УДК 719: 69.059.4

МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА ОБЪЕКТОВ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ РУИНИРОВАННОГО ТИПА

Агафонкина Наталья Викторовна,

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза,

кандидат технических наук, доцент кафедры «Экономика, организация и управление производством».

Веселов Виктор Валентинович,

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы, г. Москва,

ассистент кафедры «Архитектура и реставрация».

Елкин Григорий Вячеславович,

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г. Пенза,

студент.

Аннотация

Анализируется методы оценки остаточного ресурса (долговечности) объектов культурного наследия руинированного типа, находящихся в состоянии длительной консервации без восстановления утраченных функций. Проанализированы особенности таких памятников, определяющие специфику прогнозирования их технического состояния: отсутствие проектной документации, историко-технологическая неоднородность конструкций, длительное воздействие атмосферных и биогенных факторов. Приведена классификация методов оценки (экспертно-балльные, расчётно-аналитические, вероятностно-статистические, методы дефектометрии и неразрушающего контроля, мониторинговые), дана их сравнительная характеристика и предложена иерархическая схема комплексной оценки остаточного ресурса. Приведён математический пример расчёта

прогнозируемого остаточного ресурса по скорости деградации участка исторической кладки. Сформулированы выводы и направления совершенствования методического обеспечения.

Ключевые слова: объекты культурного наследия, руинированные памятники, остаточный ресурс, техническое состояние, деградация, консервация, дефектометрия, неразрушающий контроль, мониторинг.

TECHNICAL ASSESSMENT OF CULTURAL HERITAGE SITES BASED ON A RISK-ORIENTED APPROACH

Natalia Viktorovna Agafonkina,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Economics, Organization, and Production Management

Viktor Valentinovich Veselov,

Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University),

Moscow, Assistant Lecturer at the Department of Architecture and Restoration

Yelkin Grigory Vyacheslavovich,

Penza State University of Architecture and Construction, Penza,

student.

Abstract

This paper analyzes a methodology for the technical assessment of cultural heritage sites based on a risk-oriented approach. A mathematical model is proposed for the integrated assessment of a site's technical condition, taking into account structural physical deterioration, the extent of destructive processes, and the factor of cultural value. An algorithm for ranking sites according to the risk of losing cultural value has been developed, and a rationale is provided for prioritizing repair and restoration measures within the constraints of limited budget funding. A comparative analysis of traditional versus risk-oriented assessment approaches is presented, alongside a calculation example and a graphical interpretation of risk

distribution. The methodology has been tested on a sample of architectural monuments and enables greater objectivity and economic efficiency in decision-making regarding heritage preservation.

Keywords: cultural heritage site, technical assessment, risk-oriented approach, physical deterioration, condition assessment, prioritization, restoration, risk matrix, integrated indicator.

Сохранение объектов культурного наследия (ОКН) является одной из приоритетных задач государственной культурной политики. Особую группу составляют памятники руинированного типа — объекты, утратившие эксплуатационную целостность и находящиеся в состоянии исторической консервации: крепостные стены, башни, усадебные комплексы, храмы и прочие сооружения, сохраняемые именно как руины. Такие объекты, в отличие от эксплуатируемых зданий, не могут быть отремонтированы «до проектного состояния» без утраты подлинности, поэтому ключевым становится вопрос управления их жизненным циклом через оценку остаточного ресурса — периода, в течение которого руина сохраняет устойчивость и подлинность при заданном режиме содержания [1, 2].

Остаточный ресурс в общем виде определяется как наработка объекта от момента обследования до достижения предельного состояния, при котором дальнейшая эксплуатация (или сохранение в неизменном виде) невозможна либо требует коренной реставрации. Для руинированных ОКН предельное состояние задаётся не несущей способностью в классическом понимании, а критериями сохранности подлинного материала, устойчивости обрушаемых фрагментов и контролируемости процесса деструкции.

Руинированные ОКН представляют собой памятники, утратившие целостность объёмно-планировочной структуры и находящиеся в состоянии консервации. Их особенность — неоднородность исторических материалов конструкций и неравномерность деградационных процессов во времени и пространстве [3]. Это порождает главную методическую проблему:

отсутствие единого нормативно закреплённого аппарата количественной оценки остаточного ресурса таких объектов.

Дополнительные сложности создают: высокая стоимость и трудоёмкость детального обследования, ограниченный доступ к конструкциям, необходимость сохранения подлинности (запрет разрушающих методов), а также разрозненность архивных и историко-технических данных [4 ,5].

В рамках работы проанализируем пять групп методов оценки остаточного ресурса руинированных ОКН:

1. Экспертно-балльные (качественные) методы.

Основаны на балльной оценке состояния элементов (кладки, фундаментов, сводов, кровельных остатков) группой экспертов по унифицированным шкалам. Интегральный балл пересчитывается в категорию технического состояния и в ориентировочный остаточный ресурс. Достоинства — малая трудоёмкость и применимость к массовым памятникам; недостатки — субъективность и слабая воспроизводимость.

2. Дефектометрические методы

Фиксируют количественные параметры дефектов — раскрытие трещин, величину вывалов, глубину биопоражения, отклонения от вертикали, потери площади сечения. Наблюдения в двух временны́х срезах позволяют вычислить скорость развития дефекта и прогнозировать момент достижения предельной величины.

3. Расчётно-аналитические методы

Применяют поверочные расчёты остаточной несущей способности с учётом фактической прочности исторических материалов, геометрии сохранившихся конструкций и действующих нагрузок. По коэффициенту использования несущей способности и скорости её снижения определяют ресурс до исчерпания запаса прочности.

4. Вероятностно-статистические методы

Описывают деградацию как случайный процесс и оценивают вероятность достижения предельного состояния к заданному моменту. Требуют

накопленных статистических данных о скоростях износа однотипных памятников; применимы для прогноза остаточного ресурса с доверительными интервалами.

5. Неразрушающий контроль и мониторинг

Ультразвуковой, георадарный, тепловизионный и фотограмметрический контроль, датчики раскрытия трещин и наклонов обеспечивают объективную исходную информацию о текущем состоянии и динамике деградации. Являются опорной основой для всех остальных групп.

Таблица 1 - Сравнительная характеристика методов

Группа методов	Принцип оценки	Исходные данные	Достоинства	Ограничения
Экспертно-балльные	Балльная оценка состояния	Визуальный и инструментальный осмотр	Простота, скорость, массовый скрининг	Субъективность, низкая точность
Дефектометрические	Измерение параметров дефектов	Раскрытие трещин, наклоны, потери сечения	Количественная прослеживаемость	Фиксирует текущее, а не прогноз
Расчётно-аналитические	Поверочные расчёты несущей способности	Модели, характеристики материалов	Точность для локальных задач	Трудоёмкость, нехватка исходных данных
Вероятностно-статистические	Деградация как случайный процесс	Ряды наблюдений, выборки	Прогноз во времени, учёт неопределённости	Требует накопленной статистики
Неразрушающий контроль и мониторинг	Физические методы диагностики	УЗ, георадар, тепловидение, фотограмметрия	Фактическая основа, повторяемость	Стоимость оборудования, специалисты

На рисунке 1 зависимость остаточного ресурса от категории технического состояния (экспертная шкала для каменных конструкций руин) – остаточный ресурс по категориям технического состояния.

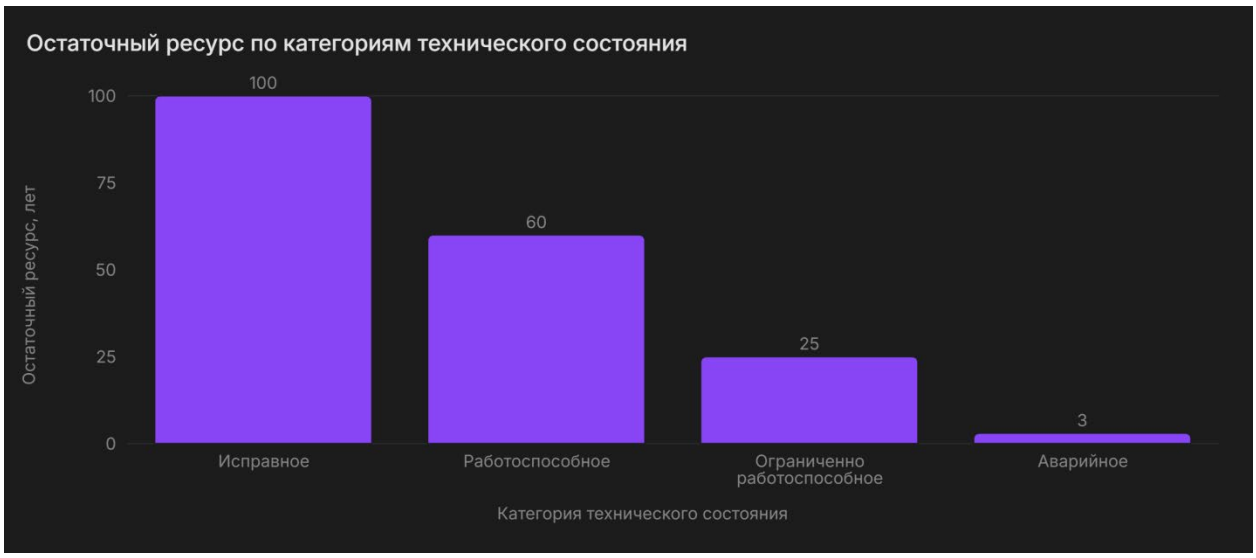


Рисунок 1 – Зависимость остаточного ресурса от категории технического состояния (экспертная шкала для каменных конструкций руин)

Рассмотрим фрагмент наружной стены руинированной церкви (рисунки 2, 3) из кирпичной кладки. По результатам обследования 2022 года интегральный показатель износа составил $k_1 = 0{,}20$; при повторном обследовании 2026 года — $k_2 = 0{,}28$. Интервал между обследованиями $t = 4$ года.

Средняя скорость деградации: $v = (k_2 - k_1)/t = (0{,}28 - 0{,}20)/4 = 0{,}02$ год$^{-1}$.

Остаточный ресурс до предельного состояния: $T = (1 - k_2)/v = (1 - 0{,}28)/0{,}02 = 36$ лет.

С учётом коэффициента условий работы исторического материала $m = 0{,}85$ прогнозный остаточный ресурс: $T_{ост} = T \cdot m = 36 \cdot 0{,}85 \approx 31$ год.



Рисунок 2 – Фрагмент северного фасада храма (фото автора)



Рисунок 3 – Вид на алтарь из части притвора (фото автора)

Выводы:

1. Оценка остаточного ресурса руинированных ОКН принципиально отличается от оценки эксплуатируемых зданий из-за отсутствия проектных данных, исторической неоднородности конструкций и режима консервации, что требует адаптации нормативной базы и специализированных методик.

2. Ни один из рассмотренных методов не является универсальным: экспертно-балльные и дефектометрические методы обеспечивают массовый скрининг, расчётно-аналитические — локальную точность, вероятностно-статистические — прогноз во времени, а неразрушающий контроль и мониторинг — опорную фактическую основу.

3. Наиболее эффективна иерархическая схема комплексной оценки: «паспортизация → дефектометрия → расчётная модель → вероятностный прогноз → циклический мониторинг» с периодическим пересчётом остаточного ресурса.

4. Предложенная модель $T_{ост} = (1 - k_{из})/v_{дег}$ проста, опирается на данные двух последовательных обследований и пригодна для быстрой первичной оценки; её следует дополнять коэффициентами условий работы исторического материала и значимости объекта.

5. Для повышения достоверности прогнозов необходимо формирование единых баз данных результатов обследований памятников и накопление статистики по скоростям деградации различных типов кладок.

Библиографический список:

1. Гарькин И.Н., Агафонкина Н.В. Некоторые аспекты обследования строительных конструкций здания во время капитального ремонта // Моделирование и механика конструкций. 2022. № 16. С. 103-108

2. Гарькин И.Н., Галишникова В.В. Методика детерминации степени деструкции объектов культурного наследия: системно-структурный анализ // Региональная архитектура и строительство. 2025. № 2 (63). С. 193-199

3. Гарькин И.Н., Сабитов Л.С., Гайдук А.Р., Чиркина М.А. Сохранение архитектурных концепций малых населенных пунктов: консервация объектов культурного наследия // Инженерный вестник Дона. 2022. № 11 (95). С. 655-665.

4. Шеин А.И., Зайцев М.Б. Анализ спектральных характеристик высотного здания в среде "MATLAB" // Моделирование и механика конструкций. 2024. № 19. С. 9-21

5. Лызина А.Г. Эволюция планировки бесстолпного и крестово-купольного типов православного храма XVIII - начала XX века на территории Пензенской области // Архитектон: известия вузов. 2015. № 3 (51). С. 18.