



Жизненный цикл зданий с учетом физического износа

А.Г. Петунин¹✉¹Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия

Аннотация. Целью данной работы является исследование влияния физического износа конструктивных элементов на жизненный цикл объекта капитального строительства в целом. По результатам многочисленных обследований зданий выявлены значительные недостатки существующей методики определения физического износа, которая обосновывает и планирует ремонтные мероприятия для дальнейшей эксплуатации с обеспечением безотказной работы конструктивных элементов и инженерных систем. Современная реальность характеризуется объективной необходимостью сверхнормативной эксплуатации строительных объектов и, в первую очередь, многоэтажных жилых зданий. Проверка их соответствия современным эксплуатационным и моральным требованиям сопряжена с необходимостью проведения обследования и определения уровня физического износа здания. Его практическая реализация базируется на обобщении обнаруженных дефектов, неисправностей и повреждений конструктивных элементов и узлов их сопряжений по критериям современной стоимости аналогов. Такой подход не позволяет учесть сопутствующие изменения технических параметров эксплуатационных показателей зданий, определяющих потребность и вид ремонтно-восстановительных работ. В статье предложен оригинальный метод обобщения имеющихся неисправностей, учитывающих их влияние на эксплуатационную надежность здания по критерию вероятного прогрессирующего обрушения. Представлен пример его реализации для двух конструктивных схем панельных зданий серии 1-335С и 1-335(КС). Результаты определения физического износа стенового ограждения по скорректированной методике для зданий серии 1-335С (неполный каркас) и 1-335КС (полный каркас) показали их существенное различие при одинаковых участках обрушения стеновых панелей. Новая методика определения физического износа конструктивных элементов может быть использована практически на всех этапах жизненного цикла здания.

Ключевые слова: объект капитального строительства, жизненный цикл, физический износ, прогрессирующее обрушение, крупнопанельные здания, конструктивный элемент, полный и неполный каркас

Для цитирования: Петунин А.Г. Жизненный цикл зданий с учетом физического износа // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2025. Т. 15. № 4. С. 721–726. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-4-721-726>. EDN: RSBHAS.

Original article

The life cycle of buildings taking into account physical wear and tear

Aleksandr G. Petunin¹✉¹Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, Russia

Abstract. The purpose of this work is to study the effect of physical wear of structural elements on the life cycle of a capital construction facility as a whole. Based on the results of numerous surveys of buildings, significant shortcomings of the existing methodology for determining physical wear have been identified, which justifies and plans repair measures for further operation to ensure trouble-free operation of structural elements and engineering systems. Modern reality is characterized by the objective need for excessive operation of construction facilities and, first of all, multi-storey residential buildings. Checking their compliance with modern operational and moral requirements is associated with the need to conduct

an inspection and determine the level of physical deterioration of the building. Its practical implementation is based on a generalization of the detected defects, malfunctions and damages of structural elements and components of their interfaces according to the criteria of the modern cost of analogues. This approach does not allow us to take into account the accompanying changes in the technical parameters of the operational indicators of buildings, which determine the need and type of repair and restoration work. The article proposes an original method for summarizing the existing faults, taking into account their impact on the operational reliability of the building according to the criterion of probable progressive collapse. An example of its implementation for two structural schemes of panel buildings of the 1-335C and 1-335(KS) series is presented. The results of determining the physical wear of wall fencing using the adjusted methodology for buildings of the 1-335C (incomplete frame) and 1-335KS (complete frame) series showed their significant difference in the same areas of wall panel collapse. A new technique for determining the physical wear of structural elements can be used at almost all stages of the building's life cycle.

Keywords: capital construction object, life cycle, physical wear and tear, progressive collapse, large-panel buildings, structural element, complete and incomplete frame

For citation: Petunin A.G. The life cycle of buildings taking into account physical wear and tear. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2025;15(4):721-726. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2025-4-721-726>. EDN: RSBHAS.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из важнейших элементов управления жизненным циклом строительных объектов является системный мониторинг их технического состояния с целью оценки соответствия предъявляемым эксплуатационным требованиям.

При этом в качестве обобщенного критерия работоспособности зданий (сооружений) рассматривается (принимается) уровень их физического износа.

Согласно документам (СП 547.1325800.2025 и методическим рекомендациям «Правила оценки физического износа многоквартирных домов») его величина определяется экономическими затратами на амортизацию и восстановление с учетом срока эксплуатации объекта. То есть, при таком подходе фактическое техническое состояние объекта имеет косвенное, соподчиненное рыночной конъюнктуре значение.

Полагаем, что его использование для оценки работоспособности жилых зданий ограничено и не учитывает риски, связанные со сверхнормативным сроком их фактической эксплуатации. Более того, принципы определения физического износа зданий, как суммарной величины износа отдельных конструктивных элементов ограничены и не учитывают различия их ответственности в обеспечении технической надежности конкретного объекта [1–10].

Необходимость коррекции обобщенной оценки износа подтверждаются массовой сверхнормативной эксплуатацией жилых крупнопанельных зданий и социально-экономической целесообразностью, и верификацией их

технического состояния.

МЕТОДЫ

Верификационную оценку технического состояния зданий (сооружений) с учетом установленных при обследовании дефектов, повреждений, признаков деструкции и других несовершенств предлагается проводить в следующей последовательности:

1. Определяется обобщенный показатель физического износа объекта по критериям работоспособности конструктивных элементов регламентированных СП 547.1325800.2025.

$$\Phi_k = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_i \times \frac{P_i}{P_k},$$

где Φ_k – физический износ конструкции; P_i – размеры (площадь или длина) поврежденного участка, м² или м; P_k – размеры всей конструкции, м² или м; n – число поврежденных участков.

2. Осуществляется коррекция индивидуальных показателей физического износа конструктивных элементов, учитывающая их ответственность в обеспечении статической (динамической) неизменяемости здания (сооружения). Ее величина устанавливается по результатам нормативных (СП 385.1325800.2018) расчетов на прогрессирующее обрушение объекта, что позволяет прогнозировать последствия от вероятного обрушения элементов с признаками физического износа:

$$K_\phi = 1 + \sum_{i=1}^{i=n} N_i / N_k,$$

где K_ϕ – коэффициент «ответственности» конструктивного элемента в статической (динамической) неизменяемости объекта; N_i – число вовлекаемых элементов при выходе из строя

рассматриваемой конструкции; N_k – общее число отдельных конструкций, элементов в здании; n – количество локальных разрушений (количество расчетов на прогрессирующее обрушение) для каждого отдельного вида конструктивного элемента.

Скорректированная величина физического износа определяется как

$$\Phi_{кр} = \Phi_k \times K_\Phi$$

3. Верификационный физический износ всего объекта:

$$\Phi_3 = \sum_{i=1}^n \Phi_{kpi} \times l_i,$$

где Φ_3 – физический износ здания; l_i – коэффициент, соответствующий доле восстановительной стоимости отдельной конструкции, элемента или системы в общей восстановительной стоимости здания; n – число отдельных конструкций, элементов в здании.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Предлагаемый алгоритм был использован при определении физического износа жилых крупнопанельных зданий серии 1-335С и

1-335КС, отличающихся между собой несущей конструктивной системой (соответственно неполный и полный каркас). Их локальные дефекты и зоны вероятных прогрессирующих обрушений представлены на рисунке 1 и 2, а результаты расчета в таблицах 1 и 2 подтверждена неоднозначность последствий износа отдельных элементов в зависимости от общей конструктивной схемы. Коэффициент ответственности каркасного здания при рассматриваемых дефектах равен единице, а в прототипе существенно возрастает. Физический износ стенового ограждения крупнопанельного здания серии 1-335С увеличивается с 50 до 62 %, в то же время здание серии 1-335КС при локальном разрушении тех же четырех стеновых панелей такой же, как и по методике СП 547.1325800.2025 и методическим рекомендациям «Правила оценки физического износа многоквартирных домов», так как никакого прогрессирующего обрушения не происходит и коэффициент физического износа равен единицы.

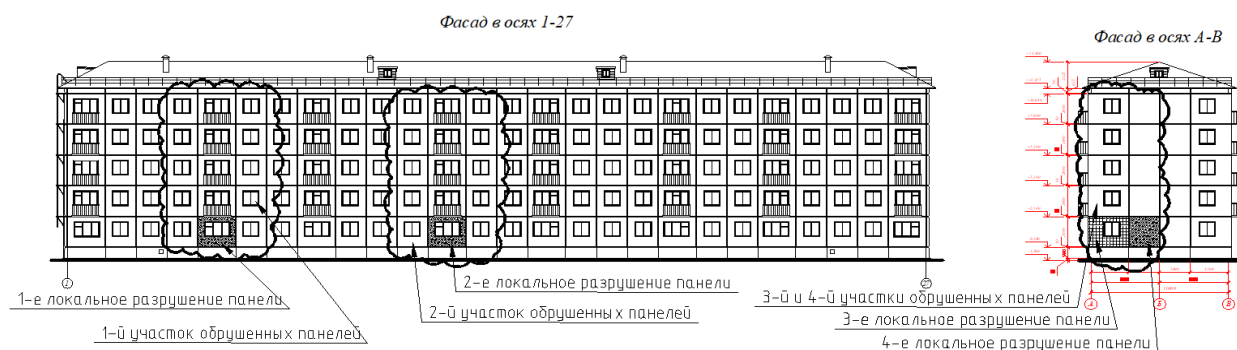


Рис. 1. Локальные разрушения панелей

Fig. 1. Local destruction of panels

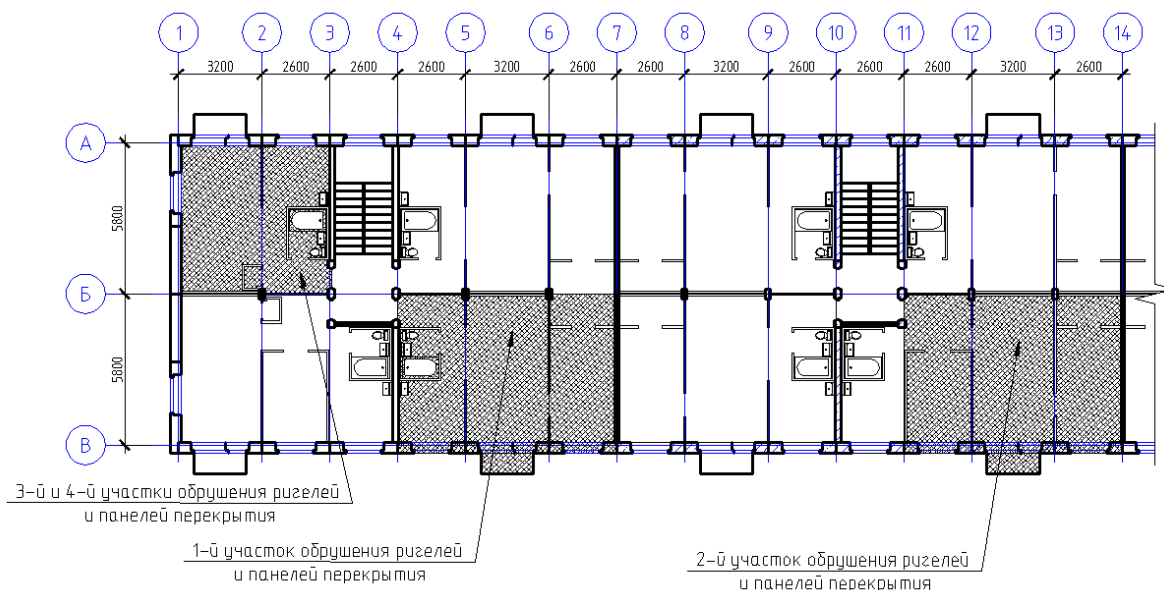


Рис. 2. Локальные разрушения ригелей и панелей перекрытия

Fig. 2. Local destruction of crossbars and floor panels

Таблица 1. Анализ физического износа стеновых ограждений здания серии 1-335С (неполный каркас) с учетом K_f при расчете на прогрессирующее обрушение четырех аварийных панелей

Table 1. Analysis of the physical wear of the wall fences of the 1-335C series building (incomplete frame), taking into account K_f when calculating the progressive collapse of four emergency panels

Серия 1-335С (5 эт., кол-во панелей 300)				
Участки обрушения	Физ. износ стенового ограждения, Φ_k , %	Число обруш. панелей, N_i	Коэф. «ответственности» констр. элем., K_f	Скорректир. физ. износ стенового ограждения Φ_{kr} , %
1	50	15	1,23	62
2		15		
3		20		
4		20		

Таблица 2. Анализ физического износа стеновых ограждений здания серии 1-335КС (полный каркас) с учетом K_f при расчете на прогрессирующее обрушение четырех аварийных панелей

Table 2. Analysis of the physical wear of the wall fences of the building of the 1-335KS series (full frame), taking into account the K_f in the calculation of the progressive collapse of four emergency panels

Серия 1-335КС (5 эт., кол-во панелей 300)				
Участки обрушения	Физ. износ стенового ограждения, Φ_k , %	Число обруш. панелей, N_i	Коэф. «ответственности» констр. элем., K_f	Скорректир. физ. износ стенового ограждения Φ_{kr} , %
1	50	0	1	50
2		0		
3		0		
4		0		

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать следующие выводы:

1. Сверхнормативное использование жилых зданий возможно при условии верификации и ранжирования их технического состояния по критериям эксплуатационной пригодности.
2. Работоспособность зданий оценивается посредством обобщения показателей физического износа несущих конструктивных элементов с учетом их ответственности при прогрессирующем обрушении.

3. Предлагаемая методика определения физического износа здания с помощью коэффициента «ответственности» конструктивного элемента позволяет выявить конструкции, для которых необходима в первую очередь регенерация, т.е. процесс, обеспечивающий восстановление несущей и эксплуатационной способности. В результате использования новых материалов и технологий восстановительные работы могут существенно повысить уровень надежности и долговечности конструкций и здания в целом.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Петров А.В., Пешков В.В., Петунин А.Г. Крупнопанельные здания серии 1-335 с наружными стеновыми панелями из газозолобетона: ремонтировать, реконструировать или сносить? // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2015. № 11. С. 85–91. EDN: VAUEOF.
2. Петров А.В., Петунин А.Г. Реконструкция крупнопанельных зданий серии 1-335С с неполным каркасом в Иркутской области // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2012. № 2. С. 105–111. EDN: QCUWXV.
3. Пинус Б.И., Кажарский В.В. Повышение сейсмостойкости крупнопанельных зданий: материалы международной научно-практической конференции. Иркутск, 2009. С. 167–173.
4. Пинус Б.И., Кажарский В.В., Петунин А.Г. Концептуальные подходы к восстановлению работоспособности панельных зданий серии 1-335С // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2012. № 12. С. 144–148. EDN: PLVEXP.

5. Петунин А.Г. Анализ конструктивных решений при реконструкции крупнопанельных зданий // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2010. № 7. С. 95–99. EDN: NCGKFX.
6. Петунин А.Г. Трещиностойкость газобетонных панелей домов серии 1-335С // Наука, технологии, инновации в инвестиционно-коммунальном комплексе. Материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Иркутск, 20–21 сентября 2009 г.). Иркутск, 2009. С. 153–156.
7. Петунин А.Г. Реконструкция крупнопанельных зданий в условиях сейсмической активности // Наука, технологии, инновации в инвестиционно-коммунальном комплексе. Материалы Междунар. науч.-практ. конф. (г. Иркутск, 20–21 сентября 2009 г.). Иркутск, 2009. С. 156–173.
8. Матвеев Е.П. Технология реконструкции малоэтажных зданий без отселения жильцов // Строительство и архитектура. 1997. № 3. С. 11–14.
9. Petrov A., Peshkov V., Petunin A. Industrial Technologies of Reconstruction of Large-Panel Buildings of the 1-335 Series // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 212. P. 1–6. <https://doi.org/10.1051/matec-conf/201821204009>.
10. Petrov A., Matveeva M., Petunin A. Large-Panel Buildings of the Series 1-335: Economics, Ecology, and Social Aspect // MATEC Web of Conferences. 2018. Vol. 212. P. 1–6. <https://doi.org/10.1051/matec-conf/201821204008>.

REFERENCES

1. Petrov A.V., Peshkov V.V., Petunin A.G. Large-Panel Buildings of 1-335 Series With External Gas Ash Concrete Wall Panels: To Repair, Renovate Or Demolish? *Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2015;11:85-91. (In Russ.). EDN: VAUEOF.
2. Petrov A.V., Petunin A.G. Reconstruction of Large-Panel Dwellings (Series 1-335s) with Incomplete Framework in Irkutsk Region. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2012;2:105-111. (In Russ.). EDN: QCUWXV.
3. Pinus B.I., Kazharskii V.V. *Improving the Seismic Resistance of Large-Panel Buildings: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference*. Irkutsk, 2009. P. 167–173. (In Russ.).
4. Pinus B.I., Kazharsky V.V., Petunin A.G. Conceptual Approaches to 1-335C Series Panel Buildings Performance Restoration. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2012;12:144-148. (In Russ.). EDN: PLVEXP.
5. Petunin A.G. Analysis of Structural Solutions when Reconstructing Large-Panel Buildings. *Proceedings of Irkutsk State Technical University*. 2010;7:95-99. (In Russ.). EDN: NCGKFX.
6. Petunin A.G. Crack Resistance of Aerated Concrete Panels of Houses of the 1-335C Series. In: *Nauka, tekhnologii, innovatsii v investitsionno-kommunalnom komplekse. Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Science, Technologies, Innovations in the Investment and Municipal Complex. Materials of the International Scientific and Practical Conference*. 20–21 September, 2009, Irkutsk. Irkutsk; 2009. P. 153–156. (In Russ.).
7. Petunin A.G. Reconstruction of Large-Panel Buildings in Seismic-Active Areas. In: *Nauka, tekhnologii, innovatsii v investitsionno-kommunalnom komplekse. Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii = Science, Technologies, Innovations in the Investment and Municipal Complex. Materials of the International Scientific and Practical Conference*. 20–21 September, 2009, Irkutsk. Irkutsk; 2009. P. 156–173. (In Russ.).
8. Matveev E.P. Technology for the Reconstruction of Low-Rise Buildings without Evicting Residents. *Stroitelstvo i arkhitektura*. 1997;3:11-14. (In Russ.).
9. Petrov A., Peshkov V., Petunin A. Industrial Technologies of Reconstruction of Large-Panel Buildings of the 1-335 Series. *MATEC Web of Conferences*. 2018;212:1-6. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201821204009>.
10. Petrov A., Matveeva M., Petunin A. Large-Panel Buildings of the Series 1-335: Economics, Ecology, and Social Aspect. *MATEC Web of Conferences*. 2018;212:1-5. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201821204008>.

Информация об авторе

Петунин Александр Геннадьевич,
старший преподаватель кафедры
строительного производства,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россия,
✉e-mail: termina@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0006-1004-4412>
Author ID: 642339

Information about the author

Aleksandr G. Petunin,
Senior Lecturer of the Department
of Construction Production,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov St., Irkutsk 664074,
Russia,
✉e-mail: termina@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0006-1004-4412>
Author ID: 642339

Вклад автора

Автор выполнил исследовательскую работу, на основании полученных результатов провел обобщение, подготовил рукопись к печати.

Автор имеет на статью исключительные авторские права и несет ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 20.06.2025.
Одобрена после рецензирования 25.07.2025.
Принята к публикации 04.08.2025.

Contribution of the author

The author performed the research, made generalization based on the results obtained and prepared the copyright for publication.

Author has exclusive author's right and bear responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The author declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by the author.

Information about the article

The article was submitted 20.06.2025.
Approved after reviewing 25.07.2025.
Accepted for publication 04.08.2025.