

УДК 624.012.3/4: 519.2

[https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2\(33\)-83-96](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2(33)-83-96)

EDN: FIGQSY

АНАЛИЗ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО ПРОБЛЕМЕ УСТАНОВЛЕНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТНЫХ РАСЧЕТОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

С.А. ЗЕНИН, канд. техн. наук

*Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ)
им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», 2-я Институтская ул., д. 6, к. 5, г. Москва, 109428,
Российская Федерация*

Аннотация

Введение. Обоснованная система управления рисками в строительстве в настоящее время является востребованной как для потребителей, так и для поставщиков строительной продукции. Одно из основных направлений такой системы – вероятностные расчеты несущих конструкций, обеспечивающие необходимый уровень надежности и оптимальность конструктивных решений. При этом переход на риск-ориентированное проектирование, включая оценку рисков и управление ими, подразумевает наличие достаточного количества статистических данных, в том числе методы их установления и построения вероятностных моделей. Данное исследование направлено на изучение проблемы установления данных для выполнения вероятностных расчетов.

Целью исследования, результаты которого приведены в статье, является подготовка предложений по совершенствованию отечественной нормативной базы в части выполнения вероятностных расчетов железобетонных конструкций и установления необходимых данных для этого.

Материалы и методы. Основными задачами работы являлись изучение и анализ российского и зарубежного опыта в области оценки и управления рисками применительно к строительным конструкциям и объектам, в том числе на основе вероятностных расчетов. Для решения этих задач был проведен анализ существующих российских и международных документов. В ходе работы были проанализированы отечественные нормативные правовые акты и документы по стандартизации: своды правил и ГОСТ. Дополнительно были проанализированы отечественные нормативно-технические документы, не вошедшие в перечни норм обязательного и добровольного применения, и иные отраслевые нормативно-технические документы. Выполнен анализ зарубежной нормативно-технической базы, регламентирующей указанную область, в частности по вопросам установления характеристик исходных данных для проведения вероятностных расчетов (нагрузок, материалов и расчетных моделей). В общем случае методика анализа нормативно-технических документов включала в себя детальное изучение документа, анализ его положений, касающихся рассматриваемого вопроса, а также оценку полноты и достаточности положений документа по методам установления характеристик исходных данных для проведения вероятностных расчетов железобетонных конструкций в части нагрузок, материалов и расчетных моделей.

Выводы. По результатам проведенного анализа сформулированы конкретные направления и тематики научно-исследовательских работ, направленных на развитие вероятностных методов расчета железобетонных конструкций. Предложена система нормативных документов, позволяющих реализовать положения оптимального риск-ориентированного проектирования железобетонных конструкций.

Ключевые слова: бетон, железобетон, арматура, нагрузка, модель, вероятностный расчет

Для цитирования: Зенин С.А. Анализ нормативных документов по проблеме установления данных для выполнения вероятностных расчетов железобетонных конструкций. *Вестник НИЦ «Строительство»*. 2022;33(2):83–96. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2\(33\)-83-96](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2(33)-83-96)

Вклад автора

Автор берет на себя ответственность за все аспекты работы над статьей

Финансирование

Финансирование осуществлялось за счет средств государственного бюджета

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Поступила в редакцию 23.04.2022

Поступила после рецензирования 11.05.2022

Принята к публикации 17.05.2022

ANALYSIS OF REGULATORY DOCUMENTS REGARDING DATA COLLECTION FOR PROBABILITY CALCULATIONS OF REINFORCED CONCRETE STRUCTURES

S.A. ZENIN, Cand. Sci. (Engineering)

*Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete (NIIZHB) named after A.A. Gvozdev,
JSC Research Center of Construction, 2nd Institutskaya str., 6, bld. 5, Moscow, 109428, Russian Federation*

Abstract

Introduction. A sustainable system of risk management in construction is in great demand for both consumers and suppliers of construction products. As one of the main elements of such a system, probability calculations of loader-bearing structures provide a necessary level of reliability and optimality of construction solutions. At the same time, the transition towards risk-oriented design, including the assessment and management of risks, implies the presence of sufficient statistic data, along with the methods of data collection and probability modeling. This study is focused on the issues concerned with collecting data for probability calculations.

Aim. To propose suggestions for improving the national regulatory framework as related to probability calculations of reinforced concrete structures and collecting the necessary data.

Materials and methods. The main objectives of the study were to investigate and analyze Russian and foreign experience in the field of risk assessment and management in terms of building structures and facilities based on probability calculations. In order to achieve these objectives, an analysis of existing Russian and international documents was carried out. In the course of the study, national regulatory legal acts and standardization documents including codes of rules and GOSTs were considered. In addition, some national regulatory technical documents, which were not included in the lists of both obligatory and non-obligatory applications, were analyzed, as well as other specialized regulatory technical documents. An analysis of foreign regulatory technical documents was conducted, including those regulating the initial data characteristics to perform probability calculations (loads, materials, and calculation models). In general, the methodology for analyzing regulatory technical documents involved a detailed study of the selected documents, an analysis of their positions concerning the issue under consideration, as well as an assessment of the completeness and sufficiency of the positions of the documents concerning the methods for determining the initial data characteristics for probability calculations of reinforced concrete structures regarding loads, materials and calculation models.

Conclusions. On the basis of the conducted analysis, specific subject areas for research works are formulated focusing on the development of probability calculations of reinforced concrete structures. A system of regulatory documents is proposed enabling an optimal risk-oriented design of reinforced concrete structures to be implemented.

Keywords: concrete, reinforced concrete, reinforcement, load, model, probability calculations

For citation: Zenin S.A. Analysis of regulatory documents regarding data collection for probability calculations of reinforced concrete structures. *Bulletin of Science and Research Center of Construction*. 2022;33(2):83–96. [https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2\(33\)-83-96](https://doi.org/10.37538/2224-9494-2022-2(33)-83-96)

Author contribution statement

The author takes responsibility for all aspects of the work on the article.

Funding

The research was funded by the state budget.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

Received 23.04.2022

Revised 11.05.2022

Accepted 17.05.2022

Переход на риск-ориентированное проектирование, включая оценку и управление рисками, является актуальным направлением как в технике, так и в современной экономике. Данный переход подразумевает наличие достаточного количества статистических данных, включая методы их установления и построения вероятностных моделей. Современная нормативная база в строительстве в нашей стране пока не предлагает механизмов для количественной оценки рисков. При этом существуют международные стандарты (ISO, МАГАТЭ) и руководства, позволяющие прогнозировать и оценивать риски разрушения и нарушения эксплуатационной пригодности строительных конструкций в течение всего жизненного цикла.

Для оценки состояния вопроса нормирования вероятностных расчетов железобетонных конструкций специалистами НИИЖБ им. А. А. Гвоздева выполнен мониторинг существующих российских и международных документов, регламентирующих указанную область, в частности по вопросам установления характеристик исходных данных для проведения вероятностных расчетов (нагрузок, материалов и расчетных моделей).

В качестве основной задачи работы были поставлены изучение и анализ российского и зарубежного опыта в области оценки и управления рисками применительно к строительным конструкциям и объектам, в том числе на основе вероятностных расчетов.

Методика исследования нормативно-технических документов включала в себя мониторинг положений документов, касающихся методов установления характеристик исходных данных для проведения вероятностных расчетов, а также оценку полноты и достаточности положений документа по методам установления характеристик исходных данных для проведения вероятностных расчетов железобетонных конструкций в части нагрузок, материалов и расчетных моделей.

Предполагалось, что результатом работы станут предложения по совершенствованию отечественной нормативной базы, в т. ч. по программе необходимых исследований.

Отечественная нормативно-техническая база

Выполненный анализ показал, что среди отечественных нормативных документов, требования которых обязательны к исполнению, а также среди норм добровольного применения отсутствуют стандарты или своды правил, в которых установлены четкие и детальные требования к методам установления характеристик исходных данных для проведения вероятностных расчетов железобетонных конструкций в части нагрузок, материалов и расчетных моделей.

При этом анализ существующей нормативной базы позволил выявить ряд нормативных документов, содержащих общие положения риск-ориентированного подхода в системе управления качеством, а также в ряде случаев основные положения по вероятностным расчетам. Данные документы являются переводами соответствующих стандартов международной системы качества ISO. В общем случае стандарты не имеют прямого отношения к проектированию строительных конструкций и направлены непосредственно на повышение качества товаров и услуг, однако в них имеются предпосылки для развития положений теории рисков и вероятностных расчетов применительно к строительным конструкциям, зданиям и сооружениям, которые могут быть полезны.

Среди указанных стандартов отдельно следует отметить ГОСТ Р ИСО 2394-2016 [2]. Как показал анализ, данный стандарт является достаточно общим в части обеспечения требуемой надежности строительных конструкций, в целом его можно назвать аналогом действующего в настоящее время на территории РФ ГОСТ 27751 [1]. При этом данный стандарт в отличие от ГОСТ 27751 [1] содержит как общие, так и детальные положения по выполнению вероятностных расчетов и предпосылки для его выполнения. Стандарт содержит основные положения для оценки надежности строительных конструкций, включая методы установления характеристик исходных данных для проведения вероятностных расчетов конструкций в части нагрузок, материалов и расчетных моделей.

При этом практическое применение общих правил вышеуказанного стандарта при различных типах строительных материалов (в частности, железобетона) требует специальной проработки и адаптации для обеспечения уровня надежности, который будет наиболее согласованным с требованиями нормативных документов по проектированию бетонных и железобетонных конструкций.

Представляется, что положения рассмотренных стандартов ГОСТ Р ISO могут быть использованы в качестве базы для вероятностных методов расчета железобетонных конструкций на основе риск-ориентированного подхода. Одним из важных факторов вероятностного расчета конструкций на основе риск-ориентированного подхода является получение и анализ статистических данных. Данный фактор оказывает прямое влияние на корректность построения моделей, оценки прочностных характеристик материалов и оценку воздействий на конструкции.

Отдельного внимания заслуживают документы из области статистического контроля качества для различных материалов. В строительной сфере можно выделить следующие документы, регламентирующие процедуры обеспечения качества и разграничения соответствующих рисков: ГОСТ 20522 [4], ГОСТ 18105 [5], ГОСТ 34028 [6], ОСТ 14-34-78 [7], ГОСТ 33080 [8]. Указанная группа документов имеет прямое отношение к регулированию рисков строительной продукции и разработке стандартов, отвечающих за принятие решений о ее качестве.

По результатам анализа этих документов можно отметить, что профильные строительные стандарты в области оценки качества и характеристик материалов не имеют прямых ссылок на общепромышленные стандарты статистического контроля качества. При этом в них отмечены схожие подходы, отличающиеся при оценке ключевых характеристик материалов в зависимости от вида (грунт, бетон, сталь, древесина, камень). Детализация методик статистических принципов оценки в документах различная: наиболее проработанными представляются стандарты для грунтов (методы, приближенные к общепромышленным стандартам статистического контроля), менее проработаны стандарты для каменных конструкций (нормирование по маркам).

Однако подход является общим, при котором остается неизвестной фактическая надежность железобетонных элементов и железобетонной конструктивной системы в целом. Представляется целесообразным в развитии отечественных методов расчета выполнить переход на полный вероятностный расчет железобетонных конструкций. Указанные выше документы могут быть полезны при выполнении такого перехода.

Выполненный анализ смежных отечественных нормативных документов показал, что детальных положений, указаний или требований по выполнению вероятностных расчетов железобетонных конструкций или конструктивной системы сооружений в целом, включая методы установления характеристик исходных данных для проведения вероятностных расчетов конструкций в части нагрузок, материалов и расчетных моделей, в документах не содержится.

Методики профильных СП по расчету конструкций из различных видов материалов опираются на полувариантную систему оценки надежности, включающую нормативные характеристики нагрузок и материалов, учитывающие их изменчивость, и детерминированные коэффициенты надежности, установленные из практических соображений.

Отдельно следует отметить СП 366.1325800.2017 [3], касающийся промышленных трубопроводов, в котором достаточно детально описана процедура оценки рисков применительно к промышленным трубопроводам. Положения СП в целом согласуются с общей системой риск-ориентированного проектирования, заложенного в системе ГОСТ Р ИСО 31000 и ГОСТ Р ИСО 9001. Это свидетельствует о том, что в смежных документах наблюдается тенденция к переходу на риск-ориентированное проектирование.

Зарубежная нормативно-техническая база

Среди международных стандартов следует выделить системы стандартов двух международных организаций по стандартизации: ИСО (Международная организация по стандартизации) и МЭК (Международная электротехническая комиссия).

В табл. 1 приведен перечень действующих стандартов ИСО в области надежности, рисков и механической безопасности, разработанных комитетом 98 ИСО «Основы расчета и проектирования конструкций» и имеющих прямое отношение к строительным конструкциям, а также выполнен анализ на соответствие отечественных стандартов и норм положениям указанных стандартов ИСО.

Как видно из результатов анализа, в отличие от отечественной нормативной базы ряд требований международных стандартов по проектированию приведен в стандартах, тогда как в РФ нормативные положения закреплены преимущественно в виде сводов правил.

Стандарты в отечественной нормативной базе предназначены в первую очередь для производителей какой-либо продукции.

Анализ стандартов Международной электротехнической комиссии (МЭК) показал, что они по вопросу рисков имеют в общем случае техническую направленность и касаются рисков в технике. При этом представляется, что данные стандарты также будут полезны для более детального анализа и поиска подобных или аналогичных решений для оценки рисков в зданиях и их конструкциях.

В настоящее время в Европе действует общая европейская система стандартов и норм, именуемая EN. В общем случае европейские нормы базируются на международной системе стандартов ISO, рассмотренной выше. Для строительных конструкций еврономы представлены системой нормативных документов – Еврокодов, имеющих маркировки EN 1990 – EN 1999. На сегодня комплект Еврокодов включает десять стандартов, каждый из которых в свою очередь делится на части. Общее количество частей в настоящее время составляет 58.

Основным документом системы евроном является Еврокод EN 1990 [9], в котором приведены общие принципы и понятия обеспечения надежности строительных конструкций в области конструктивной безопасности. Также в нем установлены основные положения по проектированию несущих конструкций. Как показал анализ текста норм, в них сохранена соподчиненность международным стандартам, в т. ч. в области надежности. В частности, имеются прямые ссылки на стандарты ISO 2394 [10], ISO 3898 [11], ISO 8930 [12]. В этом случае очевидно, что базовыми документами, определяющими концепцию надежности и рисков в области несущих конструкций в европейской системе нормативных документов, являются международные стандарты системы ISO. Еврокод EN 1990 [9] определяет основные принципы и требования по назначению коэффициентов надежности, сочетанию условий, определяет принципы пригодности к использованию и долговечности несущих конструкций. Можно сказать, что EN 1990 [9] разработан в развитие требований международных стандартов системы ISO.

Выполненный анализ позволяет заключить, что система Еврокодов достаточно гибкая и предусматривает механизмы учета требуемой надежности конструкций с точки зрения качества их изготовления. При этом конкретных методик проведения непосредственно вероятностных расчетов, в т. ч. в части методов установления характеристик исходных данных для проведения вероятностных расчетов конструкций в части нагрузок, материалов и расчетных моделей документы Еврокод не содержат. Однако само наличие возможности дифференцировано подходить к оценке надежности строительных конструкций, тем самым применяя базовые принципы риск-ориентированного проектирования, выгодно отличает европейские нормы от отечественных.

Сравнительный анализ европейской и российской нормативной системы показал, что в российской системе нормативных документов принята более дифференцированная система частных коэффициентов, которая позволяет учесть в проверках более разнообразные условия и обеспечить достаточную надежность конструкций и зданий. При этом в российской системе нормативных документов не регламентированы показатели надежности конструкций или зданий в виде получения ее конкретных вероятностных оценок (например, индекс надежности β). Это усложняет применение в отечественной практике вероятностных методов расчета и дальнейшего развития метода частных коэффициентов. Отдельно следует отметить,

Таблица 1

Действующие стандарты ИСО, разработанные ТК 98, и их соответствие отечественным нормам и стандартам

Table 1

Current ISO standards developed by TC 98 and their compliance with national regulations and standards

Группа	Обозначение стандарта	Оригинальное наименование стандарта	Комитет ИСО, ответственный за разработку	Российский аналог стандарта	Степень соответствия	Примечание
Terminology and symbols	ISO 3898:2013	Bases for design of structures – Names and symbols of physical quantities and generic quantities	ISO/TC 98/SC 1	ГОСТ Р ИСО 3898-2016 Основы проектирования строительных конструкций. Наименования и обозначения физических величин (ИДТ)	IDT	
Terminology and symbols	ISO 8930:2021	General principles on reliability for structures – Vocabulary	ISO/TC 98/SC 1	ГОСТ Р ИСО 8930-2016 Надежность строительных конструкций. Термины и определения	IDT	Соответствует предыдущему стандарту ISO 8930:2016
Reliability of structures	ISO 2394:2015	General principles on reliability for structures	ISO/TC 98/SC 2	ГОСТ Р ИСО 2394-2016 Конструкции строительных. Основные принципы надежности	IDT	
Reliability of structures	ISO/PRF TR 4553	Deformations and displacements of buildings and building elements at serviceability limit states	ISO/TC 98/SC 2	Нет прямого аналога стандарта. Требования нормированы в СП 20.13330		Деформации и перемещения зданий и элементов для предельных состояний второй группы
Reliability of structures	ISO 10137:2007	Bases for design of structures – Serviceability of buildings and walkways against vibrations	ISO/TC 98/SC 2	ГОСТ Р ИСО 10137-2016 Основы расчета строительных конструкций. Эксплуатационная надежность зданий в условиях воздействия вибрации	IDT	
Reliability of structures	ISO 12491:1997	Statistical methods for quality control of building materials and components	ISO/TC 98/SC 2	ГОСТ Р ИСО 12491-2011 Материалы и изделия строительные. Статистические методы контроля качества	IDT	
Reliability of structures	ISO 13822:2010	Bases for design of structures – Assessment of existing structures	ISO/TC 98/SC 2	ГОСТ Р ИСО 13822 (проект, первая редакция – 2017год). Основы проектирования конструкций. Оценка существующих конструкций	IDT	

Продолжение табл. 1
Continuation of the table 1

Группа	Обозначение стандарта	Оригинальное наименование стандарта	Комитет ИСО, ответственный за разработку	Российский аналог стандарта	Степень соответствия	Примечание
Reliability of structures	ISO 13823:2008	General principles on the design of structures for durability	ISO/TC 98/SC 2	Нет прямого аналога стандарта		Общие принципы проектирования строительных конструкций с учетом долговечности
Reliability of structures	ISO 13824:2020	Bases for design of structures – General principles on risk assessment of systems involving structures	ISO/TC 98/SC 2	ГОСТ Р ИСО 13824-2013 Практические аспекты менеджмента риска. Общие принципы оценки риска систем, включающих строительные конструкции	IDT	Соответствует предыдущему стандарту ISO 13824:2009
Reliability of structures	ISO 22111:2019	Bases for design of structures – General requirements	ISO/TC 98/SC 2	Нет прямого аналога стандарта Ближайший аналог ГОСТ 27751		Основы проектирования строительных конструкций. Общие требования
Reliability of structures	ISO/DIS 23618	Bases for design of structures – General principles on seismically isolated structures	ISO/TC 98/SC 2	Нет прямого аналога стандарта. Требования нормированы в СП 14.13330		Основы проектирования строительных конструкций. Общие принципы сейсмически изолированных конструкций
Loads, forces and other actions	ISO 2103:1986	Loads due to use and occupancy in residential and public buildings	ISO/TC 98/SC 3	Нет прямого аналога стандарта. Требования нормированы в СП 20.13330		Нагрузки в жилых и общественных зданиях
Loads, forces and other actions	ISO 2633:1974	Determination of imposed floor loads in production buildings and warehouses	ISO/TC 98/SC 3	Нет прямого аналога стандарта. Требования нормированы в СП 20.13330		Нагрузки в производственных зданиях и складах
Loads, forces and other actions	ISO 3010:2017	Bases for design of structures – Seismic actions on structures	ISO/TC 98/SC 3/WG 9	Нет прямого аналога стандарта. Требования нормированы в СП 14.13330		Сейсмические воздействия на конструкции

Продолжение табл. 1
Continuation of the table 1

Группа	Обозначение стандарта	Оригинальное наименование стандарта	Комитет ИСО, ответственный за разработку	Российский аналог стандарта	Степень соответствия	Примечание
Loads, forces and other actions	ISO 4354:2009	Wind actions on structures	ISO/TC 98/SC 3	Нет прямого аналога стандарта. Требования нормированы в СП 20.13330. Есть аналог ГОСТ Р 56728-2015 Методика определения ветровых нагрузок на ограждающие конструкции		Ветровые воздействия на конструкции
Loads, forces and other actions	ISO 4355:2013	Bases for design of structures – Determination of snow loads on roofs	ISO/TC 98/SC 3	ГОСТ Р ИСО 4355-2016 Определение снеговых нагрузок на покрытия. Требования нормированы в СП 20.13330	IDT	
Loads, forces and other actions	ISO 9194:1987	Bases for design of structures – Actions due to the self-weight of structures, non-structural elements and stored materials – Density	ISO/TC 98/SC 3	Нет прямого аналога стандарта. Требования нормированы в СП 20.13330		Воздействия от собственного веса, неконструктивных элементов и хранения материалов
Loads, forces and other actions	ISO 10252:2020	Bases for design of structures – Accidental actions	ISO/TC 98/SC 3	Нет прямого аналога стандарта. Требования нормированы в СП 296.1325800		Основы проектирования строительных конструкций. Аварийные воздействия
Loads, forces and other actions	ISO 11697:1995	Bases for design of structures – Loads due to bulk materials	ISO/TC 98/SC 3	Нет прямого аналога стандарта. Требования нормированы в СП 20.13330		Нагрузки от сыпучих материалов
Loads, forces and other actions	ISO 12494:2017	Atmospheric icing of structures	ISO/TC 98/SC 3	ГОСТ Р ИСО 12494-2016 Основы проектирования строительных конструкций. Определение гололедных нагрузок, также требования нормированы в СП 20.13330	IDT	
Loads, forces and other actions	ISO/TR 12930:2014	Seismic design examples based on ISO 23469	ISO/TC 98/SC 3	Нет прямого аналога стандарта		Примеры сейсмических расчетов по ISO 23469

Продолжение табл. 1
Continuation of the table 1

Группа	Обозначение стандарта	Оригинальное наименование стандарта	Комитет ИСО, ответственный за разработку	Российский аналог стандарта	Степень соответствия	Примечание
Loads, forces and other actions	ISO 13033:2013	Bases for design of structures – Loads, forces and other actions – Seismic actions on nonstructural components for building applications	ISO/TC 98/SC 3	Нет прямого аналога стандарта. Требования нормированы в СП 14.13330		Сейсмические воздействия на несущие элементы
Loads, forces and other actions	ISO 21650:2007	Actions from waves and currents on coastal structures	ISO/TC 98/SC 3	Нет прямого аналога стандарта. Требования нормированы в СП 38.13330		Воздействия от волн на прибрежные конструкции
Loads, forces and other actions	ISO 23469:2005	Bases for design of structures – Seismic actions for designing geotechnical works	ISO/TC 98/SC 3	Нет прямого аналога стандарта. Требования нормированы в СП 14.13330		Сейсмические воздействия для геотехнических работ

Примечание: IDT – идентичный стандарт
Note: IDT – identical standard

что для более точного и достоверного определения уровня надежности (вероятности отказа, индекса надежности) необходимо уточнять вероятностные модели базисных переменных.

Отдельно следует отметить обобщающий документ по расчету железобетонных конструкций Model Code 2010, выпущенный международной федерацией бетона fib в соответствующих бюллетенях [13, 14]. Он включает разделение методов расчета на уровни их точности. Самый нижний уровень – упрощенные методы оценки и расчетов, самый верхний – вероятностные расчеты. По представлению разработчиков Model Code 2010, для решения практических инженерных задач методы расчета нижних уровней будут востребованными, с чем можно согласиться. При этом развитие методов вероятностного расчета найдет отражение в развивающихся принципах проектирования с учетом жизненного цикла и для оценки остаточного ресурса строительных конструкций.

В документе Model Code 2010 [13, 14] предусмотрен специальный раздел по нормированию основ вероятностного расчета и обеспечения надежности. В частности, указано, что выбор целевого уровня надежности при проектировании должен учитывать возможные последствия отказов в плане рисков жизни, потенциальные экономические потери и влияние последствий отказов. Выбор целевого уровня надежности также учитывает объем расходов и усилий, необходимых для снижения рисков отказа. Из-за больших различий в результатах следует уделять должное внимание дифференциации уровня надежности. Выделяют также понятие надежности конструкций, которые проектируются, а также уже возведенные.

Документом предполагается анализировать меры по снижению рисков для каждого конкретного случая. Указано, что максимальная допустимая вероятность отказа зависит от типа предельного состояния и рассматриваемых последствий отказа. Введены также рекомендуемые целевые показатели надежности для конструкций, нормированы значения индекса надежности β .

В процессе выполнения мониторинга нормативно-технической базы не удалось установить какой-либо системной нормативной базы в США в части документов по оценке рисков либо связанных с обеспечением необходимой механической безопасности строительных конструкций, а также по проведению вероятностных расчетов строительных конструкций. При этом заметно возрастает количество публикаций американских исследователей, посвященных тематике оценки рисков при проектировании и строительстве с применением американских норм.

В целом по результатам анализа можно отметить, что европейская система нормативных и поддерживающих ее научно-технических документов является достаточно проработанной и подготовленной для перехода на риск-ориентированное проектирование и вероятностные расчеты с прямой оценкой надежности.

Часть проанализированных международных стандартов имеет соответствующие аналоги в российской системе стандартизации. Представляется полезным учесть положения приведенных стандартов системы ISO, а также иных стандартов системы МЭК для разработки соответствующих нормативных положений и документов в строительстве в виде установления аналогичных требований или их адаптации к российским условиям.

В общем случае для этого представляется необходимым выполнение ряда научно-исследовательских работ по детальной оценке возможности применения положений указанных стандартов, приведенных в них методов определения надежности и оценки риска непосредственно к строительным конструкциям, зданиям и сооружениям, находящимся на территории

нашей страны. Также следует учитывать, что большая часть положений вышеуказанных стандартов носит общий и теоретический характер, что требует соответствующей проверки предлагаемых в стандартах подходов, в т. ч. на основе большого количества статистических данных.

Выводы

По результатам выполненной работы можно сформулировать следующие предложения:

Рекомендуется для конкретного практического применения вероятностных расчетов выполнение комплекса научно-исследовательских работ, затрагивающих вопросы:

- детального анализа наиболее продвинутых по вопросам риск-ориентированного подхода зарубежных стандартов системы ISO, JCSS в части возможности применения методик и подходов по выполнению вероятностных расчетов в нашей стране с учетом требований отечественной нормативной базы;
- методологии оценки рисков и их критериев для конкретных видов конструкций и конструктивных систем из железобетона;
- методов сбора и анализа статистических данных (комплекс базовых переменных), достаточных в объеме, достоверных и необходимых для проведения вероятностных расчетов конструкций из железобетона;
- разработки вероятностных моделей свойств железобетона;
- разработки вероятностных моделей воздействий;
- разработки вероятностных расчетных моделей;
- общей методологии выполнения вероятностных расчетов железобетонных конструкций;
- верификации расчетов железобетонных конструкций на основе риск-ориентированного подхода и на основе применяемого в настоящее время полув вероятностного метода с установлением критериев применимости.

Вышеуказанные направления следует рассматривать для условий обычной эксплуатации (массовые конструкции, здания и сооружения), а также на различные экстремальные воздействия (здания повышенного уровня ответственности, здания в сейсмических районах, специфические сооружения).

На основе результатов проведенных научно-исследовательских работ по вышеуказанным вопросам представится возможным разработать отдельную систему сводов правил и развивающих пособий к ним, касающуюся оптимального риск-ориентированного проектирования железобетонных конструкций. Состав этих документов и их тематика должна быть согласована со специалистами соответствующих научно-технических, проектных и экспертных организаций.

В качестве предварительных проектов можно рекомендовать следующие своды правил:

- СП «Бетонные и железобетонные конструкции. Правила расчета надежности»;
- СП «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения по вероятностным расчетам»;
- СП «Бетонные и железобетонные конструкции. Правила проектирования с учетом оценки рисков».

Для выполнения указанного выше комплекса работ, а также к разработке соответствующего пакета нормативных документов необходимо привлекать соответствующих

специалистов и экспертов в области надежности сооружений. При этом необходимо отметить, что исследовательские работы по вопросу выполнения вероятностных расчетов и расчетов надежности с учетом своей актуальности следует выполнять и в более долгосрочной перспективе.

Список литературы

1. ГОСТ 27751-2014 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения. Москва: Стандартинформ; 2015.
2. ГОСТ Р ИСО 2394-2016 Конструкции строительные. Основные принципы надежности. Москва: Стандартинформ; 2016.
3. СП 366.1325800.2017 Промысловые трубопроводы. Оценка технических решений на основе анализа риска. Москва: Стандартинформ; 2018.
4. ГОСТ 20522-2012 Грунты. Методы статистической обработки результатов испытаний. Москва: Стандартинформ; 2013.
5. ГОСТ 18105-2010 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. Москва: Стандартинформ; 2012.
6. ГОСТ 34028-2016 Прокат арматурный для железобетонных конструкций. Технические условия. Москва: Стандартинформ; 2019.
7. ОСТ 14-34-78 Отраслевая система управления качеством черной металлургии. Статический контроль качества металлопроката по корреляционной связи между параметрами. Москва: Министерство чёрной металлургии СССР; 1978.
8. ГОСТ 33080-2014 Конструкции деревянные. Классы прочности конструкционных пиломатериалов и методы их определения. Москва: Стандартинформ; 2015.
9. EN 1990:2002/A1:2005 Eurocode – Basis of structural design. Brussels: European Committee for Standardization; 2005.
10. ISO 2394:2015 General principles on reliability for structures. Geneva: International Organization of Standards; 2015.
11. ISO 3898:2013 Bases for design of structures – Names and symbols of physical quantities and generic quantities. Geneva: International Organization of Standards; 2013.
12. ISO 8930:1987 General principles on reliability for structures – List of equivalent terms. Geneva: International Organization of Standards; 1987.
13. The International Federation for Structural Concrete. Model Code 2010 – Final draft. Vol. 1. fib Bulletin N° 65. Ernst & Sohn; March 2012. <https://doi.org/10.35789/fib.bull.0065>
14. The International Federation for Structural Concrete. Model Code 2010 – Final draft. Vol. 2. Fib Bulletin N° 66. Ernst & Sohn; March 2012. <https://doi.org/10.35789/fib.BULL.0066>

References

1. State Standard 27751-2014 Reliability of building structures and foundations. Basic provisions and requirements. Moscow: Standartinform Publ.; 2015 (in Russian).
2. State Standard R ISO 2394-2016 Construction structures. Basic principles of reliability. Moscow: Standartinform Publ.; 2016 (in Russian).
3. SP 366.1325800.2017 Field pipelines. Assessment of technical solutions based on risk analysis. Moscow: Standartinform Publ.; 2018 (in Russian).
4. State Standard 20522-2012 Soils. Methods of statistical processing of test results. Moscow: Standartinform Publ.; 2013 (in Russian).
5. State Standard 18105-2010 Concrete. Rules for strength control and evaluation. Moscow: Standartinform Publ.; 2012 (in Russian).
6. State Standard 34028-2016 Rolled reinforcement for reinforced concrete structures. Technical conditions. Moscow: Standartinform Publ.; 2019 (in Russian).

7. OST 14-34-78 Branch quality management system of ferrous metallurgy. Static quality control of rolled metal by correlation between parameters. Moscow: Ministry of Ferrous Metallurgy of the USSR; 1978 (in Russian).
8. State Standard 33080-2014 Wooden structures. Strength classes of structural lumber and methods of their determination. Moscow: Standartinform Publ.; 2015 (in Russian).
9. EN 1990:2002/A1:2005 Eurocode – Basis of structural design. Brussels: European Committee for Standardization; 2005.
10. ISO 2394:2015 General principles on reliability for structures. Geneva: International Organization of Standards; 2015.
11. ISO 3898:2013 Bases for design of structures – Names and symbols of physical quantities and generic quantities. Geneva: International Organization of Standards; 2013.
12. ISO 8930:1987 General principles on reliability for structures – List of equivalent terms. Geneva: International Organization of Standards; 1987.
13. The International Federation for Structural Concrete. Model Code 2010 – Final draft. Vol. 1. fib Bulletin N° 65. Ernst & Sohn; March 2012. <https://doi.org/10.35789/fib.bull.0065>
14. The International Federation for Structural Concrete. Model Code 2010 – Final draft. Vol. 2. Fib Bulletin N° 66. Ernst & Sohn; March 2012. <https://doi.org/10.35789/fib.BULL.0066>

Информация об авторе / Information about the author

Сергей Алексеевич Зенин, канд. техн. наук, заведующий лабораторией железобетонных конструкций и конструктивных систем НИИЖБ им. А.А. Гвоздева АО «НИЦ «Строительство», Москва
e-mail: lab01@mail.ru
тел.: +7 (499) 174-75-17

Sergey A. Zenin, Cand. Sci. (Engineering), Head of the Laboratory of the Theory of Reinforced Concrete Structures and Constructive Systems of NIIZHB named after A.A. Gvozdev, JSC Research Center of Construction, Moscow
e-mail: lab01@mail.ru
tel.: +7 (499) 174-75-17