

Научная статья

УДК 69.059

<http://doi.org/10.24866/2227-6858/2024-1/67-78>

Обоснование выбора вариантов реконструкции зданий на основе системного анализа и сформированной иерархии критериев, влияющих на принятие решений

Александр Николаевич Бирюков¹, Юрий Николаевич Казаков²,
Юрий Александрович Бирюков¹, Иван Сергеевич Титеев¹✉

¹ Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург, Россия
✉ titeev.ivan@bk.ru

Аннотация. Рассматривается важность реконструкции зданий в современных условиях, особенно при увеличении темпов строительства новых объектов и росте цен на строительные материалы. Подчеркивается, что реконструкция становится ключевым методом для сохранения и эффективного использования имеющихся ресурсов, а также для обеспечения населения качественным и безопасным жильем. Представлен подход к обоснованию выбора оптимальных вариантов реконструкции зданий с использованием метода анализа иерархий, способствующий более рациональному и системному рассмотрению данного процесса.

Ключевые слова: реконструкция зданий, обоснование проведения реконструкции, метод анализа иерархий

Для цитирования: Бирюков А.Н., Казаков Ю.Н., Бирюков Ю.А., Титеев И.С. Обоснование выбора вариантов реконструкции зданий на основе системного анализа и сформированной иерархии критериев, влияющих на принятие решений // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2024. № 1(58). С. 67–78.

Original article

Justification for the choice of options for reconstruction of buildings based on system analysis and the generated hierarchy of criteria influencing decision making

Aleksandr N. Biryukov¹, Yuriy N. Kazakov², Yuriy A. Biryukov¹, Ivan S. Titeev¹✉

¹ Military Academy of Logistics, Saint Petersburg, Russia

² Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering, Saint Petersburg, Russia
✉ titeev.ivan@bk.ru

Abstract. The article discusses the importance of reconstruction of buildings in modern conditions, especially with the increasing pace of construction of new facilities and rising prices for building materials. It is emphasized that reconstruction is becoming a key method for preserving and effectively using available resources, as well as for providing the population with high-quality and safe housing. An approach to justifying the choice of optimal options for the reconstruction of buildings using the hierarchy analysis method is presented. This approach contributes to a more reasonable and systematic consideration of this process.

Keywords: reconstruction of buildings, rationale for reconstruction, method of analyzing hierarchies

For citation: Biryukov A.N., Kazakov Yu.N., Biryukov Yu.A., Titeev I.S. Justification for the choice of options for reconstruction of buildings based on system analysis and the generated hierarchy of criteria influencing decision making. *FEFU: School of Engineering Bulletin*. 2024, no. 1(58), pp. 67–78. (In Russ.).

Введение

В современных условиях весьма актуальна проблема придания зданиям новых функций и использования комплексного подхода к их реконструкции. Жизненно необходимо приспособление существующих зданий к современным стандартам и требованиям. Как правило, эти здания возводились в соответствии с государственными стандартами и имеют избыточную надежность. Большая их часть располагается в исторических районах крупных городов, которые имеют архитектурную или историческую ценность. Таким образом, они могут быть вполне успешно преобразованы под новые функции, с их новым социальным назначением. С ростом важности социальных аспектов повышаются и требования к зданиям. Обновление зданий становится постоянной необходимостью, так как социальные требования к ним непрерывно изменяются [1–4]. В условиях современной экономической ситуации, с развитием новых технологий повышается интерес к максимальному использованию функционального потенциала зданий.

Решению научных проблем реконструкции зданий и сооружений способствовали научные труды Г.Б. Бабаевой, А.Н. Бирюкова, Е.В. Ганзена, Ю.А. Бирюкова, А.А. Руденко, М.И. Бацаевой, Н. Даюба, С.И. Леоновича и др. [1–3, 5–10]. Вопросам оценки и анализа различных аспектов строительства, реконструкции и управления проектами в современных условиях с использованием многокритериального выбора, использующих метод анализа иерархий, посвящены труды С.А. Бадзиева, А.А. Лапидуса, Г.И. Левшина, В.А. Сироткина и др. [11–14]. Несмотря на наличие большого количества исследований в этой области, ряд вопросов, связанных с обоснованием выбора варианта реконструкции зданий и сооружений, остается недостаточно изученным.

Цель данного исследования заключается в разработке подхода для обоснованного выбора варианта реконструкции зданий на основе системного анализа и сформированной иерархии критериев, влияющих на принятие решений.

В данной статье поставлены следующие задачи:

- провести анализ и оценку критериев, включенных в иерархию, с целью определить их весовое значение и влияние на процесс выбора вариантов реконструкции зданий;
- составить иерархию критериев, влияющих на процесс реконструкции;
- разработать алгоритм применения метода анализа иерархий для обоснования выбора оптимального варианта реконструкции.

Объектом исследования является процесс принятия обоснованных решений выбора варианта реконструкции зданий на основе системного анализа и сформированной иерархии критериев.

Результаты исследования

Проведенный нами анализ подтверждает актуальность и значимость процесса реконструкции в условиях увеличения стоимости строительных материалов (табл. 2)¹ [1]. Несмотря на важность реконструкции, новое строительство играет ключевую роль в жилищной сфере (табл. 1, рис. 1). В то же время процент износа жилищного фонда продолжает увеличиваться (табл. 3), постоянно растет и количество аварийного жилья (рис. 2) [3], что требует реконструкции и модернизации жилых объектов.

¹ Федеральная служба государственной статистики. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13227> (дата обращения: 03.11.2023).

Развитие строительства жилых домов в 2016–2022 гг.
Development of residential buildings in 2016–2022

Характеристика развития	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Количество жилых домов, введенных в эксплуатацию, тыс.	259,5	253,8	242,4	285,8	308,0	383,4	413,0
Общая площадь жилых помещений, введенных в эксплуатацию, млн м ²	80,2	79,2	75,7	82,0	82,2	92,6	102,7
Относительно предыдущего года, %	94,0	98,7	95,5	106,2	100,2	112,7	111,0

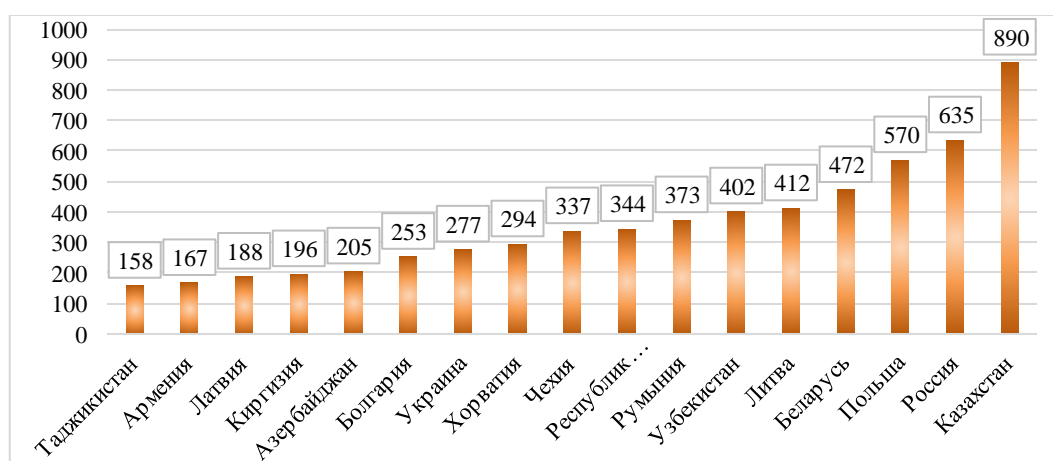


Рис. 1. Введение в эксплуатацию жилых домов в 2021 г., рассчитанное на 1000 человек населения, в России и других странах, м²
Fig. 1. Commissioning of residential buildings in 2021, designed for 1000 people in Russia and other countries, m²

Жилье, подверженное физическому износу, представляет собой источник значительных проблем в плане безопасности и комфорта для проживания. Строительство новых зданий, безусловно, важно и востребовано, однако реконструкция существующих зданий имеет серьезные преимущества: позволяет рационально использовать доступные территории, сохранять историческое и архитектурное наследие, а также снижать негативное воздействие на окружающую среду в связи с сокращением потребности в новых строительных материалах и природных ресурсах.

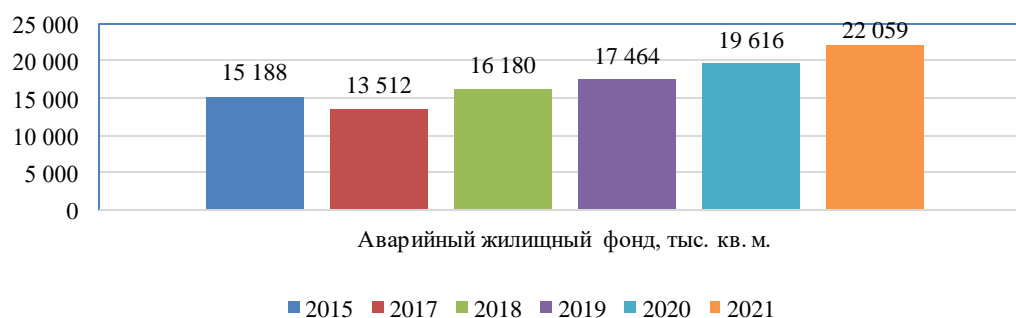


Рис. 2. Жилищный фонд, находящийся в аварийном состоянии к концу года, включая общую площадь жилых помещений (2015–2021 гг.)
Fig. 2. Housing stock in disrepair by the end of the year, including the total area of residential premises (2015–2021)

Рациональное и целесообразное использование ресурсов для обеспечения населения качественным и безопасным жильем особенно актуально в условиях увеличения цен на строительные материалы, что обусловлено расширением масштабов нового строительства и увеличением количества аварийного жилья с постоянно нарастающим процентом физического износа зданий.

Решение о проведении реконструкции определяется на основе выполнения ряда этапов (рис. 3).

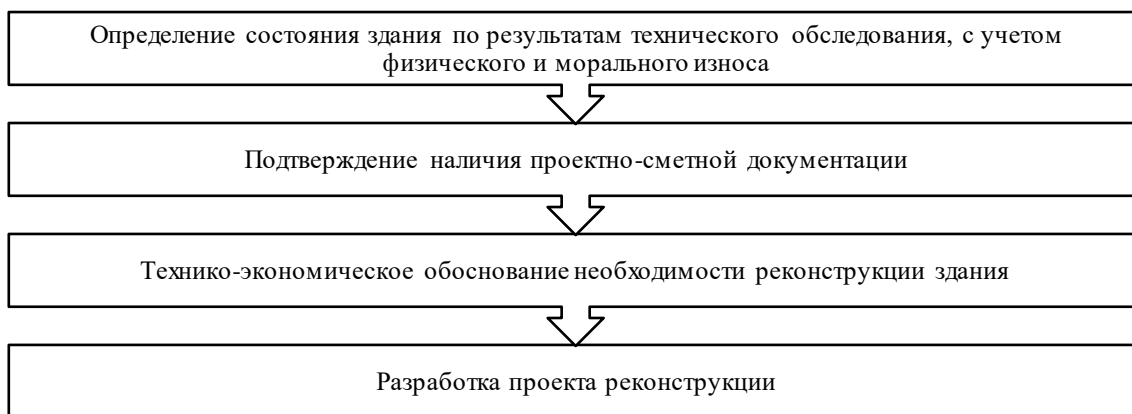


Рис. 3. Алгоритм принятия решения о проведении реконструкции жилищного фонда

Fig. 3. Algorithm for making decisions on reconstruction of housing stock

Таблица / Table 2

Средние расценки на ключевые стройматериалы, комплектующие и конструкции на конец года, руб.

Average prices for key building materials, components and structures at the end of the year, RUB

№	Строительные материалы	2018 г.	2019 г.	2020 г.	2021 г.	2022 г.	01.10.2023
1	Пески природные, м ³	402	407	498	444	539	452,6
2	Гравий, м ³	1129	1154	1040	1229	1738	944
3	Щебень, м ³	1237	1380	1351	1365	2038	2280
4	Смеси песчано-гравийные, м ³	877	720	948	548	782	940,2
5	Битумы нефтяные, т	17840	19309	17221	25912	31528	23927
6	Кирпич строительный (включая камни), тыс. усл. кирп.	3998	8234	4565	5989	15550	24060
7	Кирпич силикатный, тыс. усл. кирп.	7847	7845	7806	8374	11603	13244
8	Бетон (товарный бетон), м ³	4185	4202	4650	5060	5659	6383
9	Раствор строительный, м ³	3398	3709	3680	3671	4516	4852
10	Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные, м ²	118	160	129	140	124	323
11	Сталь арматурная горячекатаная для железобетонных конструкций, т	38781	40599	38860	59518	61559	54608
12	Кирпич керамический строительный (неогнеупорный), тыс. усл. кирп.	11066	14041	14272	12587	15848	19361
13	Портландцемент, т	4554	4895	4964	5222	6536	7164,4
14	Профили незамкнутые горячекатаные, горячетянутые или экструдированные, без дополнительной обработки, из нелегированных сталей, т	47828	48850	48977	71888	89553	82005
15	Пиломатериалы хвойных пород, м ³	9104	9347	9525	11171	19232	11233

Данные табл. 2 показывают, что с 2018 по 2023 г. цены на битумы нефтяные, сталь арматурную горячекатаную, кирпич строительный значительно выросли, а на такие материалы, как песок, гравий и щебень, цены варьировали, но рост их сохраняется. Подобная информация о ценах на строительные материалы является важной для выбора оптимальных материалов и конструкций, соответствующих бюджетным ограничениям. Однако для обоснования необходимости реконструкции здания одним из главных этапов является точное определение степени физического износа всего объекта (табл. 3).

Таблица / Table 3

Структура жилищного фонда по степени износа в 2021 г.
The structure of the housing stock according to the degree of depreciation in 2021

Жилищный фонд	Степень износа, %			
	от 0 до 30	от 31 до 65	от 66 до 70	> 70
Количество жилых зданий (отдельно стоящих)	7 913 879	8 400 920	1 534 935	543 250
Количество жилых многоквартирных зданий	588 056	782 859	136 460	65 743
Количество зданий блокированной застройки	618 148	1 077 742	274 258	99 454
Общая площадь, тыс. м ²	2 210 117,3	1 449 063,0	186 851,9	67 598,9

Физический износ зданий может быть определен с использованием нижеперечисленных методов [15, 16]:

- метод расчета износа по ВСН 53-86(р): базируется на нормативах и стандартах, установленных в этом документе;
- метод определения срока службы объектов: оценка зданий проводится на основе прогнозируемого времени их эксплуатации;
- метод оценки целесообразности капитального ремонта: оценивает, насколько выгодно с экономической точки зрения проводить капитальный ремонт здания;
- метод определения степени износа на основе объема ремонтных работ: определяется посредством анализа объема необходимых ремонтных мероприятий;
- нормативный метод расчета износа: оценка износа производится согласно нормам и правилам, установленным в нормативных документах;
- временные методы, разработанные архитекторами Россом, В. Сроковским, С.К. Балашовым, В.В. Анисимовым и В.Е. Николайцевым;
- метод НИИЭС Госстроя.

Методы отражают разнообразные подходы к оценке физического износа зданий и могут быть выбраны в зависимости от конкретных условий и доступных данных. Один из самых часто используемых методов для определения физического износа — метод, основанный на расчетах, выполняемых в соответствии с требованиями, установленными в нормативном документе ВСН 53-86(р)² [3, 5, 9, 11, 17]. Этот метод – систематизированный и надежный способ оценки физического состояния здания на основе конкретных параметров и критериев, установленных в документе, что обеспечивает объективность и точность результатов.

На основании ВСН 53-86(р) физический износ всего здания рассчитывается путем суммирования физического износа его отдельных элементов, включая фундаменты, стены, перекрытия, крышу, кровлю, полы и другие составляющие по формуле

$$\Phi_3 = \sum_{i=1}^{i=n} \Phi_k \times f_i, \tag{1}$$

где Φ_3 – физический износ здания, %;

² Ведомственные строительные нормы ВСН 53-86(р). Правила оценки физического износа жилых зданий. 44 с.

Φ_k – физический износ системы, элемента или конструкции, %;

f_i – коэффициент, соответствующий доле восстановительной стоимости отдельной конструкции, элемента или системы в общей восстановительной стоимости здания, %;

n – число отдельных конструкций, элементов и систем в здании.

Тем не менее ВСН 53-86(р) ограничивается оценкой физического износа исключительно для жилых зданий и не распространяется на процесс определения физического износа зданий, подвергшихся воздействию стихийных бедствий, а также не используется для оценки физического износа в зданиях с разнообразными функциональными назначениями, что порождает определенные трудности.

Важно отметить, что в ряде публикаций приведена информация для определения физического износа конструкций и их элементов в разнообразных типах зданий, включая жилые, общественные и производственные объекты [15, 16]. Такой материал дает возможности для более тщательной оценки необходимости реконструкции общественных и производственных зданий.

Состояние зданий оказывается под влиянием не только физического, но и морального износа, что проявляется в ухудшении их эксплуатационных характеристик, обусловленном изменением нормативных требований [5].

Различают две формы морального износа, каждая из которых имеет свои особенности и области применения. Первая форма морального износа, относящаяся к жилому фонду, связана с новым строительством и требует анализа изменения стоимости строительных работ. Этот процесс развивается одновременно с уменьшением затрат на строительство, увеличением объемов строительных проектов и повышением эффективности рабочей силы. Величину первой формы морального износа определяют по формуле

$$M_1 = \frac{(C_2 - C_1)}{C_2}, \quad (2)$$

где C_1 и C_2 – стоимость жилых зданий в начальный и конечный периоды строительства, руб.

Вторая форма морального износа: рассматривает процесс ухудшения состояния здания, вызванного несоответствием его архитектурно-планировочных и конструктивных характеристик, уровня внутреннего обустройства и инженерного оборудования современным стандартам и новым требованиям. Вместе с тем отмечают недостатки этой формы при ее определении: недочеты в планировке здания; несоответствие конструкций и составных элементов современным нормам и стандартам, включая аспекты эксплуатации, тепло- и звукоизоляции, гидроизоляции; нарушение габаритов и других характеристик; отсутствие элементов инженерного обустройства или использование устаревшего инженерного оборудования.

Моральный износ второй формы, отражает процесс морального устаревания здания или его компонентов. Это происходит из-за несоответствия их характеристик стандартам и требованиям, действующим на момент оценки, включая объемно-планировочные особенности, санитарные и гигиенические нормы, а также другие стандарты.

Величину второй формы морального износа определяют по формуле

$$M_2 = \frac{(C_4 - C_3) \times 100}{C_4}, \quad (3)$$

где C_3 и C_4 – восстановительная стоимость здания в начальный и конечный периоды эксплуатации, руб.

В отличие от морального износа первой формы ликвидация второй формы морального износа обязательно связана с проведением реконструкции, что обычно требует значительных затрат, составляющих существенную часть общей стоимости работ. Важно подчеркнуть, что расходы на устранение морального износа существующего объекта не должны превышать издержек, необходимых для возведения нового объекта с аналогичным назначением.

Исходя из анализа технического состояния с учетом физического и морального износа зданий можно сделать вывод о потребности в проведении их реконструкции. Выбор наилучшего варианта реконструкции представляет собой сложный процесс, который требует системного подхода и обоснованных решений, который может быть осуществлен путем применения метода анализа иерархий. Такой метод позволяет оценивать и сравнивать различные альтернативы на основе множества критериев и индивидуальных предпочтений. Применение метода анализа иерархий обеспечивает эффективное решение задач в различных областях, включая образовательные и исследовательские учреждения, государственные структуры и промышленные корпорации.

Этот метод основан на принципах, которые позволяют структурировать сложные проблемы, анализировать взаимосвязи и устанавливать приоритеты для принятия решений. Он обеспечивает системный и логический подход к анализу иерархических систем, что способствует получению более обоснованных результатов [9, 11, 12–14].

Алгоритм применения метода анализа иерархий включает несколько этапов (рис. 4).

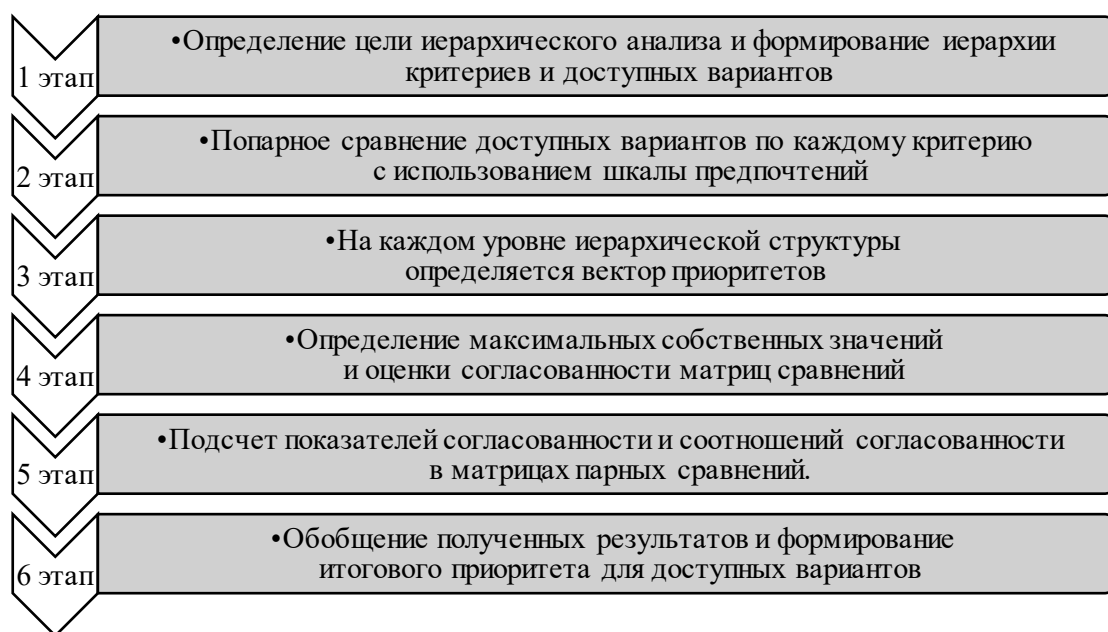


Рис. 4. Алгоритм применения метода анализа иерархий

Fig. 4. Algorithm for applying the hierarchy analysis method

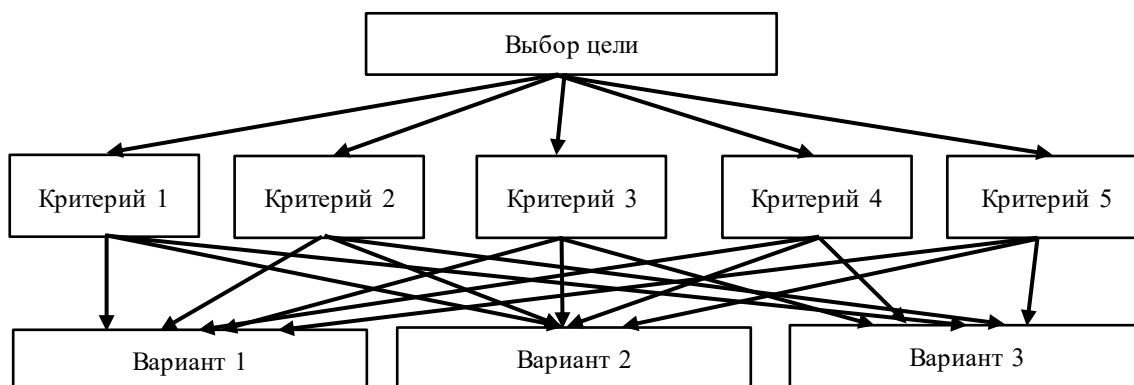


Рис. 5. Иерархическая структура задачи выбора в обобщенной форме

Fig. 5. Hierarchical structure of the selection task in a generalized form

1. Определение цели иерархического анализа и создания структуры иерархии, включая критерии и доступные варианты. Для обоснования выбора оптимального варианта реконструкции необходимо установить критерии, которые будут использованы при анализе иерархии.

Примеры таких критериев могут включать в себя капитальные вложения, выделяемые на проведение реконструкции, сроки выполнения, наличие инженерной инфраструктуры, соблюдение требований безопасности, физический износ реконструируемого объекта и многие другие. Общий вид трехуровневой иерархии представлен на рис. 5.

2. Структура объединяет цель P , критерии $K = \{K_j\}$ и варианты $AP = \{AP_i\}$, т. е. те объекты иерархии, которые, по существу, влияют на выбор наилучшего варианта решения A^* согласно поставленной цели P . Следует отметить, что авторы предлагают три основных варианта проведения реконструкции зданий: частичная, полная и преобразование здания (рис. 6).

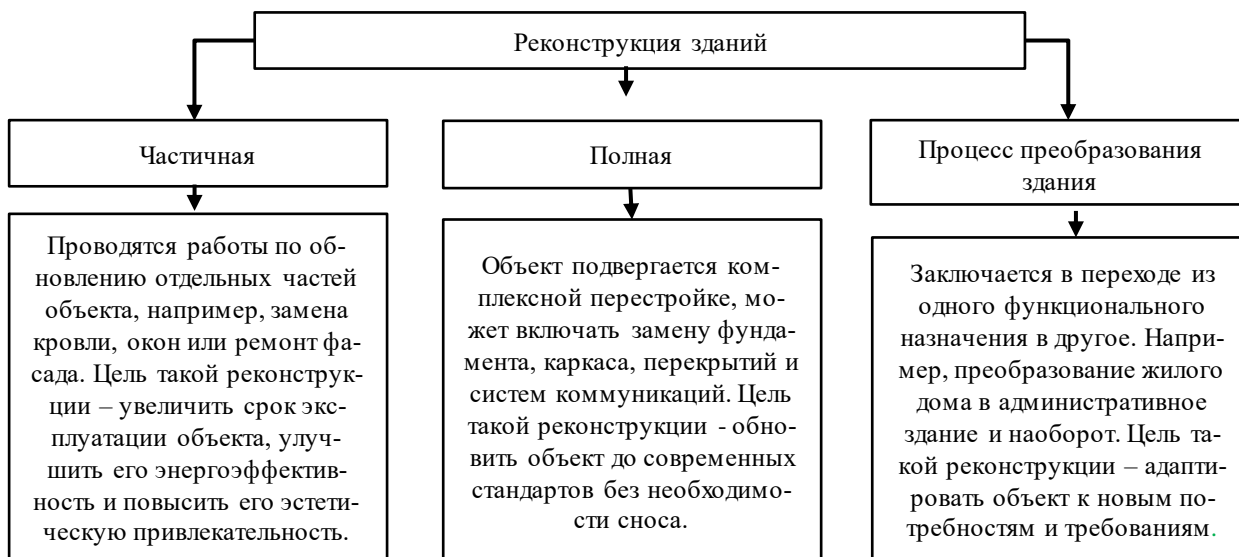


Рис. 6. Варианты реконструкции зданий

Fig. 6. Building reconstruction options

3. Выполнение попарных сравнений элементов каждого уровня иерархий с использованием шкалы предпочтений. При установленных критериях на определенном уровне иерархии, создается матрица A , имеющая размерность $n \times n$, которая отражает мнение лица, определяющего важность сформированных критериев. Парные сравнения выполняются таким образом, что каждый критерий в строке i ($i = 1, 2, \dots, n$) оценивается относительно каждого из критериев, представленных в n столбцах. В общем виде обратнo-симметричная матрица парных сравнений представлена формулой

$$A_{ki} = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & a_{13} \\ 1/a_{12} & 1 & a_{23} \\ 1/a_{13} & 1/a_{23} & 1 \end{bmatrix}. \tag{4}$$

4. На следующем этапе для каждого уровня иерархической структуры определяется вектор приоритетов.

5. Определяются максимальные собственные значения и оценки согласованности матриц сравнений.

6. Производится подсчет показателей согласованности и соотношений согласованности в матрицах парных сравнений.

7. Обобщаются полученные результаты и с формированием итогового приоритета для доступных вариантов. Путем агрегации результатов попарного сравнения и расчета относительных весов критериев и доступных вариантов получается итоговый приоритет каждого варианта реконструкции. Это позволяет определить наиболее оптимальный вариант с учетом предпочтений и требований:

$$A_{opt} : \max \{W_1; W_2; \dots; W_n\}, \tag{5}$$

где W_1, W_2, W_n – компоненты вектора общего приоритета.

Заключение

Таким образом, изложенный подход к обоснованию выбора оптимальных вариантов реконструкции зданий на основе системного анализа и сформированной иерархии критериев представляет собой эффективный и универсальный инструмент для принятия обоснованных решений в области реконструкции зданий независимо от их назначения – будь то жилое или административное. Этот подход может быть успешно применен в практике инвестиционно-строительного процесса организации и управления при материализации проектов по реконструкции зданий.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Бабаева Г.Б., Коренькова Г.Б. Реконструкция как оптимальный вариант продолжения эксплуатации зданий // Современные научные исследования: теория, методология, практика: материалы IX Международной научно-практической конференции, Уфа, 06 декабря 2022 г. Часть 4. Уфа, 2022. С. 113–119.
2. Бацаева М.И., Котляревская А.В. Оценка эффективности организационно-технологических решений при реконструкции зданий // Системные технологии. 2023. № 2(47). С. 59–65. https://doi.org/10.55287/22275398_2023_2_59
3. Бирюков А.Н., Тилинин Ю.И. Проблема выбора эффективных способов реконструкции исторических зданий, эксплуатируемых организациями Санкт-Петербургского гарнизона // Коммунально-эксплуатационное обеспечение военной инфраструктуры: горизонты будущего: сб. статей. Санкт-Петербург, 2023. С. 144–148. EDN: ASAKCI
4. Стукалов Н.Е., Какунина А.С. Реконструкция зданий и капитальный ремонт: обновление и сохранение наследия // Вызовы современности и стратегии развития общества в условиях новой реальности: материалы XVII Международной научно-практической конференции, Москва, 25 мая 2023 г. Москва: Алеф, 2023. С. 137–140. EDN: RONKUC
5. Ганзен Е.В. Планирование капитального ремонта и реконструкции общественных зданий на основе нечеткого вывода // Вестник МГСУ. 2021. Т. 16, № 7. С. 876–884. <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2021.7.876-884>
6. Даюб Н., Лапидус А.А., Фахратов М.А. Исследование разработки стратегии реконструкции объектов строительства // Вестник евразийской науки. 2023. Т. 15, № 2. Ст. 53. EDN: TVPOSZ
7. Емельянов Д.И., Понявина Н.А., Клоков И.А. Методика организации работ по комплексному восстановлению объектов капитального строительства // Научный журнал строительства и архитектуры. 2023. № 3(71). С. 60–67. <https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.3.71.006>
8. Леонович С.Н., Черноиван В.Н., Черноиван Н.В. Технология реконструкции зданий и сооружений. Москва: Инфра-М, 2023. 521 с. <https://doi.org/10.12737/1867636>
9. Руденко А.А., Бирюков А.Н., Бирюков Ю.А. Техничко-экономические и организационные аспекты восстановления объектов военной инфраструктуры / Министерство обороны Российской Федерации, Военный институт (инженерно-технический) Военной Академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А. В. Хрулёва. Санкт-Петербург, 2021. 284 с. EDN: NABDMG
10. Серов В.М., Тихонов Ю.П. О сравнительной оценке экономической эффективности инвестиционных вложений в производственный капитал // Вестник университета. 2023. № 5. С. 131–140. <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2023-5-131-140>
11. Бадзиев С.А. Факторы выбора технологии реконструкции жилых зданий // Уральский научный вестник. 2023. Т. 9, № 8. С. 15–18. EDN: XHFJWJQ
12. Лапидус А.А., Сафарян Г.Б. Организационно-технологическая надежность производственно-логистических процессов в строительстве // Наука и бизнес: пути развития. 2019. № 3(93). С. 148–152. EDN: XWSYGA
13. Левшин Г.И., Похилько А.А. Оценка параметров механической безопасности проектных решений на основе многокритериальной оценки // Современные вопросы безопасности: материалы I вузовской научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 15–17 мая 2023 г. Том 1. Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2023. С. 65–67. EDN: WBXZDA

14. Сироткин В.А., Давыдов И.И. Метод анализа иерархий как инструмент выбора проектов при малоэтажном строительстве // Наука и инновации в строительстве: материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова, Белгород, 12 апреля 2023 г. Том 2. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2023. С. 69–75. EDN: YGFQMN
15. Курипта О.В., Воробьева Ю.А., Минакова О.В. Программный модуль расчета физического износа зданий на основе экспериментальной оценки их повреждений // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2019. № 12. С. 17–25. <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2019-4-12-17-25>
16. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019612540 Российская Федерация. Программный модуль для расчета физического износа зданий: № 2018665452: заявл. 28.12.2018: опублик. 21.02.2019 / М. С. Прыгунова, Е. Б. Филипова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева». EDN: HMOZGO
17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019618059 Российская Федерация. Программа формирования титульного списка объектов реконструкции военной инфраструктуры: № 2019616752: заявл. 11.06.2019: опублик. 26.06.2019 / А.Н. Бирюков, Р.В. Макаров, Ю.А. Бирюков [и др.]; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения» имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации. EDN: CKSPYN

REFERENCES

1. Babaeva G.B., Koren'kova G.B. Reconstruction as the optimal option for continuing the operation of buildings. *Modern scientific research: theory, methodology, practice: Collection of scientific articles based on the materials of the IX International Scientific and Practical Conference, Ufa, December 06, 2022. Part 4.* Ufa, 2022. P. 113–119. (In Russ.).
2. Baciaeva M.I., Kotlyarevskaya A.V. Evaluation of the effectiveness of organizational and technological solutions in the reconstruction of buildings. *System technologies*, 2023, no. 2(47), pp. 59–65. (In Russ.). https://doi.org/10.55287/22275398_2023_2_59
3. Biryukov A.N., Tilin YU.I. The problem of choosing effective methods for reconstructing historical buildings operated by organizations of the St. Petersburg garrison. *Communal and operational support of military infrastructure: horizons of the future: Collection of articles, Saint Petersburg, August 17, 2023.* Saint Petersburg, 2023, pp. 144–148. (In Russ.).
4. Stukalov N.E., Kakunina A.S. Reconstruction of buildings and major repairs: renewal and preservation of heritage. *Challenges of modernity and strategies for the development of society in the conditions of the new reality: Collection of materials of the XVII International Scientific and Practical Conference, Moscow, May 25, 2023.* Moscow, Alef Publ., pp. 137–140. (In Russ.).
5. Ganzen E.V. Using fuzzy inference to plan capital repairs and reconstruction of public buildings. *Bulletin of MGSU*, 2021, vol. 16, no. 7, pp. 876–884. (In Russ.). <https://doi.org/10.22227/1997-0935.2021.7.876-884>
6. Dayub N., Lapidus A.A., Fahratov M.A. Research on the development of a strategy for the reconstruction of construction sites. *Bulletin of Eurasian Science*, 2023, vol. 15, no. 2, art. 53. (In Russ.).
7. Emelyanov D.I., Ponyavina N.A., Klokov I.A. Methods of work organization on complex restoration capital construction projects. *Russian Journal of Building Construction and Architecture*, 2023, no. 3(71), pp. 60–67. (In Russ.). <https://doi.org/10.36622/VSTU.2023.3.71.006>
8. Leonovich S.N., Chernov V.N., Chernov N.V. Technology of reconstruction of buildings and structures. Moscow, Infra-M Publ., 2023. 521 p. (In Russ.). <https://doi.org/10.12737/1867636>
9. Rudenko A.A., Biryukov A.N., Biryukov Yu.A. Technical, economic and organizational aspects of the restoration of military infrastructure facilities. Saint Petersburg, Military Academy of Logistics Support named after Army General A.V. Khrulev, 2021. 284 p. (In Russ.).
10. Serov V.M., Tikhonov Yu.P. On the comparative assessment of the investments' economic efficiency in production capital. *Vestnik Universiteta*, 2023, no. 5, pp. 131–140. (In Russ.). <https://doi.org/10.26425/1816-4277-2023-5-131-140>

11. Badziev S.A. Factors in choosing technology for the reconstruction of residential buildings. *Ural Scientific Bulletin*, 2023, vol. 9, no. 8, pp. 15–18. (In Russ.).
12. Lapidus A.A., Safaryan G.B. Organizational and technological reliability of production and logistic processes in construction. *Science and business: development ways*, 2019, no. 3(93), pp. 148–152. (In Russ.).
13. Levshin G.I., Pokhilko A.A. Assessment of mechanical safety parameters of design solutions based on multi-criteria assessment. *Modern safety issues: materials of the I University Scientific and Technical Conference of Young Researchers, Volgograd, May 15–17, 2023*. Vol. 1. Volgograd, Volgograd State Technical University Publ., 2023, pp. 65–67. (In Russ.).
14. Sirotkin V.A., Davydov I.I. The method of analyzing hierarchies as a tool for selecting projects in low-rise construction. *Science and innovation in construction: Collection of reports of the VII International Scientific and Practical Conference dedicated to the 170th anniversary of V.G. Shukhova, Belgorod, April 12, 2023*. Vol. 2. Belgorod, Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova, 2023, pp. 69–75. (In Russ.).
15. Kuripta O.V., Vorobyova Yu.A., Minakova O.V. The program module of calculation of physical wear of buildings based on experimental assessment of their damages. *Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhova*, 2019, no. 12, pp. 17–25. (In Russ.). <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2019-4-12-17-25>
16. Prygunov M.S., Filippova E.B. Certificate of state registration of a computer program No. 2019612540 Russian Federation. Software module for calculating the physical deterioration of buildings: No. 2018665452: application December 28, 2018: publ. February 21, 2019. Applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Russian Chemical-Technological University named after D.I. Mendeleev". (In Russ.).
17. Biryukov A.N., Makarov R.V., Biryukov Yu.A. [et all]. Certificate of state registration of a computer program No. 2019618059 Russian Federation. Program for the formation of a title list of objects for the reconstruction of military infrastructure: No. 2019616752: application November 6, 2019: publ. June 26, 2019. Applicant Federal State Treasury Military Educational Institution of Higher Education "Military Academy of Logistics" named after Army General A.V. Khrulev" of the Ministry of Defense of the Russian Federation. (In Russ.).

Информация об авторах

Бирюков Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева (Санкт-Петербург, Россия), aleks_bir@mail.ru, SPIN-код: 6465-0627

Казаков Юрий Николаевич – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет (Санкт-Петербург, Россия), kazakov@spbgasu.ru, SPIN-код: 3083-8899

Бирюков Юрий Александрович – доктор технических наук, заместитель начальника кафедры, Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева (Санкт-Петербург, Россия), uabiryukov@mail.ru, SPIN-код: 7027-4388

Титеев Иван Сергеевич – адъюнкт, Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева (Санкт-Петербург, Россия), titeev.ivan@bk.ru, SPIN-код: 5462-1047

Information about the authors

Aleksandr N. Biryukov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Military Engineering Institute of the Military Logistics Academy (Saint Petersburg, Russia), aleks_bir@mail.ru

Yurij N. Kazakov, Doctor of Engineering Sciences, Professor, Professor of the Department, Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering (Saint Petersburg, Russia), kazakov@spbgasu.ru

Yurij A. Biryukov, Doctor of Engineering Sciences, Deputy Head of the Department, Military Engineering Institute of the Military Logistics Academy (Saint Petersburg, Russia), uabiryukov@mail.ru

Ivan S. Titeev, Adjunct, Military Academy of Logistics (Saint-Petersburg, Russia), titeev.ivan@bk.ru

Вклад авторов

А.Н. Бирюков, Ю.Н. Казаков, Ю.А. Бирюков, И.С. Титеев – разработка концепции и дизайна исследования, сбор данных, анализ и интерпретация результатов; подготовка и редактирование текста. Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Contribution of the authors

A.N. Biryukov, Y.N. Kazakov, Y.A. Biryukov, I.S. Titeev – development of the concept and design of the study, data collection, analysis and interpretation of results; preparation and editing of text. All authors reviewed the results and approved the final version of the manuscript.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 09.11.2023; одобрена после рецензирования 24.01.2024; принята к публикации 15.03.2024.

Information about the article

The article was submitted: November 9, 2023; approved after reviewing: January 24, 2024; accepted for publication: March 15, 2024.