

DOI: 10.12737/article_59cd0c5e3177f3.90056458

*Дегтярь А.Н., канд. техн. наук, доц.,
Серых И.Р., канд. техн. наук, доц.,
Панченко Л.А., канд. техн. наук, доц.,
Чернышева Е.В., канд. техн. наук, доц.*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ*

inna_ad@mail.ru

Предлагаемые на сегодняшний день способы расчета остаточного ресурса достаточно многообразны, однако назвать какую-либо из методик универсальной нельзя. В работе рассмотрены наиболее часто используемые на сегодняшний день методики определения остаточного ресурса конструкций зданий и сооружений. Согласно имеющимся подходам остаточный ресурс оценивается по какому-либо конкретному параметру, и как следствие, не учитывается ряд факторов, оказывающих существенное влияние на снижение несущей способности сооружения. Поэтому, на сегодняшний день определение фактических сроков эксплуатации конструкций зданий и сооружений является достаточно важной задачей.

Ключевые слова: остаточный ресурс, надежность, срок эксплуатации, аварийное состояние.

На сегодняшний день определение фактических сроков эксплуатации конструкций зданий и сооружений является достаточно важной и, одновременно, сложной задачей. Ежегодно увеличивается количество зданий и сооружений, срок эксплуатации которых либо приближается к нормативному, либо превышает его, что, может стать причиной аварий, приводящих к значительному ущербу [1–6]. Кроме того, зачастую, приходится иметь дело с сооружениями, находящимися в удовлетворительной эксплуатационной форме, но уже достаточно превысивших свой нормативный срок службы, или, напротив, здания и сооружения, аварийное состояние которых наступило еще до истечения срока их эксплуатации. Поэтому в современных условиях одной из актуальных задач является как оценка остаточного ресурса, так и живучести конструкций зданий и сооружений.

В настоящее время как таковой методики расчета живучести не существует, даны лишь предложения по развитию теории живучести конструктивных систем в запредельных состояниях [7–8]. Что касается остаточного ресурса, то предлагаемые на сегодняшний день способы расчета достаточно многообразны, однако назвать какую-либо из методик универсальной нельзя. Ниже рассмотрим только некоторые из них.

Оценку надежности строительных конструкций целесообразно проводить на основании обследования на предмет обнаружения имеющихся и накопленных за время эксплуатации повреждений. Поэтому в настоящее время наиболее часто для определения остаточного ресурса зданий и сооружений используется методика оценки надежности конструкций по их повреждениям [9], то есть от физического износа.

Согласно данной методике общая оценка поврежденности зданий и сооружений осуществляется по формуле:

$$\varepsilon = \frac{\alpha_1 \varepsilon_1 + \alpha_2 \varepsilon_2 + \dots + \alpha_i \varepsilon_i}{\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i},$$

где $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_i$ – средняя величина повреждений отдельных видов конструкций, $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i$ – коэффициенты значимости отдельных видов конструкций, устанавливаемые на основании оценки эксперта [9].

Срок эксплуатации конструкции до капитального ремонта в годах:

$$t = \frac{0,16}{\lambda},$$

где λ – постоянная износа, определяемая по данным обследования по формуле:

$$\lambda = \frac{-\lambda \ln y}{t_\phi},$$

где t_ϕ – срок эксплуатации в годах на момент обследования; y – относительная надежность конструкции, определяемая в зависимости от повреждений по формуле:

$$y = 1 - \varepsilon.$$

Недостатком данной методики, на наш взгляд, является то, что оценка остаточного ресурса по ней основывается на квалификации эксперта, поэтому имеет субъективный характер.

По мнению С.М. Беляева [10] недостатком вышеизложенной методики, является «осреднение» коэффициентов надежности при определении коэффициента относительной надежности».

В своей работе ученый предлагает заменить величину, характеризующую относительную надежность конструкции (ν) коэффициентом относительного запаса несущей способности (w), что, по его мнению, позволит учесть конструктивные особенности здания, а также степень ответственности каждой конструкции.

Коэффициент (w) предлагается определять с учетом запаса несущей способности на действие продольной, поперечной сил и изгибающего момента, а также площади обрушения, которую вызовет авария вертикальных и горизонтальных элементов.

Основным требованием безопасной эксплуатации зданий и сооружений всегда являлась несущая способность элементов конструкций. В этой связи интересна методика расчета, предложенная С.Б. Шматковым [11]. Она основывается на поиске параметров, определяющих техническое состояние конструкций за все время эксплуатации и обобщение этих параметров до достижения ими предельных значений. При этом необходимым и достаточным условием является наличие достоверной информации о техническом состоянии исследуемых конструкций, а также выполнение с учетом обнаруженных повреждений, дефектов, а также реальных свойств материала, поверочных расчетов.

Согласно методике, исправное состояние конструкции предполагает выполнение условий по двум предельным состояниям и конструктивным требованиям. Выполнение этих условий обусловлено соответствующими коэффициентами запаса $k_{i,n}$, $k_{j,n}$, $k_{k,n}$, величина которых должна быть ≥ 1 , поскольку в противном случае исключается нормальная эксплуатация конструкций.

Остаточный ресурс конструкции в этом случае определяется как наименьший из рассчитанных по формуле:

$$T = \min[(t_u - t)_n \beta_n],$$

где t_u – время, при котором коэффициент запаса достигает своего предельного значения, равного 1; t – время его эксплуатации конструкции; β_n – поправочный коэффициент, учитывающий влияние неучтенных в расчетах факторов (раскрытие трещин больше их предельного значения в течение прогнозируемого промежутка времени, превышение нормативных сроков эксплуатации конструкции и т.д.).

В работе [12] М.Б.Пермяковым изложены методики расчета, оценивающие остаточный ресурс по какому-либо конкретному параметру, а, следовательно, не учитывающие ряд факторов,

оказывающих существенное влияние на снижение несущей способности сооружения: качество изготовления конструкций, скрытые дефекты конструкций, изменение условий эксплуатации и др. Несмотря на это, они заслуживают внимания, поскольку предельное состояние конструкции может наступить по любому из предложенных критериев расчета. При этом автор предлагает расчет остаточного ресурса проводить по одному или нескольким критериям. В последнем случае ресурс принимается по критерию с наименьшим значением.

Расчет остаточного ресурса по допускаемым напряжениям:

$$T = \frac{\sigma_b(t) - [\sigma]}{\alpha_\sigma},$$

где $\sigma_b(t)$ – предел прочности на момент обследования; $[\sigma]$ – расчетный предел прочности; α_σ – скорость снижения механических свойств, определяемая с учетом времени эксплуатации конструкции до момента обследования t по формуле:

$$\alpha_\sigma = \frac{\sigma_b - \sigma_b(t)}{t}$$

где σ_b – нормативный предел прочности.

Расчет остаточного ресурса конструкций по коррозионному износу:

$$T_k = \frac{S_\phi - S_p}{\alpha}$$

где S_ϕ – фактическая (наименьшая) толщина стенки элемента; S_p – расчетная величина стенки элемента; α – скорость равномерной коррозии.

Расчет остаточного ресурса с учетом усталости конструкции:

$$T_{ост(u)} = T_u - T_\sigma,$$

где T_σ – время эксплуатации конструкции; T_u – полный ресурс циклической работоспособности конструкции, определяемый по формуле:

$$T_u = \frac{T_\sigma \cdot [N]}{N_\sigma}$$

где $[N]$ – допустимое количество циклов нагружения; N_σ – количество циклов нагружения за весь период эксплуатации.

Следует понимать, что достоверность любой методики расчета остаточного ресурса базируется на информации о техническом состоянии исследуемой конструкции, а, следовательно, не последнюю роль играет экспертная оценка объекта [13, 14]. В обязательном порядке должны быть учтены все повреждения, дефекты и фактические свойства материалов исследуемых конструкций. И лишь после этого с учетом всех имеющихся параметров возможен качественный анализ эксплуатационных свойств конструкции и расчет ее остаточного ресурса.

**Работа выполнена в рамках реализации Программы развития опорного университета на базе БГТУ им. В.Г. Шухова.*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смоляго Г.А., Крючков А.А. К оценке конструктивной безопасности железобетонных конструкций по предельным состояниям II-ой группы // Известия Орловского государственного технического университета. Строительство и транспорт. 2007. № 2–14. С. 176–180.
2. Смоляго Г.А., Белоусов А.П., Ежеченко Д.А., Павленко В.И., Пушкин С.А. К оценке технического состояния строительных конструкций каркасных систем производственных комплексов при эксплуатации в них промышленных холодильников // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 8. С. 69–71.
3. Сулейманова Л.А., Козлюк А.Г., Глаголев Е.С., Марушко М.В. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 32–36.
4. Алферов Д.Л. Причины аварий зданий и сооружений // ТехНадзор. 2013. № 6 (79). С. 78–81.
5. ГОСТ Р 53006-2008 Оценка ресурса потенциально опасных объектов на основе экспресс-методов. Общие требования. М.: Стандартинформ, 2009.
6. ГОСТ Р 53778-2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. М.: Стандартинформ, 2010.
7. Колчунов В.И., Емельянов С.Г. Вопросы расчетного анализа и защиты крупнопанельных зданий от прогрессирующего обрушения // Жилищное строительство. 2016. № 10. С. 17–20.
8. Бондаренко В.М., Колчунов В.И. Концепция и направления развития теории конструктивной безопасности зданий и сооружений при силовых и средовых воздействиях // Промышленное и гражданское строительство. 2013. № 2. С. 28–31.
9. Рекомендации по оценке надежности строительных конструкций зданий и сооружений по внешним признакам. М.: ЦНИИПромзданий, 2001.
10. Беляев С.М. Расчет остаточного ресурса зданий с учетом запаса несущей способности конструкций // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. № 3(11). С. 22–25.
11. Шматков С.Б. Расчет остаточного ресурса строительных конструкций зданий и сооружений // Вестник ЮУрГУ. Строительство и архитектура, вып. 5. 2007. № 22. С. 56–57.
12. Пермяков М.Б. Расчет и оценка остаточного ресурса зданий // Современные строительные технологии, конструкции и материалы: сб. науч. тр. Под ред. М.Б. Пермякова. Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Г.И. Носова», 2011. С. 17–22.
13. Чернышева Е.В., Серых И.Р., Стаинов В.В., Чернышева А.С. Актуальные проблемы промышленной безопасности // Zbornik radova: visoka tehnička škola strukovnih studija. Niš. Serbia. 2016. December. P. 164–165.
14. Фадеева Г.Д., Гарькин И.Н., Забиров А.И. Экспертиза промышленной безопасности зданий и сооружений: характерные проблемы // Молодой ученый. 2014. № 4 (63). С. 285–286.

Информация об авторах

Дегтярь Андрей Николаевич, кандидат технических наук, доцент, зав. каф. теоретической механики и сопротивления материалов

E-mail: andrey-dandr@yandex.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Серых Инна Робертовна, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов

E-mail: inna_ad@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Панченко Лариса Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики и сопротивления материалов
E-mail: panchenko.bstu@mail.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Чернышева Елена Владимировна, кандидат технических наук, доцент кафедры стандартизации и управления качеством
E-mail: bellena_74@mail.ru
Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.
Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила в августе 2017 г.

© Дегтярь А.Н., Серых И.Р., Панченко Л.А., Чернышева Е.В., 2017

Degtyar A.N., Serykh I.R., Panchenko L.A., Chernyshova E.V.
RESIDUAL OPERATION LIFE OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

The currently suggested methods of calculating the residual operation life are numerous, but none of these methods can be called universal. The article deals with the most frequently used today methods of determining the residual operation life of buildings and constructions. According to the existing approaches, the residual operation life is normally evaluated by just one certain parameter, and as a result, a number of factors, which substantially influence the load-bearing capacity of a structure, are not taken into account. For this reason, nowadays the determination of actual service life of buildings and constructions is an important problem to solve.

Keywords: residual operation life, reliability, service life, emergency state.

Information about the authors

Degtyar Andrey Nikolaevich, PhD, Assistant professor.
E-mail: andrey-dandr@yandex.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Serykh Inna Robertovna, PhD, Assistant professor.
E-mail: inna_ad@mail.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Panchenko Larisa Aleksandrovna, PhD, Assistant professor.
E-mail: panchenko.bstu@mail.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Chernysheva Elena Vladimirovna, PhD, Assistant professor.
E-mail: bellena_74@mail.ru
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Received in August 2017

© Degtyar A.N., Serykh I.R., Panchenko L.A., Chernyshova E.V., 2017