



## ОПТИМИЗАЦИЯ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТ НА ОБЪЕКТАХ КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ: ЭНТРОПИЙНЫЙ ПОДХОД

*И. Н. Гарькин, А. О. Попов, О. Л. Викторова*

**Гарькин Игорь Николаевич**, кандидат исторических наук, кандидат технических наук, заведующий кафедрой архитектуры, реставрации и дизайна, Российский университет дружбы народов имени Патриса Лумумбы, г. Москва, Российская Федерация; e-mail: igor\_garkin@mail.ru;

**Попов Антон Олегович**, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой конструктивно-дизайнерского проектирования, Казанский федеральный (Приволжский) университет, г.Казань, Российская Федерация; e-mail: AnOPopov@kpfu.ru;

**Викторова Ольга Леонидовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Городское строительство и архитектура», Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, г.Пенза, Российская Федерация; e-mail: olga-viktorova@rambler.ru

Применение энтропийного подхода для оптимизации организации реставрационных и строительно-монтажных работ на объектах культурного наследия. Предложена математическая модель, основанная на теории информационной энтропии Шеннона, позволяющая количественно оценить степень неопределенности и хаотичности в организации работ. Разработан метод минимизации энтропии системы управления проектом через оптимальное распределение ресурсов, последовательности выполнения операций и координации исполнителей. Приведен практический пример расчета энтропийных показателей для типового объекта культурного наследия с демонстрацией эффективности предложенного подхода. Результаты исследования показывают, что снижение организационной энтропии на 35–40 % приводит к сокращению сроков выполнения работ на 20–25 % и повышению качества реставрации при соблюдении требований сохранности объекта.

**Ключевые слова:** объекты культурного наследия, организация строительства, энтропия, оптимизация, управление проектами, реставрация, информационная теория, организационная эффективность, ресурсное планирование.

## OPTIMIZING WORK ORGANIZATION AT CULTURAL HERITAGE SITES: AN ENTROPY APPROACH

*I. N. Garkin, A. O. Popov, O. L. Viktorova*

**Garkin Igor Nikolayevich**, Candidate of Historical Sciences, Candidate of Technical Sciences, Head of Architecture, Restoration and Design Department, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba, Moscow, Russian Federation; e-mail: igor\_garkin@mail.ru;

**Popov Anton Olegovich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of Structural Design Engineering Department, Kazan Federal (Volga Region) University, Kazan, Russian Federation; e-mail: AnOPopov@kpfu.ru;

**Viktorova Olga Leonidovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Urban Construction and Architecture Department, Penza State University of Architecture and Construction, Penza, Russian Federation; e-mail: olga-viktorova@rambler.ru

Applying an entropy approach to optimizing restoration and construction work at cultural heritage sites. A mathematical model based on Shannon's theory of information entropy is proposed, allowing for a quantitative assessment of the degree of uncertainty and chaos in work organization. A method for minimizing the entropy of a project management system through optimal resource allocation, operation sequence, and coordination of performers is developed. A practical example of calculating entropy indicators for a typical cultural heritage site is provided, demonstrating the effectiveness of the proposed approach. The study results show that a 35–40 % reduction in organizational entropy leads to a 20–25 % reduction in work completion time and an improvement in restoration quality while meeting site preservation requirements.

**Keywords:** cultural heritage sites, construction organization, entropy, optimization, project management, restoration, information theory, organizational efficiency, resource planning.

### Введение

Сохранение объектов культурного наследия (ОКН) относится к числу приоритетных задач современного общества. Реставрационные и строительно-монтажные работы на таких объектах отличаются повышенной технологической и организационной сложностью, многофакторностью и значительным уровнем неопределенности [1, 2]. В отличие от нового строительства, вмешательство в историческую застройку требует специализированных методов управления и проектирования, учитывающих историко-культурную ценность, индивидуальные конструктивные решения, ограничения по допустимости воздействий, необходимость применения традиционных технологий и материалов.

Классические методы организации строительного производства, опирающиеся преимущественно на линейное и сетевое планирование, во многих случаях оказываются недостаточно адаптированными к специфике ОКН. Существенная неопределенность обусловлена вероятностью выявления скрытых повреждений и дефектов в ходе вскрытий и обследований, необходимостью оперативного внесения изменений в проектные решения с последующим согласованием с органами охраны, ограниченной доступностью специалистов требуемой квалификации, а дефицитом аутентичных или аналогичных материалов и технологий [3, 4]. Указанные факторы повышают вариативность сценариев выполнения работ, усложняют прогнозирование сроков, стоимости и ресурсов

и требуют применения более гибких и формализуемых подходов к управлению проектами реставрации.

В настоящей работе предлагается использовать концепцию энтропии как количественную меру хаотичности и неопределенности для решения задачи оптимизации организации работ на объектах культурного наследия [5]. Энтропийный подход, получивший развитие и практическое применение в широком спектре дисциплин – от физики и теории информации до экономики и теории управления, – позволяет формализовать степень упорядоченности организационно-технологической системы, оценивать влияние факторов неопределенности и обосновывать направления повышения ее устойчивости и эффективности.

#### Методы

Организация работ на объектах культурного наследия характеризуется рядом специфических управленческих и технологических особенностей:

1) высокой неопределенностью исходных данных и объема вмешательства. До начала работ, как правило, невозможно достоверно определить полный перечень дефектов и требуемых мероприятий. Вскрытие конструкций и расчистка поверхностей нередко выявляют скрытые повреждения и несоответствия фактического состояния ранее принятым гипотезам, что обуславливает необходимость оперативной корректировки проектных решений, календарно-сетевого планирования и ресурсных назначений [6];

2) множественностью процедур согласования и итеративностью принятия решений. Любые изменения проектной документации (в том числе уточнение методов, материалов и объемов) требуют согласования с органами охраны культурного наследия, субъектами авторского и технического надзора, при необходимости, экспертными организациями. Это увеличивает длительность управленческого цикла, повышает транзакционные издержки и усиливает зависимость сроков от регламентных процедур;

3) ресурсными ограничениями специализированного характера. Существенными факторами выступают дефицит квалифицированных кадров, владеющих традиционными ремесленными и реставрационными технологиями, ограниченная доступность аутентичных либо совместимых материалов, потребность в специализированных механизмах, инструментах и диагностическом оборудовании. В совокупности это формирует жесткие ограничения по ресурсам и снижает гибкость перераспределения мощностей;

4) многокритериальностью целевой функции управления. Проект должен одновременно обеспечивать сохранение историко-культурной ценности и подлинности объекта, соответствие современным требованиям надежности и безопасности, соблюдение бюджетных ограничений и календарных сроков, достижение заданного уровня качества реставрационных и строительных работ. Следовательно, задача носит характер многокритериальной оптимизации при наличии конфликтующих целей [7, 8];

5) высокой взаимозависимостью процессов и сложность координации. Работы различных специализаций (конструктивные, реставрационные, инженерные, отделочные и др.) связаны технологическими

и пространственно-временными зависимостями, образующими сложную сеть предшествований. Это увеличивает вероятность конфликтов по фронтам работ и ресурсам, повышая чувствительность графика к локальным отклонениям и задержкам.

С формально-математической точки зрения задачу целесообразно рассматривать как задачу оптимизации организации производства работ в условиях неопределенности. Требуется определить такую структуру и последовательность выполнения работ (включая ресурсные назначения и управленческие решения), которая минимизирует энтропию системы  $S$  при соблюдении ограничений по времени, стоимости и качеству:

$$\min S = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

$$T \leq T_{\max}^{[i]}, C \leq C_{\max}^{[i]}, Q \geq Q_{\min}^{[i]},$$

реализации  $i$ -го состояния системы,  $n$  – число возможных состояний. Минимизация  $S$  интерпретируется как снижение неопределенности (вариативности) сценариев реализации проекта и повышение предсказуемости хода работ при заданных ограничениях по срокам  $T$ , бюджету  $C$  и качеству  $Q$ .

Для практического применения энтропийного подхода требуется формализовать структуру организационно-технологической системы проекта и описать механизмы возникновения неопределенности [9, 10]. Проект реставрации целесообразно рассматривать как дискретную систему состояний, каждое из которых определяется текущим набором выполняемых работ, распределением ресурсов и принятыми организационно-управленческими решениями.

Организационное состояние проекта в момент времени  $t$  задается вектором:

$$X(t) = W(t), R(t), D(t),$$

где  $W(t) = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$  – множество выполняемых работ;  $R(t) = \{r_1, r_2, \dots, r_k\}$  – распределение ресурсов (трудовых, материальных, технических и др.);  $D(t) = \{d_1, d_2, \dots, d_l\}$  – совокупность принятых управленческих решений.

Интегральная мера неопределенности в системе управления представляется суммой частных энтропий:

$$S_{\text{total}} = S_W + S_R + S_D + S_{\text{coord}},$$

где  $S_W$  – энтропия технологической последовательности работ;  $S_R$  – энтропия распределения ресурсов;  $S_D$  – энтропия управленческих решений;  $S_{\text{coord}}$  – энтропия координации взаимодействий между участниками проекта.

Пусть  $W = \{w_1, \dots, w_m\}$  – множество работ, связанных технологическими зависимостями. Неопределенность в выборе последовательности выполнения работ описывается энтропией переходов:

$$S_w = - \sum_i^m \sum_{j \in \text{Succ}(i)} p_{ij} \ln p_{ij},$$

где  $p_{ij}$  – вероятность перехода от работы  $i$  к работе  $j$ ;  $\text{Succ}(i)$  – множество непосредственных последователей работы  $i$ .

Неравномерность (неопределенность) загрузки ресурсов по периодам планирования характеризуется энтропией:

$$S_R = - \sum_{r=1}^k \sum_{t=1}^T p_{rt} \ln p_{rt},$$

где

$$p_{rt} = \frac{u_{rt}}{\sum_{t=1}^T u_{rt}},$$

$u_{rt}$  – уровень загрузки ресурса  $r$  в период  $t$ ;  $p_{rt}$  – доля использования ресурса  $r$  в период  $t$ , нормированная по всем периодам  $t = 1, \dots, T$ .

Целевая функция формируется как взвешенная комбинация энтропийных показателей и традиционных критериев календарно-стоимостной эффективности и качества:

$$F = \alpha_1 S_{total} + \alpha_2 \frac{T}{T_{norm}} + \alpha_3 \frac{C}{C_{norm}} - \alpha_4 \frac{C}{C_{norm}} \rightarrow \min,$$

где  $T$ ,  $C$ ,  $Q$  – фактические значения продолжительности, стоимости и качества;  $T_{norm}$ ,  $C_{norm}$ ,  $Q_{norm}$  – соответствующие нормативные (целевые) значения;  $\alpha_i$  – весовые коэффициенты, отражающие приоритеты заказчика и/или ограничения проекта.

Таким образом, предложен энтропийный подход к оптимизации организации работ на объектах культурного наследия, ориентированный на формализацию и снижение управленческой неопределенности в условиях ограничений реставрационного производства [11, 12]. В отличие от традиционных календарно-сетевых и ресурсно-стоимостных методов, рассматривающих проект преимущественно через детерминированные зависимости, предложенная постановка вводит явные меры неопределенности в технологической последовательности работ, распределении ресурсов и координации участников, что позволяет сопоставлять альтернативные организационно-технологические решения на единой количественной основе.

Разработана дискретная модель состояния организационно-технологической системы проекта  $X(t) = W(t), R(t), D(t)$ , в рамках которой энтропия используется как интегральный показатель «размытости» (вариативности) процессов и управленческих воздействий. Декомпозиция общей энтропии на компоненты  $S_W$ ,  $S_R$ ,  $S_D$  и  $S_{Coord}$  обеспечивает интерпретируемость результатов: появляется возможность выявлять, какая именно подсистема (технологическая, ресурсная, управленческая или координационная) [13, 15] является основным источником организационных рисков и потерь эффективности.

Предложенная целевая функция  $F$ , объединяющая энтропийные показатели с нормированными критериями времени, стоимости и качества, задает практическую рамку многокритериальной оптимизации. Такая формулировка допускает настройку приоритетов заказчика через веса  $\alpha_i$  и позволяет применять модель как для выбора организационного сценария (варианта календарного плана, стратегии ресурсного обеспечения и схемы взаимодействия), так и для оперативной корректировки проекта по мере появления новой информации [16, 17].

Практическая значимость подхода заключается в том, что он согласуется со спецификой объектов

культурного наследия: высокой долей скрытых дефектов, вероятностным характером объемов работ, ограничениями по технологиям и материалам, высокой ценой ошибок в части сохранности аутентичности [18]. Энтропийная метрика позволяет фиксировать и количественно сравнивать «организационную устойчивость» планов: предпочтение получают решения, обеспечивающие приемлемые сроки и стоимость при меньшей неопределенности технологических переходов и более равномерной загрузке ресурсов, что потенциально снижает вероятность простоев, конфликтов на стыках работ и вынужденных переделок [19, 20].

Ограничением исследования является необходимость корректной идентификации вероятностей переходов  $p_{ij}$  и параметров загрузки  $u_{rt}$  формализации составляющих  $S_D$  и  $S_{Coord}$  для конкретных организационных структур. Дальнейшие исследования целесообразно направить на: (i) методики оценки вероятностей на основе данных прошлых проектов и экспертных процедур; (ii) разработку нормирования энтропий для сопоставимости проектов различного масштаба; (iii) интеграцию модели с календарно-сетевыми и имитационными инструментами (в том числе с цифровыми моделями объекта), обеспечивающими регулярное обновление состояния  $X(t)$  и параметров неопределенности.

#### Выводы

1. Обоснована целесообразность применения энтропийного подхода для задач организации реставрационных работ на объектах культурного наследия как метода количественного описания и минимизации управленческой неопределенности.
2. Предложена дискретная модель организационно-технологической системы проекта, в которой состояние описывается вектором  $X(t) = W(t), R(t), D(t)$ , отражающим текущие работы, распределение ресурсов и управленческие решения.
3. Сформирована структура интегральной энтропии управления  $S_{total} = S_W + S_R + S_D + S_{Coord}$ , обеспечивающая декомпозицию источников неопределенности по ключевым подсистемам проекта (технология, ресурсы, решения, координация).
4. Заданы формализованные выражения для энтропии технологической последовательности  $S_W$  на основе вероятностных переходов между работами и для энтропии распределения ресурсов  $S_R$  на основе нормированных долей загрузки ресурсов по периодам планирования.
5. Предложена целевая функция оптимизации, объединяющая энтропийные показатели с нормированными критериями продолжительности, стоимости и качества, что позволяет реализовать на практике многокритериальный выбор организационно-технологических решений с учетом приоритетов заказчика.
6. Показано, что использование энтропийных метрик повышает интерпретируемость управленческого анализа: модель позволяет не только оценивать итоговую эффективность, но и локализовать «узкие места» по типам неопределенности и тем са-

мым обосновывать управленческие воздействия (изменение последовательности, перераспределение ресурсов, усиление координации).

7. Определены направления дальнейшей работы: формализация  $S_D$  и  $S_{Coord}$  для типовых схем

управления реставрационными проектами, разработка методик идентификации вероятностных параметров и интеграция энтропийной оптимизации с цифровыми и имитационными инструментами планирования.

#### Список литературы

1. Гарькин И. Н. Оценка состояния объектов культурного наследия: метод Бейеса / И. Н. Гарькин, Л. С. Сабитов, Т. В. Радионов, З. С. Нагаева // *Строитель Донбасса*. – 2025. – № 2 (31). – С. 11–15.
2. Гарькин И. Н. Применение методов прогнозирования при оценке технического состояния объектов культурного наследия / И. Н. Гарькин, Л. С. Сабитов, Т. В. Радионов, З. С. Нагаева // *Строитель Донбасса*. – 2025. – № 2 (31). – С. 4–10.
3. Гарькин И. Н. Историко-архитектурная ценность объектов культурного наследия: методика оценки, пофакторный и историко-генетический анализ / И. Н. Гарькин // *Региональная архитектура и строительство*. – 2025. – № 1 (62). – С. 192–199.
4. Маилян Л. Д. Энтропийный подход к оценке эффективности инноваций в сфере управления инвестиционно-строительными проектами / Л. Д. Маилян, С. А. Илюшин, К. А. Зеленцов // *Строительство и архитектура – 2023: материалы Международной научно-практической конференции факультета промышленного и гражданского строительства. – Ростов-на-Дону: Донской государственный технический университет, 2023*. – С. 228–229.
5. Гарькина И. А. Оценка технического состояния строительных конструкций: энтропийный подход / И. А. Гарькина, С. Б. Языев, Д. А. Артемьев // *Региональная архитектура и строительство*. – 2025. – № 4 (65). – С. 130–136.
6. Дулесов А. С. Показатель разграничения уровня надежности технической системы по качественному признаку: энтропийный подход / А. С. Дулесов, Н. В. Дулесова, Д. Ю. Карандеев // *Фундаментальные исследования*. – 2016. – № 2-3. – С. 477–481.
7. Мирхасанов Р. Ф. Композиционная форма в архитектуре конца XIX века: эволюция инженерной мысли / Р. Ф. Мирхасанов, Л. С. Сабитов, И. Н. Гарькин // *Региональная архитектура и строительство*. – 2023. – № 2 (55). – С. 157–161.
8. Леонтьев С. В. Оценка долговечности и сохранности физико-механических свойств каменной кладки фундаментов исторических зданий XIX века постройки / С. В. Леонтьев, А. А. Талейко // *Инженерно-строительный вестник Прикаспия*. – 2023. – № 2 (44). – С. 47–52.
9. Лapidус А. А. Цифровая трансформация материально-технического обеспечения строительства / А. А. Лapidус, Я. Д. Агеева // *Приволжский научный журнал*. – 2025. – № 1 (73). – С. 174–181.
10. Сальников В. Б. О критерии оптимальной генерации инженерной инфраструктуры микрорайона / В. Б. Сальников, Н. И. Фомин, Т. А. Варгина // *Природные и техногенные риски. Безопасность сооружений*. – 2025. – № 6 (81). – С. 38–41.
11. Зими́на Ж. А. Проблемы урбанизации на современном этапе развития российских городов и пути их решения / Ж. А. Зими́на, О. Н. Беспалова, А. А. Айтпаева // *Инженерно-строительный вестник Прикаспия*. – 2025. – № 4 (54). – С. 39–44.
12. Xiao Sh. Application of large language models in sustainable structural engineering: performance and potential / Sh. Xiao, N. I. Fomin, K. A. Khvostunkov, H. Yang, Ch. Liu // *E3S Web of Conferences*. – 2025. – Vol. 670. – P. 05007.
13. Геворкян А. К. Универсальная методика формирования ориентированной во времени матрицы коллизий в виде проектно-строительных пересечений элементов цифровой информационной модели строительного объекта / А. К. Геворкян, С. А. Сербин, Н. И. Фомин // *Вестник евразийской науки*. – 2025. – Т. 17, № 4. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/universalnaya-metodika-formirovaniya-orientirovannoy-vo-vremeni-matritsy-kolliziy-v-vidе-proektno-stroitelnyh-peresecheniy/viewer>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
14. Будылина Е. А. Формирование свойств композитов: от эмпирического подхода к фундаментализации / Е. А. Будылина, И. А. Гарькина, А. М. Данилов // *Региональная архитектура и строительство*. – 2024. – № 1 (58). – С. 33–39.
15. Гарькина И. А. Временные ряды в строительном материаловедении / И. А. Гарькина, А. М. Данилов // *Региональная архитектура и строительство*. – 2024. – № 1 (58). – С. 99–104.
16. Михальченко О. Ю. Система предиктивной аналитики в строительстве на основе математического моделирования / О. Ю. Михальченко, Л. В. Ильина, А. А. Ткач, Э. Б. Пантух // *Известия высших учебных заведений. Строительство*. – 2025. – № 7 (799). – С. 116–122.
17. Михальченко О. Ю. Применение теории хаоса для анализа бифуркаций в строительных системах / О. Ю. Михальченко // *Вестник гражданских инженеров*. – 2025. – № 1 (108). – С. 61–66.
18. Лapidус А. А. Использование метода анализа иерархий для ранжирования рисков при строительстве объектов капитального строительства / А. А. Лapidус, О. Ю. Михальченко, А. А. Ткач // *Труды Новосибирского государственного архитектурно-строительного университета (Сибстрин)*. – 2025. – Т. 28, № 1 (95). – С. 66–84.
19. Попов А. О. Использование технологий информационного моделирования при обследовании объектов культурного наследия / А. О. Попов, И. Н. Гарькин, Л. С. Сабитов, Э. Ю. Абдуллазянов // *Инженерные исследования*. – 2024. – № 1 (16). – С. 23–29.
20. Адамцевич Л. А. Организационно-технологические решения при управлении жизненным циклом объектов строительства в проектах комплексного развития территорий / Л. А. Адамцевич, А. А. Лapidус // *Строительство: наука и образование*. – 2025. – Т. 15, № 3. – С. 176–188.

#### References

1. Garkin I. N., Sabitov L. S., Radionov T. V., Nagaeva Z. S. Otsenka sostoyaniya obektov kulturnogo naslediya: metod Beiesa [Assessment of the condition of cultural heritage sites: the Bayes method]. *Stroitel Donbassa* [Builder of Donbass]. 2025, no. 2 (31), pp. 11–15.
2. Garkin I. N., Sabitov L. S., Radionov T. V., Nagaeva Z. S. Primenenie metodov prognozirovaniya pri otsenke tekhnicheskogo sostoyaniya obektov kulturnogo naslediya [Application of forecasting methods in assessing the technical condition of cultural heritage sites]. *Stroitel Donbassa* [Builder of Donbass]. 2025, no. 2 (31), pp. 4–10.
3. Garkin I. N. Istoriko-arkhitekturnaya tsennost obektov kulturnogo naslediya: metodika otsenki, pofaktornii i istoriko-geneticheskii analiz [Historical and architectural value of cultural heritage sites: assessment methods, factorial and historical-genetic analysis]. *Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo* [Regional Architecture and Construction]. 2025, no. 1 (62), pp. 192–199.
4. Mailyan L. D., Ilyushin S. A., Zelentsov K. A. Entropiini podkhod k otsenke effektivnosti innovatsii v sfere upravleniya investitsionno-stroitelnimi proektami [An Entropy Approach to Assessing the Effectiveness of Innovations in Investment

and Construction Project Management]. *Stroitelstvo i arkhitektura – 2023 : materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii fakulteta promishlennogo i grazhdanskogo stroitelstva* [Construction and Architecture – 2023: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference of the Faculty of Industrial and Civil Engineering]. Rostov-on-Don: Donskoi gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet; 2023, pp. 228–229.

5. Garkina I. A., Yaziev S. B., Artemev D. A. Otsenka tekhnicheskogo sostoyaniya stroitelnykh konstrukttsii: entropiini podkhod [Assessment of the technical condition of building structures: an entropy approach]. *Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo* [Regional Architecture and Construction]. 2025, no. 4 (65), pp. 130–136.
6. Dulesov A. S., Dulesova N. V., Karandeev D. Yu. Pokazatel razgranicheniya urovnya nadezhnosti tekhnicheskoi sistemi po kachestvennomu priznaku: entropiini podkhod [An indicator for distinguishing the reliability level of a technical system based on a qualitative characteristic: an entropy approach]. *Fundamentalnie issledovaniya* [Fundamental Research]. 2016, no. 2-3, pp. 477–481.
7. Mirkhasanov R. F., Sabitov L. S., Garkin I. N. Kompozitsionnaya forma v arkhitekture kontsa XIX veka: evolyutsiya inzhenernoi misli [Compositional Form in late 19th-century architecture: the evolution of engineering thought]. *Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo* [Regional Architecture and Construction]. 2023, no. 2 (55), pp. 157–161.
8. Leontev S. V., Taleiko A. A. Otsenka dolgovechnosti i sokhranosti fiziko-mekhanicheskikh svoystv kamennoi kladki fundamentov istoricheskikh zdaniy XIX veka postroiki [Assessment of the durability and preservation of the physical and mechanical properties masonry foundations of historic buildings built in the 19th century]. *Inzhenerno-stroitelnyy vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region]. 2023, no. 2 (44), pp. 47–52.
9. Lapidus A. A., Ageeva Ya. D. Tsifrovaya transformatsiya materialno-tekhnicheskogo obespecheniya stroitelstva [Digital transformation of construction logistics]. *Privolzhskii nauchnyi zhurnal* [Privolzhsky Scientific Journal]. 2025, no. 1 (73), pp. 174–181.
10. Salnikov V. B., Fomin N. I., Vargina T. A. O kriterii optimalnoi generatsii inzhenernoi infrastruktury mikroraiona [On the Criteria for Optimal Generation of Engineering Infrastructure in a Microdistrict]. *Prirodnie i tekhnogennye riski. Bezopasnost sooruzhenii* [Natural and Man-Made Risks. Safety of Structures]. 2025, no. 6 (81), pp. 38–41.
11. Zimina Zh. A., Bespalova O. N., Aitpaeva A. A. Problemy urbanizatsii na sovremennom etape razvitiya rossiiskikh gorodov i puti ikh resheniya [Problems of urbanization at the current stage of development of Russian cities and ways to solve them]. *Inzhenerno-stroitelnyy vestnik Prikaspiya* [Engineering and Construction Bulletin of the Caspian Region]. 2025, no. 4 (54), pp. 39–44.
12. Xiao Sh., Fomin N. I., Khvostunkov K. A., Yang H., Liu Ch. Application of large language models in sustainable structural engineering: performance and potential. *E3S Web of Conferences*. 2025, vol. 670, pp. 05007.
13. Gevorkyan A. K., Serbin S. A., Fomin N. I. Universalnaya metodika formirovaniya orientirovannoi vo vremeni matritsi kollizii v vide proektno-stroitelnykh peresechenii elementov tsifrovoi informatsionnoi modeli stroitel'nogo obekta [A universal technique for forming a time-oriented collision matrix in the form of design and construction intersections of elements of a digital information model of a construction project]. *Vestnik yevraziiskoi nauki* [Bulletin of Eurasian Science]. 2025, vol. 17, no. 4. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/universalnaya-metodika-formirovaniya-orientirovannoy-vo-vremeni-matritsy-kolliziy-v-vide-proektno-stroitelnykh-peresecheniy/viewer>.
14. Budilina Ye. A., Garkina I. A., Danilov A. M. Formirovanie svoystv kompozitov: ot empiricheskogo podkhoda k fundamentalizatsii [Formation of Composite Properties: From an Empirical Approach to Fundamentalization]. *Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo* [Regional Architecture and Construction]. 2024, no. 1 (58), pp. 33–39.
15. Garkina I. A., Danilov A. M. Vremennye ryady v stroitel'nom materialovedenii [Time Series in Construction Materials Science]. *Regionalnaya arkhitektura i stroitelstvo* [Regional Architecture and Construction]. 2024, no. 1 (58), pp. 99–104.
16. Mikhhalchenko O. Yu., Ilna L. V., Tkach A. A., Pantukh E. B. Sistema prediktivnoi analitiki v stroitel'stve na osnove matematicheskogo modelirovaniya [A system of predictive analytics in construction based on mathematical modeling]. *Izvestiya visshikh uchebnikh zavedenii. Stroitelstvo* [News of Higher Education Institutions. Construction]. 2025, no. 7 (799), pp. 116–122.
17. Mikhhalchenko O. Yu. Primenenie teorii khaosa dlya analiza bifurkatsii v stroitel'nykh sistemakh [Application of chaos theory to bifurcation analysis in construction systems]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov* [Bulletin of Civil Engineers]. 2025, no. 1 (108), pp. 61–66.
18. Lapidus A. A., Mikhhalchenko O. Yu., Tkach A. A. Ispolzovanie metoda analiza ierarkhii dlya ranzhirovaniya riskov pri stroitel'stve obektov kapital'nogo stroitel'stva [Using the Analytical Hierarchy Processing Method for Risk Ranking in the Construction of Capital Projects]. *Trudi Novosibirskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta (Sibstrin)* [Proceedings of the Novosibirsk State University of Architecture and Civil Engineering (Sibstrin)]. 2025, vol. 28, no. 1 (95), pp. 66–84.
19. Popov A. O., Garkin I. N., Sabitov L. S., Abdullazyanov E. Yu. Ispolzovanie tekhnologii informatsionnogo modelirovaniya pri obsledovanii obektov kulturnogo naslediya [Using Information Modeling Technologies in Surveying Cultural Heritage Sites]. *Inzhenernie issledovaniya* [Engineering Research]. 2024, no. 1 (16), pp. 23–29.
20. Adamtsevich L. A., Lapidus A. A. Organizatsionno-tekhnologicheskie resheniya pri upravlenii zhiznennim tsiklom obektov stroitel'stva v proektakh kompleksnogo razvitiya territorii [Organizational and technological solutions in managing the life cycle of construction projects in integrated territorial development projects]. *Stroitelstvo: nauka i obrazovanie* [Construction: Science and Education]. 2025, vol. 15, no. 3, pp. 176–188.

© И. Н. Гарькин, А. О. Попов, О. Л. Викторова

#### Ссылка для цитирования:

Гарькин И. Н., Попов А. О., Викторова О. Л. Оптимизация организации работ на объектах культурного наследия: энтропийный подход // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2026. № 1 (55). С. 50–54.