

ТЕХНОЛОГИЯ РЕСТАВРАЦИИ АРОЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И СВОДОВ. ОЦЕНКА ЗНАЧИМОСТИ ВЛИЯЮЩИХ ФАКТОРОВ

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается оценка значимости влияния сформированных групп факторов на выбор технологии реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры, а также ее результаты.

Ключевые слова: факторы, технология, реставрация, памятники архитектуры, своды, арки.

АНОТАЦІЯ

У статті розглядається оцінка значущості впливу сформованих груп факторів на вибір технології реставрації аркових конструкцій і склепінь пам'ятників архітектури, а також її результати.

Ключові слова: фактори, технологія, реставрація, пам'ятники архітектури, склепіння, арки.

ANNOTATION

The article discusses assessment of the importance of the formed groups of factors influence the choice of technology for the restoration of the arches and arched constructions of monuments of architectural, as well as its results.

Keywords: factors, technology, restoration, monuments of architecture, arches.

Введение. Оценка значимости влияния сформированных групп факторов выполнена методом экспертной оценки [1; 2; 3].

Исследование значимости влияющих факторов выполнено с использованием двухэтапной схемы экспертной оценки (рис. 1), которая позволяет постепенно совершенствовать общую совокупность объектов исследования (групп и подгрупп факторов) с помощью получения и анализа результатов опроса, их корректировки и последующей экспертной оценки.

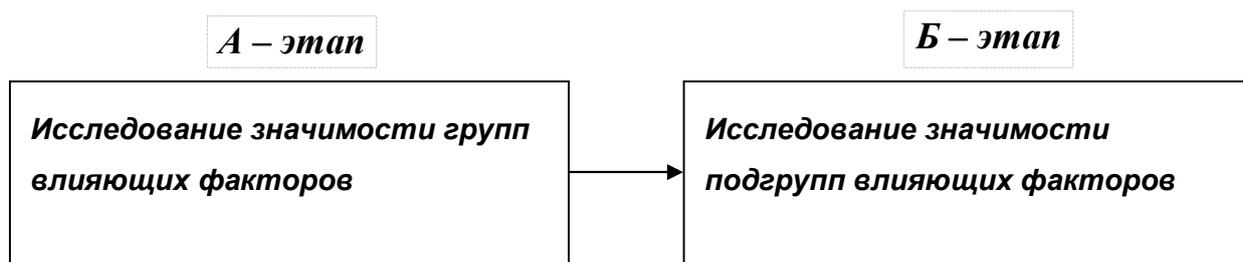


Рис. 1. Двухэтапная схема экспертной оценки

Основной материал. Исследование значимости групп влияющих факторов выполнено в последовательности, в соответствии с приведенной на рис. 2 схемой экспертной оценки.



Рис. 2. Схема экспертной оценки групп влияющих факторов

Блок 1. Формирование объектов исследования, отбор группы экспертов. В качестве объектов экспертной оценки приняты сформированные группы факторов [4; 5], а именно:

A – факторы. Архитектурно-историческая ценность распорных конструкций и здания в целом (**A.1**);

B – факторы. Вид реставрации памятника архитектуры (**B.1**);

C – факторы. Строительно-технологические характеристики памятника архитектуры (сооружения);

D – факторы. Строительно-технологические характеристики распорных конструкций – арок и сводов;

E – факторы. Технологические факторы;

F – факторы. Организационные условия и ограничения.

Таким образом, на первом этапе экспертного опроса сформировано шесть объектов исследования ($N = 6$).

Для проведения экспертного опроса сформирована группа экспертов в составе 24 человек – восемь профессоров, двенадцать кандидатов технических наук и четыре инженера с опытом работы на производстве не менее 5 лет (уровень компетентности экспертов составил от 0,725 до 0,95).

Блок 2. Опрос экспертов выполнен с помощью анкеты, содержащей перечень объектов исследования (группы факторов **A, B, C, D, E, F**).

Ранжирование выполнено с помощью натуральных чисел в пределах количественного состава объектов исследования, для данного этапа от 1 до 6.

В случае присвоения экспертом одного ранга разным группам факторов, выполняется нормирование рангов данного эксперта так, чтобы сумма рангов (ΣR) равнялась сумме натурального ряда чисел, которая определяется по формуле [6]:

$$\Sigma R = N(N+1)/2, \quad (1)$$

где N – общее количество объектов исследования – групп факторов.

Блок 3. Обработка и анализ результатов исследования – оценка степени соответствия оценок экспертов касательно предмета исследования,

выполненная с помощью коэффициента конкордации (ω), который рассчитывается по формуле [1; 2; 3; 6]:

$$\omega = 12 \sum Q_i^2 / (K^2(N^3 - N) - K \sum U_j), \quad (2)$$

где $\sum Q_i^2$ – общая вариация выборки:

$$\sum Q_i^2 = \sum (\sum r_{ij} - r^-)^2, \quad (3)$$

где $\sum r_{ij}$ – сумма рангов, которые присвоены i -му объекту всеми экспертами;
 r^- – средняя сумма рангов:

$$r^- = (1/N) \sum \sum r_{ij}, \quad (4)$$

где K – количество экспертов, принявших участие в опросе;

N – общее количество объектов исследования;

U_j – показатель, учитывающий количество связанных рангов (одинаковых рангов у каждого эксперта):

$$U_j = \sum (u_{sj}^3 - u_{sj}), \quad (5)$$

где u_{sj} – число связанных (одинаковых) рангов в s -й группе j -го эксперта.

Коэффициент конкордации изменяется в пределах от нуля до единицы, если он равен единице ($\omega = 1$), то говорят про полную согласованность оценок экспертов.

Оценка значимости коэффициента конкордации выполнена по критерию Пирсона (χ^2), который рассчитывается по формуле:

- при наличии связанных рангов:

$$\chi^2_p = 12 \sum Q_i^2 / (KN(N + 1) - \sum U_j / (N - 1)); \quad (6)$$

- при отсутствии связанных рангов:

$$\chi^2_p = K(N - 1)\omega. \quad (7)$$

Рассчитанный критерий χ^2_p сравнивается с теоретическим значением критерия Пирсона $\chi^2_{1-\alpha}(m)$, который берется из математических таблиц [7] для заданного числа степеней свободы ($m = N - 1$) и уровня значимости $\alpha = 1\%$ или $\alpha = 5\%$.

Если рассчитанное значение критерия Пирсона больше теоретического $\chi^2_p > \chi^2_{1-\alpha}(m)$, то гипотеза о наличии согласованности в оценках экспертов не отбрасывалась с принятым уровнем значимости α .

Расчет выполнен в табличной форме (табл. 1), которая представляет собой матрицу вида $R = \{r_{ij}\}$, $i = 1, 2, \dots, N$; $j = 1, 2, \dots, K$ (N – количество объектов исследования – групп факторов, K – количество экспертов).

Расчетное значение критерия Пирсона (при наличии связанных рангов):

$$\chi^2_p = 12 \sum Q_i^2 / (KN(N+1) - \sum U_j / (N-1)) =$$

$$= 12 \cdot 37639,2 / (24 \cdot 6(6+1) - 18 / (6-1)) = 449,69.$$

Теоретическое значение критерия Пирсона определено при 1% уровне значимости ($\alpha = 0,01$) и количестве степеней свободы $m = N - 1 = 24 - 1 = 23$:

$$\chi^2_{1-0,01}(23) = 10,196 \text{ (табл. 19.5-4 [7]).}$$

Таблица 1

Матрица рангов.

Факторы, оказывающие наибольшее влияние на выбор технологии реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры

Номер эксперта, $j = (1, K)$	Объекты исследования, $i = (1, N)$						s	u_{sj}	U_j
	1	2	3	4	5	6			
1	1	3	5	2	4	6	0	0	0
2	1	5	2	3	6	4	0	0	0
3	2	1	4	5	3	6	0	0	0
4	5	4	3	1	2	6	0	0	0
5	3	6	4	5	2	1	0	0	0
6	1	2	4	3	6	5	0	0	0
7	1	4	2,5*	2,5	5	6	1	2	6
8	1	3	4	2	5	6	0	0	0
9	1	5	2	3	4	6	0	0	0
10	1,5*	4,5*	3	1,5	4,5	6	2	2+2	12
11	1	2	4	6	5	3	0	0	0
12	1	3	5	2	6	4	0	0	0
13	2	3	4	5	1	6	0	0	0
14	3	5	4	6	2	1	0	0	0
15	1	3	4	2	6	5	0	0	0
16	2	1	5	6	4	3	0	0	0
17	1	3	2	5	6	4	0	0	0
18	1	2	4	6	3	5	0	0	0
19	1	3	5	2	6	4	0	0	0
20	4	1	5	2	3	6	0	0	0
21	4	5	3	2	1	6	0	0	0
22	5	4	2	1	3	6	0	0	0
23	3	2	4	1	5	6	0	0	0
24	2	3	4	1	6	5	0	0	0
Сумма рангов, $\square r_{ij}$	48,5	77,5	88,5	75	98,5	116	$\sum U_j =$ $\sum \sum (u_{sj}^3 - u_{sj}) = 18$		
Квадрат отклонения, $(\square r_{ij} - \bar{r})^2$	6493	6307,96	6216	6356,26	6194	6072	$r = 1/N \sum \sum r_{ij} = 84$		
Вариация, $\sum Q_i^2 = \sum (\sum r_{ij} - r)^2 = 37639,2$									
Коэффициент конкордации $\omega = 12 \sum Q_i^2 / (K^2(N^3 - N) - K \sum U_j) = 3,75$									

* Ранги нормированы в соответствии с формулой (1)

Если $\chi^2_p = 449,69 \gg \chi^2_{1-0,01} (23) = 10,196$, тогда гипотеза о наличии согласованности в оценках экспертов не отбрасывается с уровнем значимости $\alpha = 0,01$.

Таким образом, мы имеем высокую согласованность между отдельными взглядами экспертов относительно исследуемого вопроса.

Блок 4. Определение значимых групп факторов выполнено на основании всестороннего анализа полученных результатов.

Полученные данные оценки значимости групп факторов представлены в виде диаграммы рангов (рис. 3), где по оси абсцис отложены объекты исследования (группы факторов), а по оси ординат – суммы рангов.

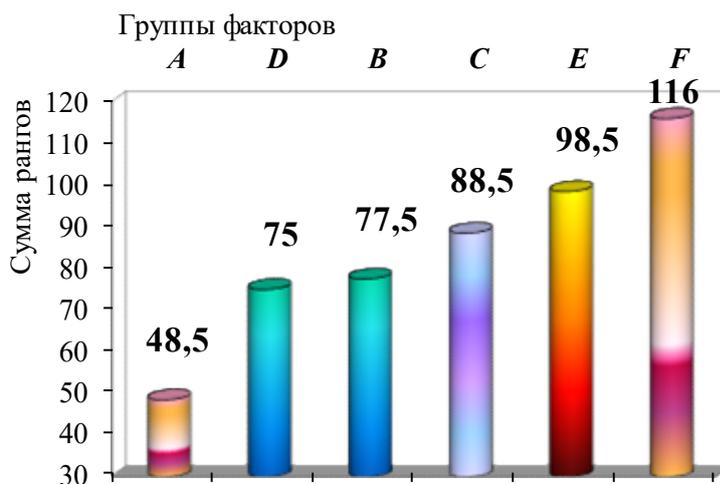


Рис. 3. Диаграмма рангов

Чем меньше сумма рангов, тем большее влияние оказывает группа факторов на параметры технологии реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры.

Анализ диаграммы показывает, что, по мнению экспертов, **архитектурно-историческая ценность** объекта реставрации (**фактор А**) оказывает **наибольшее** влияние на выбор рациональной технологии реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры. Существенное влияние также оказывают **строительно-технологические характеристики распорных конструкций – столбов, арок и сводов (фактор D)** и, чуть в меньшей степени, **вид реставрации памятника архитектуры (фактор B)**, **строительно-технологические характеристики памятника архитектуры (фактор C)** и **технологические факторы (фактор E)**. Влияние **организационных условий и ограничений (фактор F)** на исследуемый вопрос в сравнении с вышеуказанными факторами – незначительно.

Оценка степени влияния анализируемых факторов на параметры технологии реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры дополнена дисперсионным анализом с помощью критерия Фишера (F – критерий), который определяется по формуле [7]:

$$F_p = \frac{S_A^2}{S_0^2} > F_\alpha [m, m'], \quad (8)$$

где F_p – расчетное значение F – критерия Фишера;

$F_\alpha [m, m']$ – теоретическое значение критерия Фишера при значимости $\alpha = 0,10$ и количестве степеней свободы m и m' ;

m – число степеней свободы для большей дисперсии при количестве анализируемых факторов r :

$$m = r - 1; \quad (9)$$

m' – тоже, для меньшей дисперсии для выборки объемом n :

$$m' = n - r; \quad (10)$$

S_A^2 – систематическая дисперсия (рассеивание под влиянием анализируемых факторов):

$$S_A^2 = \frac{1}{r-1} Q_A^2; \quad (11)$$

S_O^2 – остаточная дисперсия (рассеивание под влиянием всех прочих факторов):

$$S_O^2 = \frac{1}{n-r} Q_O^2, \quad (12)$$

где Q_A^2 , Q_O^2 – вариации, соответственно, систематическая и остаточная – последняя находится из общей вариации Q^2 по формуле:

$$Q_O^2 = Q^2 - Q_A^2. \quad (13)$$

Расчет выполнен в табличной форме (табл. 2), результаты расчета показаны на диаграмме (рис. 4).

Таблица 2

**Дисперсионный анализ степени влияния исследуемых факторов
на параметры технологии реставрации арочных конструкций
и сводов памятников архитектуры**

Систематическая вариация, $Q^2 = (\sum r_{ij} - r)^2 =$	6493	6307,96	6216	6356,26	6194	6072
Общая вариация, $Q_0^2 = \sum (\sum r_{ij} - r)^2 =$	37639,2					
Остаточная вариация $Q_O^2 = Q^2 - Q_A^2 =$	31146,2	31331,3	31423,22	31283	31445,2	31567,2
Дисперсия систематическая, $S_A^2 =$	1298,6	1261,59	1243,2	1271,25	1238,8	1214,4
Остаточная дисперсия, $S_O^2 =$	225,697	227,038	227,7045	226,688	227,864	228,748
$F_\Phi = S_A^2 / S_O^2 =$	5,75373	5,55674	5,459708	5,60793	5,43658	5,3089
$F_{0,10}[23; 120] =$	1,96	<	33,12359			
при $n = 144; r = 24; m' = 120; m = 23$						
среднее влияние $x_j =$	3,16319	2,96181	2,885417	2,97917	2,81597	2,69444
суммарное влияние $A + B + C + D + E + F$ факторов значимо						
факторы	A	B	C	D	E	F

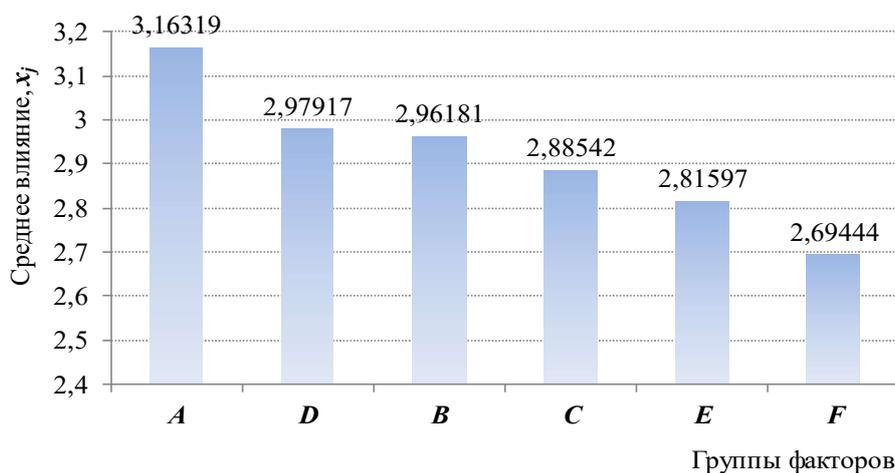


Рис. 4. Диаграмма степени влияния факторов

Выводы. Результаты дисперсионного анализа подтверждают, что *совместное влияние* совокупности исследуемых групп факторов (**A, D, B, C, E и F – групп факторов**) на параметры технологии реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры *значимо* по сравнению с другими факторами, которые в данном исследовании не рассматриваются. Кроме того, подтверждается и общий характер влияния выделенных групп факторов – наибольшее влияние оказывает **A – группа** факторов, наименьшее влияние оказывает **F – группа** факторов.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Головнев С.Г. Оптимизация методов зимнего бетонирования. – Л.: Стройиздат, 1983. – 235 с.
2. Евланов Л.Г. Экспертные оценки в управлении – М.: Экономика, 1978. – 133 с.
3. Емельянов С.В. Многокритериальные методы принятия решений, – М.: Знание, 1985. – 32 с.
4. Осипов С.А. Методика исследования факторов, влияющих на выбор рациональных методов реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры / С. А. Осипов // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник. – К.: КНУБА, 2011. – Вип. 41. – С. 313–318.
5. Осипов С.А. Обоснование основных групп факторов, влияющих на выбор рациональных методов реставрации арочных конструкций и сводов памятников архитектуры / С. А. Осипов // Шляхи підвищення ефективності будівництва в умовах формування ринкових відносин: Зб. наук. праць. – Вип. 24. У 2 ч. Ч.1. – Київ : КНУБА, 2011. – С. 89–93.
6. Аналіз і прогнозування основних тенденцій і напрямів прогресу в будівництві: методичні рекомендації / уклад. А.Ф. Осипов. – К.: КНУБА, 2000. – 24 с.
7. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984. – 831 с.

Отримано: 19.02.2014