

Academia. Архитектура и строительство, № 4, стр. 152–159.
Academia. Architecture and Construction, no. 4, pp. 152–159.

Исследования и теория
Научная статья
УДК 69.07

doi: 10.22337/2077-9038-2022-4-152-159

Трекин Николай Николаевич (Москва). Доктор технических наук. Кафедра железобетонных и каменных конструкций Национального исследовательского Московского государственного строительного университета (Россия, 129337, Москва, Ярославское шоссе, 26. НИУ МГСУ). Эл. почта: nik-trekin@yandex.ru

Кодыш Эмиль Наумович (Москва). Доктор технических наук, профессор. Центральный научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт промышленных зданий и сооружений (127238, Москва, Дмитровское шоссе, 46, корп. 2. ЦНИИПромзданий). Эл. почта: otk@yandex.ru.

Терехов Иван Александрович (Москва). Кандидат технических наук. Кафедра строительных конструкций, зданий и сооружений Российского университета транспорта (МИИТ) (Россия, 127994, Москва, ул. Образцова, 9). Эл. почта: terekhov-i@mail.ru.

Шмаков Сергей Дмитриевич (Москва). Кафедра строительных конструкций, зданий и сооружений Российского университета транспорта (МИИТ) (Россия, 127994, Москва, ул. Образцова, 9). Эл. почта: sergey3456789@gmail.com.

Щедрин Олег Сергеевич (Москва). Отдел конструктивной надёжности и безопасности объектов Главного управления государственной экспертизы (Россия, 119049, Москва, ул. Большая Якиманка, д. 42, стр. 1–2. Главгосэкспертиза России). Эл. почта: oshedrin@mail.ru.

Nikolay N. Trekin (Moscow). Doctor of Sciences in Engineering. The Department of Reinforced Concrete and Masonry Structures of the National Research Moscow State University of Civil Engineering (Russia, 129337, 26, Yaroslavskoye Shosse, Moscow, Russia. NRU MGSU). E-mail: nik-trekin@yandex.ru.

Kodysh Emil' N. (Moscow). Doctor of Sciences in Engineering, Professor. Central Research and Design and Experimental Institute of Industrial Buildings and Structures (127238, Moscow, Dmitrovskoe highway, 46, building 2. TsNIIPromzdaniy). E-mail: otk@yandex.ru.

Ivan A. Terekhov (Moscow). Candidate of Sciences in Engineering. The Department of Building Structures, Buildings and Structures of the Russian University of Transport (MIIT) [9, Obraztsova St, Moscow 127994, Russia. RUT (MIIT)]. Эл. почта: terekhov-i@mail.ru.

Sergei D. Shmakov (Moscow). The Department of Building Structures, Buildings and Structures of the Russian University of Transport (MIIT) [9, Obraztsova St, Moscow 127994, Russia. RUT (MIIT)]. E-mail: sergey3456789@gmail.com.

Oleg S. Shchedrin (Moscow). The Department of Structural Reliability and Safety of Objects of the Main Department of State Expertise (42, b. 1-2, Bolshaya Yakimanka St, Moscow, 119049, Russia. Glavgosexpertiza of Russia). E-mail: oshedrin@mail.ru.

Методика определения эксплуатационной безопасности зданий и их конструкций

Аннотация. В данной статье предлагается к рассмотрению методика оценки эксплуатационной безопасности зданий и их конструкций, устраняющая некоторые недостатки существующих методик расчёта остаточного ресурса по физическому

износу (повреждённости) строительных конструкций по результатам визуального обследования.

Основу методики составляет зависимость допустимого срока безопасной эксплуатации от процента сниженной несущей способности. Предлагаемая методика состоит из двух этапов.

© Трекин Н.Н., Кодыш Э.Н., Терехов И.А., Шмаков С.Д., Щедрин О.С., 2022.

На первом этапе определяют допускаемые сроки эксплуатации между обследованиями зданий в зависимости от категории технического состояния отдельных конструкций. В методике учтено, что разнообразные по типу дефекты, каждый из которых по своему размеру может характеризовать ограниченно-работоспособное состояние, могут оказать суммарное более негативное воздействие на конструкцию и в конкретный период времени ухудшить её техническое состояние, например, вызвать переход из ограниченно-работоспособного состояния в аварийное.

Второй этап методики включает определение ориентировочных сроков до проведения капитального ремонта зданий. При назначении величин значимости конструкций был принят дифференцированный подход в зависимости от конструктивной системы здания, учитывающий требование по обеспечению безотказной работы объекта строительства.

Ключевые слова: эксплуатационная безопасность, допустимый срок эксплуатации, здание, обследование, дефект, категория технического состояния

Methodology for Determining the Operational Safety of Buildings and Their Structures

Abstract. This article proposes for consideration a methodology for assessing the operational safety of buildings and their structures, which eliminates some of the shortcomings of existing methods for calculating the residual resource for physical wear (damage) of building structures based on the results of a visual inspection.

The basis of the methodology is the dependence of the allowable period of safe operation on the percentage of reduced bearing capacity. The proposed methodology consists of two stages.

At the first stage, the permissible service life between inspections of buildings is determined, depending on the category of the technical condition of individual structures. The methodology takes into account that defects of various types, each of which by its size can characterize a limited operable state, can have a total more negative impact on the structure and aggravate its technical condition in a specific period of time, for example, cause a transition from a limited operable state in emergency.

The second stage of the methodology includes the determination of approximate terms before the overhaul of buildings. When assigning values of the significance of structures, a differentiated approach was adopted depending on the structural system of the building, taking into account the requirement to ensure the failure-free operation of the construction object.

Keywords: operational safety, allowable service life, building, inspection, defect, category of technical condition

Введение

В работах [1; 2] представлена довольно распространённая методика расчёта остаточного ресурса по физическому износу (повреждённости) строительных конструкций, в которой изменение несущей способности описывается экспоненциальным законом.

В качестве исходных данных для приближённой оценки остаточного ресурса несущих конструкций используют результаты визуального обследования [3], выполняемого согласно ГОСТ 31937-2011 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния».

Методика [2], разработанная ЦНИИПромзданий, оценивает эксплуатационную безопасность здания по средней повреждённости всех конструкций здания или сооружения. Это может приводить к неточностям оценки эксплуатационной безопасности. В частности, несмотря на то, что методика допускает дифференциацию типа несущих конструкций посредством учёта коэффициента значимости, такой подход может допускать возможность дальнейшей эксплуатации здания, в котором, к примеру, две соседние колонны будут в аварийном состоянии, а все остальные конструкции – в работоспособном. Общая оценка повреждённости для такого здания может с большим запасом показать, что здание ещё может эксплуатироваться, однако на практике может произойти обрушение.

В методике [2], а также актуализированном в 2018 году подходе, приведённом в [4], показатели износа увеличиваются со снижением эксплуатационной безопасности конструкций и с течением времени. Однако тогда математически получается, что остаточный ресурс возрастает при увеличении возраста здания. Парадокс такого подхода заключается в том, что из двух зданий, при прочих равных условиях, остаточный ресурс будет больше у того здания, которое раньше построено.

Перечисленные методики [2; 4] оценивают техническое состояние конструкций по одному дефекту, не учитывая в необходимых случаях суммарное отрицательное влияние дефектов, расположенных рядом друг с другом. Такой подход может завысить фактическую несущую способность, что может привести к негативным последствиям.

В данной статье предлагается к рассмотрению методика оценки эксплуатационной безопасности зданий и их конструкций, устраняющая некоторые недостатки методик [2; 4], включающая определение по результатам визуального обследования:

- допускаемых сроков эксплуатации между обследованиями зданий в зависимости от категории технического состояния отдельных конструкций при учёте суммарного влияния дефектов, возникших на одной конструкции;
- ориентировочных сроков до проведения капитального ремонта зданий.

Однако, если результатов визуального обследования для решения поставленных задач недостаточно, то необходимо

проводить детальное (инструментальное) обследование и определять расчётом фактическую несущую способность конструкций со всеми имеющимися дефектами.

Предпосылки к определению предельно допустимого срока эксплуатации между обследованиями

Экспериментальных данных о работе железобетонных конструкций на стадии близкой к границам первого и второго предельных состояний и за их пределами в настоящее время довольно мало. Исследователи в проводимых экспериментах на железобетонных конструкциях – изгибаемых и внецентренно-сжатых – в большинстве случаев изучали восходящий участок силового сопротивления конструкции. Это оправдано для установления критериев проектирования зданий и сооружений на эксплуатационные нагрузки. В связи с разбросом значений физико-механических характеристик материалов, действующих нагрузок, условий эксплуатации и т.д. эти параметры для проектирования принимаются с учётом вероятностного разброса и требуемой обеспеченности. Поэтому фактическая несущая способность конструкций в абсолютном большинстве случаев выше расчётного значения.

В работах [5–8] приведено сравнение экспериментальных данных, описывающих работу конструкций, в том числе в особом предельном состоянии, с теоретическими, полученными на базе расчётов, выполненных по нормативным документам. Результаты сравнения показали, что в железобетонных конструкциях имеются резервы по прочности до 30%, а по деформативности – до 50 %.

Расчётное обоснование критериев оценки технического состояния строительных конструкций основано на исследовании влияния дефекта на процесс снижения несущей способности. В результате расчётов можно получить зависимость процента сниженной несущей способности от параметра дефекта.

Проценты сниженной несущей способности при установлении границ перехода строительных конструкций с дефектами из работоспособного состояния в ограниченно-работоспособное и из ограниченно-работоспособного в аварийное были приняты с учётом резерва несущей способности (табл. 1).

Учёт совместного влияния дефектов, возникших на одной конструкции

Разнообразные по типу дефекты, каждый из которых по своему размеру может характеризовать ограниченно-работоспособное состояние, могут оказать суммарно более

негативное воздействие на конструкцию и в конкретный период времени ухудшить её техническое состояние, например, вызвать переход из ограниченно-работоспособного состояния в аварийное.

Следует учесть, что в период эксплуатации накопленные дефекты конструкций могут развиваться как по количеству, так и в своих размерах [10–13]. При этом разные типы дефектов могут оказывать негативное влияние на ускоренный рост соседних дефектов, способствуя увеличению прежде всего их размеров до критического значения. Этот фактор совместного влияния дефектов также способствует переходу конструкций в худшее техническое состояние.

Дефекты по степени их влияния на строительные конструкции можно разделить на:

- снижающие несущую способность;
- являющиеся следствием (признаком) снижения несущей способности.

Дефекты, снижающие несущую способность, и дефекты, являющиеся следствием (признаком) снижения несущей способности, предлагается не суммировать. Например, деформации изгибаемого элемента, вызывающие образование и раскрытие нормальных/наклонных трещин, не суммируются.

Дефекты, снижающие несущую способность, должны быть просуммированы. Например, влияние трещин от коррозии арматуры и механических повреждений в сжатой зоне плит должно суммироваться.

Для суммирования влияния дефектов при проведении оценки технического состояния строительных конструкций рекомендуется использовать матрицы взаимодействия дефектов.

Матрицы взаимодействия дефектов составляются для наиболее часто встречающихся дефектов строительных конструкций и сгруппированы по отдельным видам конструкций. Пример матрицы взаимодействия дефектов железобетонных плит приведён в статье [9].

Определение влияния каждого дефекта, значения которого соответствуют критериям ограниченно-работоспособного состояния, но не превышают критерии аварийного состояния, при расчёте итогового процента сниженной несущей способности выполняют по линейной интерполяции. Данное упрощение принято на основании анализа графиков зависимостей процента сниженной несущей способности от параметров дефектов, которые на исследуемом промежутке значений указанных коэффициентов имеют вид близкий к прямой.

Суммирование влияния дефектов предлагается производить с учётом матриц взаимодействия. Если суммарное значе-

Таблица 1. Процент сниженной несущей способности

	Категория технического состояния		
	работоспособное	ограниченно-работоспособное	аварийное
Процент сниженной несущей способности	90–100%	75–90%	< 75%

Обоснование подобного подхода приведено в статье [9].

ние процента сниженной несущей способности φ_i находится в пределах 75–90 %, то конструкции назначается ограниченно-работоспособное состояние, если меньше 75 % – аварийное (см. табл. 1).

Рекомендуется суммирование не более трёх дефектов, расположенных на одном участке суммирования и не более двух однотипных дефектов (например, наклонных трещин).

Влияние каждого дефекта на общий процент сниженной несущей способности φ_i одной конструкции определяется по формуле:

$$\varphi_i = \varphi_{\text{оср}} - \frac{\varphi_{\text{оср}} - \varphi_{\text{авар}}}{U_{\text{авар}} - U_{\text{оср}}} \cdot (U_{\text{факт}} - U_{\text{оср}}), \% \quad (1)$$

где $\varphi_{\text{авар}} = 75\%$, $\varphi_{\text{оср}} = 90\%$ – проценты сниженной несущей способности при аварийном, ограниченно-работоспособном техническом состоянии соответственно; $U_{\text{авар}}$, $U_{\text{оср}}$ – критерии оценки аварийного и ограниченно-работоспособного состояния; $U_{\text{факт}}$ – фактически определённый при обследовании показатель дефекта.

Суммарный процент сниженной несущей способности для одной конструкции равен:

$$\varphi_{\text{сум}} = [100 - \psi_1 \cdot (100 - \varphi_1) - \psi_2 \cdot (100 - \varphi_2) - \psi_3 \cdot (100 - \varphi_3)] \cdot k_s, [\%], \quad (2)$$

где $\varphi_{\text{сум}}$, φ_1 , φ_2 , φ_3 – проценты сниженной несущей способности строительной конструкции с учётом совместного влияния дефектов, при этом $\varphi_1 \leq \varphi_2 \leq \varphi_3$; ψ_1 , ψ_2 , ψ_3 – коэффициенты сочетания, принимаемые равными $\psi_1 = 0,9$, $\psi_2 = 0,7$, $\psi_3 = 0,5$ (в случае наличия двух или трёх дефектов); $k_s = k_{s1} \cdot k_{s2} \cdot k_{s3} \cdot k_{s4}$ – коэффициент, учитывающий условия эксплуатации.

Анализ скорости накопления дефектов в зависимости от зоны действия климатической/сейсмической нагрузки не показал тенденции к увеличению скорости деградации строительных конструкций [14]. Это объясняется тем, что повышение нагрузок учтено в конструкциях на этапе проектирования.

Однако если при эксплуатации здания или сооружения в действующих нормах произошло повышение снегового, ветрового или гололёдного нагрузочных факторов, то до проведения капитального ремонта или реконструкции, при которых будут учтены новые значения нагрузок, предлагается ввести коэффициент $k_{s1} = 0,99$.

При повышении величины снеговой нагрузки допускается коэффициент k_{s1} принять равным 1,0 и ограничиться регулярной очисткой кровли от снега.

Для зданий и сооружений, в которых конструкции подвержены воздействию среднеагрессивных сред или аэрозолей морской воды, дополнительно ввести $k_{s2} = 0,99$, а в случае возникновения в зданиях и сооружениях сильноагрессивных сред – коэффициент 0,985.

В случае, если на объекте строительства, расположенном в зоне повышенной сейсмической активности, не выполнялись конструктивные требования по учёту данных воздействий,

необходимо применять коэффициент $k_{s3} = 0,95$, до момента выполнения конструктивных требований согласно действующим нормативным документам.

При определении допускаемого срока эксплуатации для объектов строительства, выполненных из железобетонных конструкций, находящегося в эксплуатации более 25 лет, необходимо учитывать деградацию материалов строительных конструкций. К полученному допускаемому сроку эксплуатации, рассчитанному с применением коэффициентов, учитывающих изменение нагрузочных факторов, необходимо дополнительно применять коэффициент $k_{s4} = 0,99$.

Принцип построения разработанной методики

Предлагается назначение допускаемого срока эксплуатации производить не по среднему показателю эксплуатационной безопасности всех конструкций, а по наименьшему допускаемому сроку эксплуатации конструкции, то есть промежутку времени между обследованием всех конструкций в здании. Срок эксплуатации конструкций, приведённый в методиках [2; 4], был заменён базовым сроком эксплуатации в 10 лет с момента обследования по аналогии с максимально допустимым сроком между обследованиями по ГОСТ 31937¹.

Допускаемый срок эксплуатации (годы) будем определять по формуле:

$$t = \frac{-\ln y_{\text{баз}}}{\lambda}, \quad (3)$$

где $y_{\text{баз}}$ – граница эксплуатационной безопасности, соответствующая переходу из работоспособного в ограниченно работоспособное состояние при повреждённости $y_{\text{баз}} = 0,85$, приведённой в [2]; λ – показатель износа, определяемый по данным обследования на основании изменения несущей способности в момент обследования, принимаемый равным:

$$\lambda = \frac{-\ln y}{t_{\text{баз}}}, \quad (4)$$

где y – коэффициент состояния конструкции, определяемый в зависимости от категории технического состояния конструкции; $t_{\text{баз}}$ – базовый срок эксплуатации в годах (базовый промежуток между обследованиями), который принимается не более 10 лет.

После подстановки в формулы значения границы эксплуатационной безопасности $y_{\text{баз}} = 0,85$ и объединения формул для t и λ было получено выражение для t :

$$t = \frac{t_{\text{баз}} \times \ln(0,85)}{\ln(y)}, \quad (5)$$

¹ ГОСТ 31937-2011. Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния / введён в действие Приказом Росстандарта от 27.12.2012 N 1984-ст (https://www.admrebr.ru/upload/iblock/e68/e3xmg189ypmum71opfwkwb20un4xu759/GOST-31937_2011.-Mezhgosudarstvennyy-standart.-Zdaniya-i-sooru.pdf).

Таблица 2. Допускаемый срок эксплуатации при $t_{баз} = 10$ лет

Коэффициент состояния конструкции y	Отношение допускаемого срока эксплуатации $t_{экс}$ к базовому	Допускаемый срок эксплуатации $t_{экс}$ при $t_{баз} = 10$ лет
0,95	3,16	31,68
0,9	1,54	15,43
0,85	1	10,00
0,8	0,72	7,28
0,75	0,56	5,65
0,7	0,45	4,56

В таблице 2 и на рисунке 1 приведены значения срока допускаемой эксплуатации (промежуток между обследованиями) t для базового срока эксплуатации $t_{баз} = 10$ лет.

Идеализированный график, приведённый на рисунке 1, показывает снижение несущей способности при накоплении большого количества дефектов в зонах коэффициента состояния 0,85–0,7, что соответствует поставленным задачам при описании деградационных процессов, предназначенных для описания допустимого срока эксплуатации.

В связи с тем, что процент сниженной несущей способности, приведённый в относительной размерности, и коэффициент состояния конструкций имеют одну размерность и один физический смысл, были приняты аналогичные значения допускаемого срока эксплуатации для соответствующего процента сниженной несущей способности.

Представленный исходный график процента сниженной несущей способности (рис. 2) отражает изменения скорости развития дефектов и соответствует требованиям п. 4.3 ГОСТ 31937-2011

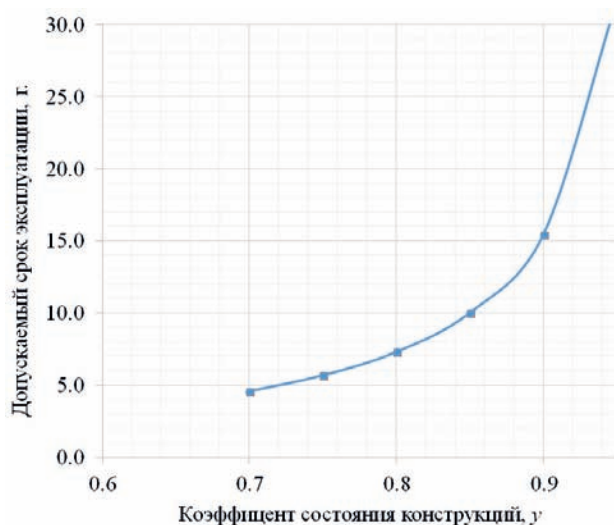


Рис. 1. График зависимости допустимого срока эксплуатации от коэффициента состояния конструкций

в части эксплуатации зданий и сооружений в работоспособном ($y = 0,85$) состоянии в течение 10 лет между обследованиями.

При этом указанный график противоречит требованиям ГОСТ 31937, который не допускает эксплуатацию зданий и сооружений в аварийном состоянии.

Для учёта всех требований ГОСТ 31937 исходная зависимость была скорректирована путём параллельного переноса графика вниз на 5,4–5,6 лет и определена функция, показанная на рисунке 2.

При работоспособном состоянии конструкции, а также фактических нагрузках и воздействиях, не превосходящих проектные, возможна нормальная эксплуатация объекта строительства. В этом случае допускаемый срок эксплуатации приравнивается к базовому, равному 10 годам.

При ограниченно-работоспособном состоянии конструкций, зданий (сооружений) допускаемый срок эксплуатации (t) принимается по скорректированному графику.

При определении аварийного состояния конструкций по данной методике необходимо незамедлительное проведение противоаварийных мероприятий, инструментального обследования и разработка мероприятий по восстановлению или принятие решения о сносе/демонтаже.

Допускаемый срок эксплуатации, полученный по результатам расчёта, округляют в большую сторону с точностью до одного месяца.

При выявлении в ходе визуального обследования дефектов строительных конструкций, параметры которых превышают критерии оценки, соответствующие аварийному состоянию, в случае отсутствия опасности внезапного обрушения строительных конструкций после проведения противоаварийных мероприятий и инструментального (детального) обследования допускается назначение уточнённой категории технического состояния в соответствии с ГОСТ 31937 на основании фактического состояния конструкции.

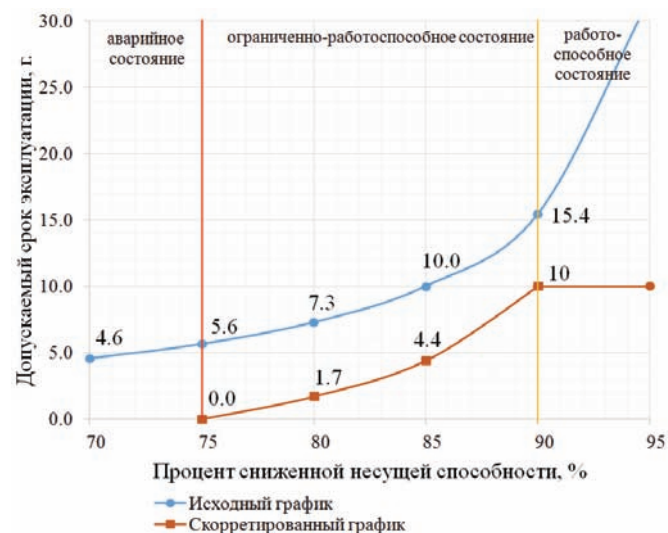


Рис. 2. Скорректированный график зависимости допустимого срока эксплуатации от процента сниженной несущей способности

Прогнозирование срока проведения капитального ремонта

В качестве исходных данных для приближенной оценки остаточного ресурса несущих конструкций используют результаты визуального обследования [3], выполняемого согласно ГОСТ 31937.

Оценка состояния здания определяется в зависимости от общего процента сниженной несущей способности Φ :

$$\Phi = 100 - \frac{\delta_1(100 - \varphi_1) + \delta_2(100 - \varphi_2) + \dots + \delta_i(100 - \varphi_i)}{\delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_i}, \quad (6)$$

где $\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_i$ – проценты сниженной несущей способности отдельных видов конструкций, определённые по формуле; $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_i$ – величина значимости отдельных видов конструкций.

$$\varphi_i = \sum_{k=1}^{k=n} \varphi_k \frac{F_k}{F_i}, \quad (7)$$

где φ_i – средний процент сниженной несущей способности отдельного вида конструкций; φ_k – процент сниженной несущей способности отдельной конструкции, определённый по результатам визуального обследования по формуле (2); F_k – размеры (площадь или длина) повреждённого участка (м^2 , м) или количество повреждённых конструкций; F_i – размеры всей конструкции (м^2 , м) или количество конструкций; k – число повреждённых участков или конструкций с различными процентами сниженной несущей способности.

Ориентировочный срок эксплуатации здания до капитального ремонта в годах определяется аналогично формуле (5):

$$t = \frac{t_{\text{факт}} \times \ln(0,85)}{\ln(\Phi / 100)}, \quad (8)$$

где $t_{\text{факт}}$ – срок эксплуатации здания в годах на момент обследования.

Разработка дифференцированного подхода к назначению величин значимости конструкций

Величины значимости конструкций рекомендуется устанавливать на основании экспертных оценок, учитывающих эксплуатационную безопасность и социально-экономические последствия разрушения отдельных видов конструкций, характера разрушения (развитие пластических деформаций или мгновенное хрупкое разрушение).

Для зданий и сооружений различных конструктивных систем из-за различия основных конструктивных элементов, составляющих систему, целесообразно введение дифференцированного подхода к назначению величин значимости, учитывая необходимость в обеспечении безотказной работы объекта строительства.

С учётом вышеизложенного были разработаны рекомендуемые величины значимости строительных конструкций зданий различных конструктивных систем.

Были рассмотрены следующие конструктивные системы:

- многоэтажные каркасные здания;
- многоэтажные монолитные здания;
- многоэтажные здания со стеновой конструктивной системой;
- многоэтажные здания с комбинированной конструктивной системой;
- многоэтажные крупнопанельные здания;
- одноэтажные производственные каркасные здания.

Указанный подход проиллюстрирован на примере многоэтажных зданий со стеновой конструктивной системой и представлен в таблице 3.

На основании приведённого экспертного анализа различных конструктивных решений выявлено, что основные несущие конструктивные элементы обеспечивают порядка 80% эксплуатационной безопасности здания. Остальные 20% приходятся на вспомогательные и ограждающие конструкции, например кровлю, лестничные клетки и др. Анализ показал близость результатов с ранее апробированной методикой [2].

Заключение

Разработана методика определения эксплуатационной безопасности зданий и их конструкций, включающая прогнозирование по результатам визуального обследования допускаемых сроков эксплуатации между обследованиями зданий по техническому состоянию одной конструкции, находящейся в наихудшем состоянии, и ориентировочных сроков до проведения капитального ремонта зданий.

Основу методики составляет зависимость допустимого срока безопасной эксплуатации от процента сниженной несущей способности.

Методика позволяет определять категорию технического состояния отдельных конструкций при учёте совместного влияния дефектов, расположенных на одной конструкции.

Таблица 3. Значения величин значимости многоэтажных зданий со стеновой конструктивной системой

№п/п	Наименование конструктивной системы	Основные конструктивные элементы					Сумма, %	Прочие конструкции, %	Итого, %
		Основания	Фундаменты	Несущие стены	Ригели (балки)	Плиты перекрытия / покрытия			
1	Многоэтажные здания со стеновой конструктивной системой								
2	Величина значимости, %	12	12	26	20	10	80	20	100

При прогнозировании срока эксплуатации здания до капитального ремонта предложен дифференцированный подход к назначению величин значимости отдельных конструкций, учитывающий требование по обеспечению безотказной работы объекта строительства.

Дальнейшее накопление статистических данных даёт возможность уточнить положения предлагаемой методики, а также разработать таблицы с величинами значимости для зданий с различными конструктивными системами.

Список источников

1. Добромислов, А.Н. Оценка надёжности зданий и сооружений по внешним признакам / А.Н. Добромислов. – Текст: непосредственный. – М. : АСВ, 2008. – 72 с.
2. Рекомендации по оценке надёжности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам / Текст: непосредственный. – М. : ФГУП ЦПП, 2001. – 100 с.
3. Определение срока службы конструкций, зданий и сооружений / Н.Г. Келасьев, Э.Н. Кодыш, Н.Н. Трекин [и др.]. – Текст: непосредственный // Промышленное и гражданское строительство – 2020. – № 2. – С. 12–17.
4. Методика оценки остаточного ресурса несущих конструкций зданий и сооружений / Текст: электронный ресурс. – М. : ФАУ «ФЦС», 2018. – 50 с. – URL: https://www.faufcc.ru/upload/methodical_materials/mp34_2018.pdf (дата обращения: 13.03.2022).
5. Гвоздев, А.А. К расчёту конструкций на действие взрывной волны / А.А. Гвоздев. – Текст: непосредственный // Строительная промышленность. – 1943. – № 1. – С. 18–21.
6. Стрелецкий, Н.С. Основы статистического учёта коэффициента запаса прочности сооружений / Н.С. Стрелецкий. – Текст: непосредственный. – М. : Стройиздат, 1947. – 92 с.
7. Кодыш, Э.Н. Проектирование защиты зданий и сооружений от прогрессирующего обрушения с учётом возникновения особого предельного состояния / Э.Н. Кодыш. – Текст: непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2018. – № 10. – С. 95–101.
8. Трекин, Н.Н. Особое предельное состояние железобетонных конструкций и его нормирование / Н.Н. Трекин, Э.Н. Кодыш. – Текст: непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – №5. – С. 4–9.
9. Учёт совместного влияния дефектов на несущую способность конструкций / А.М. Ефремов, Д.В. Бойко, Е.Ю. Сергеевцев [и др.] // Промышленное и гражданское строительство. – 2022. – № 8. – С. 11–18.
10. О современных методах обеспечения долговечности железобетонных конструкций / Н.И. Карпенко, С.Н. Карпенко, В.Н. Ярмаковский, В.Т. Ерофеев. – Текст: непосредственный // Academia. Архитектура и строительство. – 2015. – № 1. – С. 93–102.
11. Тамразян, А.Г. Вероятностный метод расчёта долговечности железобетонных конструкций, подверженных воздействию хлоридов / А.Г. Тамразян. – Текст: непосред-

ственный // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования – 2021 : Сборник трудов конференции. – М. : НИУ МГСУ. – С. 100–106.

12. Фаликман, В.Р. Нормативные сроки службы бетонных и железобетонных конструкций и принципы их проектирования по параметрам долговечности / В.Р. Фаликман, В.Ф. Степанова. – Текст: непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2019. – № 6. – С. 13–22.

13. Чирков, В.П. Прикладные методы теории надёжности в расчётах строительных конструкций / В. П. Чирков. – Текст: непосредственный. – М. : Маршрут, 2006. – 620 с.

14. Влияние климатических условий на развитие дефектов строительных конструкций зданий / Н.Н. Скуридин, Е.Ю. Сергеевцев, В.В. Гранев [и др.]. – Текст: непосредственный // Промышленное и гражданское строительство. – 2020. – № 12. – С. 46–50.

References

1. Dobromyslov A.N. Otsenka nadezhnosti zdaniy i sooruzhenii po vneshnim priznakam [Assessment of the Reliability of Buildings and Structures According to External Signs]. Moscow, ASV Publ., 2008, 72 p. (In Russ.)
2. Rekomendatsii po otsenke nadezhnosti stroitel'nykh konstruktsii zdaniy i sooruzhenii po vneshnim priznakam [Recommendations for Assessing the Reliability of Building Structures of Buildings and Structures by External Signs]. Moscow, FGUP TsPP Publ., 2001, 100 p. (In Russ.)
3. Kelas'ev N.G., E.N. Kodysh, N.N. Trekin, I.A. Terekhov, D.S. Shmakov, A.B. Chaganov. Opredelenie sroka sluzhby konstruktsii, zdaniy i sooruzhenii [Determining the Service Life of Structures, Buildings and Facilities]. In: *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2020, no. 2, pp. 12–17. (In Russ., abstr.in Engl.)
4. Metodika otsenki ostatochnogo resursa nesushchikh konstruktsii zdaniy i sooruzhenii [Methodology for Assessing the Residual life of the Supporting Structures of Buildings and Structures]. Moscow, FAU FTsS Publ., 2018, 50 p. URL: https://www.faufcc.ru/upload/methodical_materials/mp34_2018.pdf (Accessed 03/13/2022). (In Russ.)
5. Gvozdev A.A. K raschetu konstruktsii na deistvie vzryvnoi volny [To the Calculation of Structures for the Action of an Explosive Wave]. In: *Stroitel'naya promyshlennost'* [Construction industry], 1943, no. 1, pp. 18–21. (In Russ.)
6. Streletskii N.S. Osnovy statisticheskogo ucheta koeffitsienta zapasa prochnosti sooruzhenii [Fundamentals of Statistical Accounting of the Safety Factor of Structures]. M., Stroizdat Publ., 1947, 92 p. (In Russ.)
7. Kodysh E.N. Proektirovanie zashchity zdaniy i sooruzhenii ot progressiruyushchego obrusheniya s uchetom vzniknoveniya osobogo predel'nogo sostoyaniya [Designing the Protection of Buildings and Structures against Progressive Collapse in View of the Emergence of a Special Limiting State]. In: *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and

Civil Engineering], 2018, no. 10, pp. 95–101. (In Russ., abstr. in Engl.)

8. Trekin N.N. Osoboe predel'noe sostoyanie zhelezobetonnykh konstruksii i ego normirovanie [Special Limit Condition of Reinforced Concrete Structures and Its Normalization]. In: *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*, 2020, no. 5, pp. 4–9. (In Russ., abstr. in Engl.)

9. Efremov A.M., Boiko D.V., Sergeevtsev E.Yu., Trekin N.N., Kodysh E.N., Terekhov I.A., Shmakov S.D. Uchet sovmestnogo vliyaniya defektov na nesushchuyu sposobnost' konstruksii [Taking into Account the Joint Effect of Defects on the Bearing Capacity of Structures]. In: *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*, 2022, no. 8, pp. 11–18. (In Russ., abstr. in Engl.)

10. Karpenko, N.I. Karpenko S.N., Yarmakovskii V.N, Erofeev V.T. O sovremennykh metodakh obespecheniya dolgovechnosti zhelezobetonnykh konstruksii [The Modern Methods for Ensuring of the Reinforced Concrete Structures Durability]. In: *Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo [Academia. Architecture and Construction]*, 2015, no. 1, pp. 93–102. (In Russ., abstr. in Engl.)

11. Tamrazyan A.G. Veroyatnostnyi metod rascheta dolgovechnosti zhelezobetonnykh konstruksii, podverzhennykh vozdeistviyu khloridov [Probabilistic Method for Calculating

the Durability of Reinforced Concrete Structures Exposed to Chlorides]. In Proceedings of the conference «Aktual'nye problemy stroitel'noi otrasli i obrazovaniya – 2021» [*Actual problems of the construction industry and education – 2021*]. Moscow, NIU MGSU Publ. 2021, pp. 100–106. (In Russ.)

12. Falikman V.R., Stepanova V.F. Normativnye sroki sluzhby betonnykh i zhelezobetonnykh konstruksii i printsipy ikh proektirovaniya po parametram dolgovechnosti [Normative Service Life of Concrete and Reinforced Concrete Structures and Principles of Their Design Based on Durability Parameters]. In: *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*, 2019, no. 6, pp. 13–22. (In Russ., abstr. in Engl.)

13. Chirkov, V.P. Prikladnye metody teorii nadezhnosti v raschetakh stroitel'nykh konstruksii [Applied Methods of the Theory of Reliability in the Calculations of Building Structures]. Moscow, Marshrut Publ., 2006, 620 p. (In Russ.)

14. Skuridin N.N., Sergeevtsev E.Yu., Granev V.V., Trekin N.N., Terekhov I.A. Vliyanie klimaticheskikh uslovii na razvitie defektov stroitel'nykh konstruksii zdaniy [Influence of Climatic Conditions on the Development of Defects in Building Structures]. In: *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo [Industrial and Civil Engineering]*, 2020, no. 12, pp. 46–50. (In Russ., abstr. in Engl.)