения передовых технологических решений, современных строительных материалов и подходов к организации строительства техническое регулирование также оказывает решающее влияние на динамику развития строительной отрасли в целом.

В настоящее время основным документом, регламентирующим техническое регулирование в строительной отрасли, является Федеральный закон от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», распространяющийся на все виды строительных сооружений.

Закон устанавливает минимально необходимые требования к зданиям и сооружениям, включая процессы проектирования, строительства, монтажа, наладки, эксплуатации и утилизации (сноса), в том числе требования:

- механической безопасности;
- пожарной безопасности;
- безопасности при опасных природных процессах и явлениях и (или) техногенных воздействиях;
- безопасных для здоровья человека условий проживания и пребывания в зданиях и сооружениях;
- безопасности для пользователей зданиями и сооружениями;
- доступности зданий и сооружений для инвалидов и других групп населения с ограниченными возможностями передвижения;
- энергетической эффективности зданий и сооружений;
- безопасного уровня воздействия зданий и сооружений на окружающую среду.

Соблюдение в проектной документации положений сводов правил (национальных стандартов), включенных в Перечни, регламентируется заданием на проектирование и (или) обеспечивается в случаях, когда применение таких сводов правил (национальных стандартов) является доказательством соблюдения требований Технического регламента.

Согласно части 6 статьи 15 Федерального закона № 384-ФЗ, в случае отсутствия указанных требований соответствие проектных значений и характеристик здания или сооружения

требованиям безопасности, а также проектируемые мероприятия по обеспечению его безопасности должны быть обоснованы одним или несколькими способами из следующих:

- результаты исследований;
- расчеты и (или) испытания, выполненные по сертифицированным или апробированным иным способом методикам;
- моделирование сценариев возникновения опасных природных процессов и явлений и (или) техногенных воздействий, в том числе при неблагоприятном сочетании опасных природных процессов и явлений и (или) техногенных воздействий;
- оценка риска возникновения опасных природных процессов и явлений и (или) техногенных воздействий.

В статье 16 устанавливаются базовые принципы обеспечения прочности и устойчивости строительных конструкций на основе метода предельных состояний, в качестве которых принимается разрушение любого характера, потеря устойчивости формы или положения, нарушение эксплуатационной пригодности или иные явления, которые могут причинить ущерб жизни или здоровью людей, государственному или муниципальному имуществу, окружающей среде и т. д.

Установлены требования к расчетным моделям, расчетные ситуации (установившаяся, переходная и аварийная), а также минимальные значения коэффициентов надежности по ответственности в отношении зданий повышенного, нормального и пониженного уровней ответственности.

Федеральный закон № 384-ФЗ устанавливает правила обязательной и добровольной оценки соответствия зданий и сооружений, а также связанных со зданиями и с сооружениями процессов эксплуатации требованиям настоящего Федерального закона и требованиям проектной документации, требованиям обеспечения безопасности при эксплуатации, а также сносе (демонтаже), требованиям по обеспечению безопасности зданий и сооружений, строительство и эксплуатация которых планируются в сложных природных условиях.

1.2. ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения» [2]

ГОСТ 27751-2014 разработан в развитие положений Федерального закона № 384-ФЗ и содержит как обязательные, так и добровольные положения.

ГОСТ 27751 устанавливает классы сооружения в зависимости от его назначения, а также социальных, экологических и экономических последствий их повреждений и разрушений; принципы и критерии при расчете по предельным состояниям первой и второй групп, а также вводит особые предельные состояния при проверке на прогрессирующее обрушение при аварийных расчетных ситуациях, а также организационных мероприятиях, направленных на снижение возможности возникновения аварийных ситуаций.

Приводятся требования по проектированию конструктивных элементов, воспринимающих циклические нагрузки, и их расчету на выносливость и усталостную прочность, требования по учету установившейся, переходной и аварийной расчетных ситуаций. Рассматриваются условия обеспечения долговечности конструкций с учетом условий эксплуатации, влияния окружающей среды, в том числе с учетом ее агрессивности, свойств применяемых материалов.

Вводится перечень предельных состояний и соответствующих критериев, которые необходимо учитывать при проектировании строительного объекта, требования к выбору

расчетных моделей, а также методов расчета по предельным состояниям каждой группы. Приведены определения и соответствующие расчетные значения нагрузок и воздействий, требования к характеристикам материалов и грунтов, к значениям прочностных и деформационных характеристик грунтов, а также к геометрическим параметрам конструкций сооружений, их оснований и фундаментов.

Установлены требования по определению нормативных и расчетных значений нагрузок, коэффициентов надежности по нагрузке, а также порядок установления основных и особых сочетаний нагрузок. Задана обеспеченность нормативных значений прочностных характеристик материалов не ниже 0,95 и приведены требования к методам определения нормативных характеристик материалов и грунтов, геометрическим параметрам, задаваемым в расчетах сооружений, коэффициентам условий работы.

Обязательными являются требования к расчетным моделям сооружения и его конструктивных элементов, нагрузок и воздействий и к расчетным моделям сопротивления строительных конструкций, некоторые требования к контролю качества.

Приведены минимальные значения коэффициента надежности по ответственности в зависимости от класса сооружения и его уровня ответственности, а также цели их использования.

В Изменении № 1 ГОСТ 27751-2014 [2], которое разработано лабораторией надежности сооружений ЦНИИСК им. В. А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство» и введено в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии с 01.02.2023 года, внесены следующие основные изменения и дополнения:

- введены новые термины: «научно-техническое сопровождение», «специализированная научно-исследовательская организация», «уровень ответственности», «класс сооружения» и их соответствующие определения;

- установлены основные требования к проведению научно-технического сопровождения при инженерных изысканиях, проектировании, изготовлении и монтаже конструкций зданий и сооружений класса КС-3, а также при их реконструкции или сносе;

- расширен перечень дополнительных мер по обеспечению надежности строительных конструкций при особых воздействиях, включая конструктивные, превентивные и контрольные мероприятия;

- уточнена формулировка для первой группы предельных состояний и определение особых предельных состояний, а также требования к расчетам по предельным состояниям для каждой группы;

- дополнен перечень сооружений с указанием их примерных сроков службы;

- уточнена классификация нагрузок и воздействий и порядок определения их расчетных сочетаний;

- установлены дополнительные требования, которые необходимо соблюдать при сносе зданий и сооружений повышенного уровня ответственности, в том числе касающиеся расчета по предельным состояниям, учета класса и уровня ответственности, оценки технического состояния строительных объектов.

Существенно расширены положения и требования, устанавливающие основные принципы расчета на прогрессирующее обрушение зданий и сооружений и учета аварийных расчетных ситуаций. Впервые установлены требования к расчетам зданий и сооружений, представляющих собой памятники культурного наследия.

Установлено требование о необходимости проводить анализ рисков возникновения аварийных ситуаций для проектируемых зданий и сооружений класса КС-3, расположенных в зонах потенциального возникновения опасных климатических явлений (ураганы, смерчи, тайфуны, угроза подтопления территории вследствие ливней, паводков, береговая эрозия, приводящая к затоплению прибрежной территории морем), геокриологической опасности вследствие оттаивания вечной мерзлоты, неблагоприятных геологических процессов, проявления карстовой и термокарстовой опасностей.

Установлены дополнительные требования к мерам безопасности при реконструкции и сносе сооружений повышенного уровня ответственности, к контролю качества и оценке технического состояния. Уточнен перечень сооружений, относящихся к классам КС-1, КС-2 и КС-3, в том числе порядок установления класса для уникальных, особо опасных и технически сложных объектов.

1.3. Требования к нагрузкам и воздействиям

Основным нормативным документом, регламентирующим нагрузки и воздействия на здания, сооружения и их основания, является **СП 20.13330.2016** (с Изменениями № 1–4) [7]. В нем установлены требования к нагрузкам, воздействиям и их расчетным сочетаниям, а также прогибам и перемещениям строительных конструкций. Указанный СП включает пункты, входящие в перечень как обязательного, так и добровольного применения.

Требования к особым проектным нагрузкам, в том числе взрывным, ударным и экстремальным климатическим, установлены в **СП 296.1325800.2017** (с Изменениями № 1, 2) [10], требования к защите от прогрессирующего обрушения при экстремальных особых воздействиях и аварийных расчетных ситуациях – в **СП 385.1325800.2018** (с Изменениями № 1, 2) [11], требования к проектированию зданий и сооружений с учетом динамических воздействий – в **СП 413.1325800.2018** [12]. Все указанные СП отнесены к документам добровольного применения.

СП 296.1325800.2017 [10] устанавливает требования по учету особых нагрузок и воздействий при проектировании зданий и сооружений классов КС-2 и КС-3 нормального и повышенного уровней ответственности по предельным состояниям первой группы, а также требования по обеспечению надежности строительных конструкций и оснований при аварийных ситуациях природного, техногенного и антропогенного характеров в соответствии с положениями ГОСТ 27751 [2].

Данный СП регламентирует только нормируемые (проектные) особые нагрузки и воздействия, которые должны учитываться при проектировании наряду с основными по предельным состояниям первой и второй групп, а именно:

- экстремальные климатические нагрузки и воздействия (снеговые, ветровые, гололедные и температурные), имеющие период повторяемости 100 лет и более;
- нагрузки при внутренних и внешних взрывах;
- ударные, в том числе нагрузки при столкновении транспортных средств, ремонтной и строительной техники с частями сооружения, удар дорожных транспортных средств по опорным частям сооружений, нагрузки, вызванные сходом с рельсов транспортных средств под конструкциями или вблизи конструкций; падение вертолета на сооружение, удар погрузчика;

– особые нагрузки от падения снега при его сползании с вышележащего покрытия на нижележащее покрытие, примыкающее к перепаду высот, или на прилегающую территорию и т. п.;

– нагрузки от пожарных автомобилей на стилобатные и подземные части зданий.

Действие особых аварийных воздействий учитывается расчетом сооружений на прогрессирующее обрушение согласно СП 385.1325800.2018 [11] по особым предельным состояниям или без проведения расчетов, на основе оценки рисков и разработки системы превентивных и конструктивных мероприятий по защите от прогрессирующего обрушения.

2. Оценка надежности в международных и зарубежных стандартах

С целью обеспечения представительства РФ и проведения необходимой работы в рамках ТК 98 ИСО в 2017 году была создана рабочая группа РГ № 8 «Основы проектирования строительных конструкций» технического комитета по стандартизации ТК 465 «Строительство», зеркального ИСО/ТК 98 «Основы расчета строительных конструкций». Эксперты российской организации по стандартизации ГОСТ Р ИСО, входящие в указанную рабочую группу, активно сотрудничают с Международной организацией по стандартизации (ИСО), представляя Россию как страну-участника и одного из инициаторов и организаторов ее создания.

К основным зарубежным нормативным документам в области надежности, которые рассматриваются в настоящем обзоре, следует отнести ISO 2394:2016 ed.4 [3], ISO 13824:2020 [13], ISO 8930:2021 ed.2 [14], Еврокод EN 1990:2002+A1 [15] и нормы других стран.

Все указанные документы в действующей редакции базируются на трех основных альтернативных подходах к оценке надежности или уровнях верификации.

1. Риск-информированный:

При условии учета аспектов безопасности людей, согласно законодательству и нормам проектирования, сумма всех расходов (затраты на строительство, техническое обслуживание и т. д.) и экономические риски (в отношении отказа или неисправности) должны быть сведены к минимуму.

2. Основанный на надежности:

Конструкция должна соответствовать набору требований к надежности, сформулированных в виде максимально допустимых вероятностей отказа или минимальных значений для уровней надежности.

3. Полувероятностный:

Конструкция должна удовлетворять набору неравенств, используя определенные расчетные значения основных переменных и частные коэффициенты надежности.

Полувероятностный подход, основанный на частных коэффициентах надежности при определении расчетных значений нагрузок, воздействий и сопротивлений материалов, является базовым методом нормирования и применяется при проектировании большинства объектов строительства как в нашей стране, так и за рубежом.

В стандарте ИСО 2394-2015 [3] указывается, что более низкие уровни верификации должны быть откалиброваны до более высоких уровней с использованием принципов калибровки норм. Калибровка выполняется комитетами по нормативным документам, что позволяет разработчику использовать методы проверки уровня 3; только для специальных конструкций будет выполняться проверка, основанная на надежности или на оценке риска (уровни 1 и 2).

Указывается также, что в тех случаях, если нет риска гибели людей, связанного с отказами конструкций, целевые уровни вероятности отказа могут быть выбраны исключительно на основе экономической оптимизации.

В качестве перспективных направлений развития Еврокодов и международных стандартов (ИСО) указываются следующие цели:

- поддерживать социальную функциональность и способствовать устойчивому развитию общества в течение срока службы сооружений;
- с надлежащей степенью риска и надежности соответствовать требованиям к производительности;
- выдерживать экстремальные и (или) часто повторяющиеся и постоянные воздействия, а также воздействия окружающей среды;
- обеспечивать достаточную надежность, чтобы не подвергаться серьезным повреждениям или каскадным отказам в результате чрезвычайных и, возможно, непредвиденных событий, таких как стихийные бедствия, несчастные случаи или человеческие ошибки.

Устойчивость развития общества связывается с показателями эффективности, такими как:

- безопасность для людей;
- надежность в отношении достижения заявленных целей;
- качество окружающей среды;
- экономическая эффективность;
- сведение к минимуму выбросов CO₂;
- сведение к минимуму потребления природных ресурсов;
- минимальное потребление энергии.

Будущее развитие европейских и международных стандартов связывается с решением следующих задач:

1. Разработка стандартов полностью на вероятностной основе. Надежность сооружений для уровня 3 оценивается на основе полного вероятностного анализа (оценки вероятности обрушения).
2. Использование индексов надежности.
3. Внедрение риск-информированных подходов, создание концептуальной основы управления рисками.
4. Оценка живучести строительных конструкций.
5. Учет изменений климата.

Можно предположить, что эти амбициозные задачи не всегда реалистичны и выполнимы и могут осложнить реальное проектирование.

В **Еврокоде EN 1990:2002** [15] сформулированы базовые требования по безопасности, надежности, расчетному сроку службы объектов, а также их долговечности, приведены принципы проектирования по предельным состояниям, установлены расчетные ситуации, которые должны приниматься во внимание в расчетах по предельным состояниям первого и второго рода (основным и по пригодности к эксплуатации).

Он содержит требования к анализу конструкций и проектированию на основе испытаний, к проверке методом частных коэффициентов надежности в расчетах по предельным состояниям, а также к свойствам материалов, строительных изделий и геометрическим параметрам.

Обязательным является расчет с использованием метода частных коэффициентов надежности. Допускается (по согласованию с соответствующими органами) расчет на основе

вероятностных подходов. Предельные состояния относятся к расчетным ситуациям, которые подразделяются на постоянные, временные и особые, а также сейсмические.

Введены принципы и правила применения. Принципы обязательны к применению и обозначены буквой Р. Правила – добровольного применения и не имеют специального обозначения. Допускается использовать альтернативные правила проектирования, отличные от правил применения, заданных в EN 1990 [15], при условии, что показано, что альтернативные правила согласуются с соответствующими принципами и, по крайней мере, эквивалентны в отношении безопасности конструкций, пригодности к эксплуатации и долговечности, ожидаемых при использовании Еврокодов. Они задаются в национальном приложении или в отдельном проекте.

3. Внедрение новых подходов к нормированию

Согласно Стратегии развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года, утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2022 года № 3268-р, параметрический метод нормирования – метод установления нормативных требований, при котором установление обязательных требований применяется только к эксплуатационным (функциональным) характеристикам объекта технического регулирования, в том числе к количественным параметрам, вне зависимости от его конструкции и исполнения. При этом способы достижения этих требований устанавливаются на добровольной основе с возможностью применения иных способов (подходов) на альтернативной основе.

Стратегией предусмотрен переход от предписывающего метода нормирования к параметрическому, обеспечивающему максимально быстрое внедрение инноваций при гарантированном соблюдении безопасности технических решений.

Необходимо отметить, что сам перевод термина, введенного американскими учеными Андреем Серых (Snip Register Inc, Chicago) и Мичамом Брайаном (Worcester Polytechnic Institute), неверен. Термин *performance-based* следовало бы перевести как «функционально-ориентированный». Указанный методический подход хорошо известен в профессиональной среде еще с середины 1990-х годов. Основы этого метода заложены в СНиП 10-01 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения» [16].

Отечественная нормативная база разрабатывалась лучшими научными кадрами страны на протяжении многих десятилетий и достаточна для решения всех задач реального проектирования, поэтому при одинаковом уровне надежности, который они примерно обеспечивают, она гораздо более удобна для применения.

Разработанные в СССР нормы были признаны лучшими в мире и легли в основу ряда зарубежных норм, в том числе Еврокодов. При этом следует отметить, что проектирование по российским нормам обеспечивает наиболее оптимальный баланс эксплуатационной надежности и материалоемкости.

С принятием Федерального закона № 184-ФЗ «О техническом регулировании» [17] и отменой в начале 2000-х СНиП 10-01 «Система нормативных документов в строительстве. Основные положения» [16] логика существовавшей ранее комплексной системы была нарушена, понятие «строительных норм и правил» исключено из законодательства.

В настоящее время основной подход в области технического регулирования строительства сводится к планомерному отказу от обязательных требований. С 01.09.2022 вступило в силу постановление Правительства РФ № 914 [18], которым вносятся изменения в постановление Правительства РФ № 815 (Обязательный перечень) [6], предусматривающие исключение из Обязательного перечня всех СП, кроме ГОСТ 27751-2014 [2], СП 20.13330.2016 [7], СП 28.13330.2017 [19], СП 59.13330.2020 [20], СП 131.13330.2020 [8].

Предполагается, что исключение обязательных требований позволит снизить регуляторную нагрузку на бизнес. Однако цель технического регулирования состоит прежде всего в обеспечении надежности, безопасности продукции для конечного потребителя, а не в сокращении требований к бизнесу. Любые нормы, любые требования безопасности приводят к удорожанию и создают нагрузку на бизнес.

Отказ от обязательных требований ставит под вопрос и переход на параметрическое нормирование, точнее на функционально-ориентированную (гибкую) систему нормирования, известную в мире как *performance-based requirement*. Такая система должна иметь иерархию нормативных документов, что затруднительно в ситуации, когда все своды правил Минстроя России имеют одинаковый статус. В отличие от традиционного *prescriptive* (или предписывающего) подхода, когда в нормативных документах приводятся описания конструкций и предписываются методы их расчета и свойства применяемых материалов, в документах нового типа на основе концепции поведения, находящихся все большее распространение в мировой практике, должны устанавливаться лишь параметры поведения строительных сооружений в ходе их эксплуатации или указываться иные цели, которые должны быть удовлетворены или достигнуты. Такие документы должны быть обязательными, а предписывать, как проектировать, строить и какие материалы применять, следует в документах добровольного применения.

Новой тенденцией в сфере технического регулирования строительства также стал отказ от специальных технических условий (СТУ). Предложения по отмене СТУ стоят в одном ряду с принимаемыми в последнее время Минстроем России мерами по наведению порядка в этом нормативном секторе, поскольку в последние годы они превратились в «бизнес-проект» всевозможных организаций и стали оказывать серьезную дополнительную нагрузку на инвестиционный климат в строительной отрасли.

В то же время возникали, возникают и будут возникать случаи, когда необходимо проектировать уникальные, опасные и технически сложные объекты капитального строительства, на которые реально отсутствуют нормативные требования. И здесь без СТУ не обойтись.

Отмена частей 8 и 9 статьи 6 Технического регламента создает препятствия для случаев, когда требования не установлены действующими нормативными документами. В связи с этим представляется более целесообразным сохранение возможности разработки СТУ с переработкой порядка их разработки и согласования.

В силу данной тенденции в области технического регулирования особенно актуальным становится метод оценки рисков. В случае отсутствия или отступления от добровольных требований механизмом СТУ воспользоваться нельзя, поэтому соответствие проектных значений и характеристик здания или сооружения требованиям безопасности, а также проектируемые мероприятия по обеспечению его безопасности должны быть обоснованы способами, установленными в части 6 статьи 15 Федерального закона № 384-ФЗ [1], в том числе с помощью оценки риска, которая сейчас никак не регламентирована в сводах правил

на проектирование. Следует обратить внимание на тот факт, что огромное количество СТУ, прошедших согласование в Минстрое в последние годы, в большинстве случаев были инициированы экспертами экспертных организаций разного уровня, не желавших брать на себя ответственность за принятые решения разработчиков проектов, в рамках вышеупомянутых способов, установленных в части 6 статьи 15.

Дополнительные вероятностные критерии надежности и методы оценки рисков помогут также при выборе оптимальных проектных и технологических решений при строительстве уникальных зданий и сооружений, сооружений повышенного уровня ответственности, а также при оценке существующих конструкций в течение их жизненного цикла. Мы движемся в указанном направлении, используя методики, основы которых были заложены в нашей стране более полувека назад и стремительно развиваются в последние годы.

Непосредственное применение международных и зарубежных стандартов при проектировании объектов строительства на территории РФ без учета требований отечественной нормативной базы и климатических условий территории России, без подготовки профессиональных кадров проектировщиков и экспертов, способных работать в данной парадигме, было бы неправильным и может привести к самым серьезным последствиям.

При этом необходимо воспрепятствовать дублированию положений действующих нормативных документов во вновь разрабатываемых национальных стандартах или стандартах организаций и распространению документов, не отвечающих требованиям безопасности вследствие недостаточной квалификации их разработчиков. Однако следует отметить, что без обязательного государственного надзора и контроля за соблюдением требований технического регламента и документов обязательного применения безопасность жизни и здоровья людей, сохранность оборудования и т. п. могут оказаться под угрозой.

Выводы

1. В отечественной нормативной базе обязательные требования по обеспечению надежности и безопасности сооружений содержатся в Федеральном законе № 384-ФЗ [1], ГОСТ 27751-2014 [2], СП 20.13330.2016 [7] и ряде других документов. Остальные стандарты и своды правил обеспечивают требования безопасности на добровольной основе.

2. В международных стандартах ИСО 2394:2016 [3], новой редакции Еврокода 1990 [15] и стандартах ряда других зарубежных стран в последнее время широко внедряются три уровня верификации надежности: риск-информированный подход; подход, основанный на вероятностной оценке надежности; полувероятностный подход, основанный на расчетных значениях основных переменных и частных коэффициентах надежности.

3. Целью международных стандартов в их новейших редакциях является:

- поддержание социальной функциональности и устойчивого развития общества в течение срока службы сооружений;
- соответствие требованиям к производительности;
- необходимость выдерживать экстремальные и (или) часто повторяющиеся и постоянные воздействия, а также воздействия окружающей среды;
- обеспечение достаточной надежности;
- соответствие экономическим показателям эффективности.

4. Аналогичные подходы активно развиваются в нашей стране и реализованы в положениях СП 296.1325800.2017 [10], СП 385.1325800.2018 [11] и других нормативных документах различного уровня.

5. Применение межгосударственного стандарта ГОСТ 27751-2014 [2] с учетом Изменения № 1 позволит оптимизировать проектирование зданий и сооружений, что повысит их экономическую эффективность. Документ будет способствовать повышению уровня безопасности людей в зданиях и сооружениях, отвечая современным требованиям обеспечения надежности, качества строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

6. Принципы обеспечения надежности проектируемых зданий и сооружений в отечественной, международной и зарубежной нормативных базах достаточно близки и основываются на методе предельных состояний при разумном сочетании обязательных и рекомендуемых параметров. Основной критерий – обеспечение безопасности жизни людей.

7. В зарубежной нормативной базе и, в частности, в ИСО 2394:2016 [3] прямо указывается, что все социальные, экономические критерии и показатели эффективности должны соблюдаться только после выполнения всех требований к надежности и безопасности людей. Поэтому принципиальных противоречий в наших подходах к нормированию нет.

8. В основу обеспечения требований надежности в нормативной базе нашей страны положен полувероятностный метод частных коэффициентов надежности, т. е. отдельных параметров прочности и нагрузок, который широко применяется как один из основных методов оценки надежности конструкций в нормативной базе большинства стран мира.

9. Безусловно, в современных условиях необходимо внедрять в нормирование механизмы для быстрого внедрения инноваций и новых технологий в строительстве. В области надежности – дополнительные вероятностные критерии надежности и методы оценки рисков. Эти критерии надежности помогут при выборе оптимальных проектных и технологических решений при строительстве уникальных зданий и сооружений, сооружений повышенного уровня ответственности, а также при оценке существующих конструкций в течение их жизненного цикла.

10. Для соблюдения требований надежности и безопасности строительных конструкций зданий и сооружений на протяжении всего их срока службы (или жизненного цикла) необходим государственный надзор и контроль.

11. Уровень надежности и безопасности сооружений отражает уровень развития общества в целом, и нормы проектирования в нашей стране должны неуклонно совершенствоваться, в том числе с учетом мирового опыта.

Список литературы

1. Технический регламент о безопасности зданий и сооружений. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ [интернет]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/
2. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения [с Изменением № 1] [интернет]. Режим доступа: <https://protect.gost.ru/default.aspx/document.aspx?control=7&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=249345>
3. ГОСТ Р ИСО 2394-2016. Конструкции строительные. Основные принципы надежности (ISO 2394:1998, General principles on reliability for structures, IDT). Москва: Стандартинформ; 2016.

4. Градостроительный кодекс Российской Федерации от 29 декабря 2004 г. № 190-ФЗ [интернет]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/
5. О промышленной безопасности опасных производственных объектов. Федеральный закон от 21 июля 1997 г. № 116-ФЗ [интернет]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/
6. Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», и о признании утратившим силу постановления Правительства Российской Федерации от 4 июля 2020 г. № 985. Постановление Правительства Российской Федерации от 28 мая 2021 г. № 815 [интернет]. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202105310010>.
7. СП 20.13330.2016. Нагрузки и воздействия (с Изменениями № 1, № 2, № 3, № 4). Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456044318>
8. СП 131.13330.2020. Строительная климатология (с Изменением № 1). [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573659358>
9. ГОСТ 31937-2011. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. Москва: Стандартиформ; 2014.
10. СП 296.1325800.2017. Здания и сооружения. Особые воздействия (с Изменениями № 1, 2) [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/555600219>
11. СП 385.1325800.2018. Защита зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения. Правила проектирования. Основные положения (с Изменениями № 1, № 2). [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/551394640>
12. СП 413.1325800.2018. Здания и сооружения, подверженные динамическим воздействиям. Правила проектирования. Москва: Стандартиформ; 2019.
13. ISO 13824:2020. Bases for design of structures – General principles on risk assessment of systems involving structures [internet]. Available at: <https://www.iso.org/standard/71005.html>
14. ISO 8930:2021. General principles on reliability for structures — Vocabulary [internet]. Available at: <https://www.iso.org/standard/74452.html>
15. EN 1990:2002+A1 Eurocode – Basis of structural design [internet]. Available at: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1990.2002.pdf>
16. СНиП 10-01-94. Система нормативных документов в строительстве. Основные положения [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/5200307>
17. О техническом регулировании. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ [интернет]. Режим доступа: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/
18. О внесении изменений в постановление Правительства Российской Федерации от 28 мая 2021 г. № 815. Постановление Правительства РФ от 20 мая 2022 г. № 914 [интернет]. Режим доступа: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202205240002>
19. СП 28.13330.2017. Защита строительных конструкций от коррозии (с Изменениями № 1, № 2, № 3). Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85 [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/456069587>
20. СП 59.13330.2020. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения (с изменением № 1). Актуализированная редакция СНиП СНиП 35-01-2001 [интернет]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/573659328>

References

1. Technical Regulations on the safety of Buildings and structures. Federal Law No. 384-FZ of December 30, 2009 [internet]. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_95720/ (in Russian).
2. State Standard 27751-2014. Reliability for constructions and foundations. General principles (with Change No. 1) [internet]. Available at: <https://protect.gost.ru/default.aspx/document.aspx?control=7&baseC=-1&page=0&month=-1&year=-1&search=&RegNum=1&DocOnPageCount=15&id=249345> (in Russian).
3. State Standard R ISO 2394:2016. Building constructions. General principles on reliability (ISO 2394:1998, General principles on reliability for structures, IDT). Moscow: Standartinform; 2016. (In Russian).

4. Town-Planning Code of the Russian Federation No. 190-FZ of December 29, 2004 [internet]. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51040/ (in Russian).
5. On Industrial Safety of Hazardous Production Facilities. Federal Law No. 116-FZ of July 21, 1997 [internet]. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_15234/ (in Russian).
6. On Approval of the List of National Standards and Codes of Rules (Parts of Such Standards and Codes of Rules), as a Result of which Compliance with the Requirements of the Federal Law "Technical Regulations on the Safety of Buildings and Structures" is Mandatory, and on Invalidation of the Government Resolution No. 985 of the Russian Federation dated July 4, 2020. Resolution of the Government of the Russian Federation No. 815 of May 28, 2021 [internet]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202105310010> (in Russian).
7. SP 20.13330.2016. Loads and actions (with Changes No. 1, No. 2, No. 3, No. 4). Updated version of SNiP 2.01.07-85* [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/456044318> (in Russian).
8. SP 131.13330.2020. Building Climatology (with Change No. 1). Updated version of SNiP 23-01-99* [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573659358> (in Russian).
9. State Standard 31937-2011. Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of the technical condition. Moscow: Standartinform; 2016. (In Russian).
10. SP 296.1325800.2017. Buildings and structures. Accidental actions (with Changes No. 1, No. 2) [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/555600219> (in Russian).
11. SP 385.1325800.2018. Protection of buildings and structures against progressive collapse. Design code. Basic statements (with Changes No. 1, No. 2) [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/551394640> (in Russian).
12. SP 413.1325800.2018. The buildings and structures under dynamic actions. Design rules. Moscow: Standartinform; 2016. (In Russian).
13. ISO 13824:2020. Bases for design of structures — General principles on risk assessment of systems involving structures [internet]. Available at: <https://www.iso.org/standard/71005.html>
14. ISO 8930:2021. General principles on reliability for structures — Vocabulary [internet]. Available at: <https://www.iso.org/standard/74452.html>
15. EN 1990:2002+A1 Eurocode – Basis of structural design [internet]. Available at: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2015/12/en.1990.2002.pdf>
16. SNiP 10-01-94. System of normative documents in construction. Basic principles [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/5200307> (in Russian).
17. On Technical Regulation. Federal Law No. 184-FZ of December 27, 2002 [internet]. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_40241/ (in Russian).
18. On Amendments to the Decree of the Government of the Russian Federation of May 28, 2021 No. 815. Decree of the Government of the Russian Federation of May 20, 2022 No. 914 [internet]. Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202205240002> (in Russian).
19. SP 28.13330.2017. Protection against corrosion of construction (with Changes No. 1, No. 2, No. 3). Updated version of SNiP 2.03.11-85 [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/456069587> (in Russian).
20. SP 59.13330.2020. Accessibility of buildings and structures for persons with reduced mobility (with Change No. 1). Updated version of SNiP 35-01-2001 [internet]. Available at: <https://docs.cntd.ru/document/573659328> (in Russian).

Информация об авторах / Information about the authors

Ирина Владимировна Лебедева , канд. техн. наук, заведующий лабораторией надежности сооружений ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: ilebedeva61@gmail.com

тел.: +7 (499) 174-79-98

Irina V. Lebedeva , Cand. Sci. (Engineering), Head of Laboratory of Structural Reliability, TSNIISK named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: ilebedeva61@gmail.com

tel.: +7 (499) 174-79-98

Татьяна Александровна Петрова, эксперт научно-технической продукции, департамент научно-методической деятельности АО «НИЦ «Строительство», Москва

e-mail: petrovata@cstroy.ru

тел.: +7 (916) 553-43-27

Tatiana A. Petrova, Expert of Scientific and Technical Products, Department of Scientific and Methodological Activities, JSC Research Center of Construction, Moscow

e-mail: petrovata@cstroy.ru

tel.: +7 (916) 553-43-27

✉ Автор, ответственный за переписку / Corresponding author