

Логанина В.И., д-р техн. наук, проф.,
Куимова Е.И., канд. техн. наук, доц.,
Учаева Т.В., ст. препод.

Пензенский государственный университет архитектуры и строительства

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НЕЧЕТКОГО ОТНОШЕНИЯ ПРЕДПОЧТЕНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ИЗВЕСТКОВОЙ СУХОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ СМЕСИ*

loganin@mail.ru

Приведены сведения о применении метода нечеткого отношения предпочтения при оценке конкурентоспособности известковой сухой строительной смеси с использованием синтезированных гидросиликатов кальция. Рассмотрен алгоритм расчета конкурентоспособности.

Ключевые слова: сухая строительная смесь, гидросиликаты кальция, конкурентоспособность, метод нечеткого отношения предпочтений

Таблица 1

Свойства разработанного отделочного покрытия

Наименование показателя	Значение показателя разработанного состава
Прочность при сжатии, МПа	3-4
Адгезионная прочность $R_{сц}$, МПа	0,6-0,9
Морозостойкость, не менее циклов	50
Время высыхания до степени «5» при $(20\pm 2)^\circ\text{C}$, мин,	15...20
Водоудерживающая способность, %	98-99
Водопоглощение по массе, %	10-12
Водостойкость	0,68-0,74
Усадочные деформации мм/м	0,26-0,38
Коэффициент паропроницаемости μ , мг/м ² ·ч·Па	0,05
Расход отделочного состава при нанесении в 1 слой толщиной:	
– 1 мм, кг/м ²	1-1,2
– 10 мм, кг/м ²	10-12
Жизнеспособность, час	1-1,5
Срок хранения, мес	6-12

Методология. При оценке конкурентоспособности разработанной ССС и рассмотрении решения о целесообразности изготовления на предприятии разработанной ССС с добавкой на основе гидросиликатов кальция был применен метод, предполагающий построение множества недоминируемых альтернатив на основе нечеткого отношения предпочтения [5].

Задача выбора рациональной ССС с учетом наиболее важных критериев качества рассмотрена на примере анализа четырех альтернатив: a_1 — «Крепс Антик»; a_2 — Рунит; a_3 — Baumit KalkPutz; a_4 — разработанная ССС (табл. 2).

Для оценки альтернатив используем восемь критериев качества:

Введение. В настоящее время производство сухих строительных смесей (ССС) в нашей стране является одним из наиболее интенсивно развивающихся направлений строительной индустрии и одним из крупнейших сегментов строительного рынка. В структуре объема выпуска ССС доля выпуска штукатурных и шпаклевочных смесей составляет около 48%. Наибольшей популярностью среди штукатурных смесей пользуются цементные и гипсовые смеси. На известковые смеси спрос немного ниже вследствие низкой прочности и водостойкости. Однако, известковые штукатурные смеси имеют ряд преимуществ. Известковые покрытия имеют хорошее сцепление с деревянными, кирпичными и шлакобетонными поверхностями, устойчивы к биоповреждениям за счет высокой щелочности извести, обеспечивают вследствие высокой паропроницаемости покрытий оптимальный микроклимат зданий и сооружений.

Все большее применение находят известковые сухие строительные смеси в реставрации памятников, санирования и ремонта зданий [1]. На отечественном рынке представлены известковые сухие смеси для реставрационных работ такими марками как Рунит, Птах, Атлант, Холви, Крепс Антик, Баумит и др. Вместе с тем, применение для реставрации памятников архитектуры известковых составов вызывает определенные трудности, связанные с их низкой водостойкостью.

Для повышения стойкости покрытий на основе известковых ССС предложено вводить в их рецептуру различные модифицирующие добавки [2,3]. Разработана технология синтеза гидросиликатов кальция (ГСК), адаптированная для их применения в отделочных известковых ССС, и рецептура известковой ССС с применением ГСК, включающая известь-пушонку, ГСК, кварцевый песок, пластификатор С-3, диспергируемый порошок Neolith 7200[4]. Свойства ССС приведены в табл. 1

F_1 – адгезия (МПа);
 F_2 – жизнеспособность (час);
 F_3 – морозостойкость (циклы);
 F_4 – прочность на сжатие (МПа);
 F_5 – расход (кг/кв. м);
 F_6 – водоудерживающая способность

На основании функций принадлежности всех альтернатив по шести критериям определены их конкретные значения, которые представляют собой следующие нечеткие множества:

μ_{F1}	0,14	0,57	0,29	0,64
μ_{F2}	0,15	0,40	0,80	0,05
μ_{F3}	0,20	0,20	0,20	0,80
μ_{F4}	0,44	0,08	0,65	0,44
μ_{F5}	0,80	0,60	0,10	0,30
μ_{F6}	0,95	0,95	0,95	0,98

Таблица 2

Технические характеристики штукатурных смесей

Технические характеристики / Наименование марки	Прочность на сжатие (МПа)	Адгезия (МПа)	Жизнеспособность (ч)	Расход (кг/кв. м/мм)	Морозостойкость
Рунит	3-4	0,4	1,5-2	1,4-1,6	35
Крепс Антик 1	1	0,7	3	1,2-1,4	35
Vaumit KalkPutz	5	0,5	5	0,8	35
Разработанная ССС	3-4	0,6-0,9	1-1,5	1	50

По этим данным составлены матрицы нечетких отношений предпочтения R_1, \dots, R_6 .

$$\mu_{R_k}(a_i, a_j) = \begin{cases} \mu_{F_k}(a_i, a_j) - \mu_{F_k}(a_j, a_i), & \text{если } \mu_{F_k}(a_i, a_j) \geq \mu_{F_k}(a_j, a_i) \\ 0, & \text{если } \mu_{F_k}(a_i, a_j) < \mu_{F_k}(a_j, a_i) \end{cases}$$

$R_1 =$

F_1	a_1	a_2	a_3	a_4
a_1	1,00	0,00	0,00	0,00
a_2	0,43	1,00	0,29	0,00
a_3	0,14	0,00	1,00	0,00
a_4	0,50	0,07	0,36	1,00

$R_2 =$

F_2	a_1	a_2	a_3	a_4
a_1	1,00	0,00	0,00	0,10
a_2	0,25	1,00	0,00	0,35
a_3	0,65	0,40	1,00	0,75
a_4	0,00	0,00	0,00	1,00

F_3

a_1	a_2	a_3	a_4
-------	-------	-------	-------

$R_3 =$	a_1	1,00	0,00	0,00	0,00	
	a_2	0,00	1,00	0,00	0,00	
	a_3	0,00	0,00	1,00	0,00	
	a_4	0,60	0,00	0,60	1,00	
		F_4	a_1	a_2	a_3	a_4
$R_4 =$	a_1	1,00	0,35	0,00	0,00	
	a_2	0,00	1,00	0,00	0,00	
	a_3	0,21	0,56	1,00	0,21	
	a_4	0,00	0,35	0,00	1,00	
		F_5	a_1	a_2	a_3	a_4
$R_5 =$	a_1	1,00	0,20	0,70	0,50	
	a_2	0,00	1,00	0,50	0,30	
	a_3	0,00	0,00	1,00	0,00	
	a_4	0,00	0,00	0,20	1,00	
		F_6	a_1	a_2	a_3	a_4
$R_6 =$	a_1	1,00	0,00	0,00	0,00	
	a_2	0,00	1,00	0,00	0,00	
	a_3	0,00	0,00	1,00	0,00	
	a_4	0,03	0,03	0,03	1,00	

Строим нечеткое отношение $Q_1 = R_1 \cap R_2 \cap \dots \cap R_6$ на следующей основе:

$$\mu_{Q_1}(a_i, a_j) = \min(\mu_{R_1}(a_i, a_j), \mu_{R_2}(a_i, a_j), \dots, \mu_{R_6}(a_i, a_j)).$$

			a_1	a_2	a_3	a_4
$\mu_{Q_1}(a_i, a_j) =$	a_1	1,00	0,00	0,00	0,00	
	a_2	0,00	1,00	0,00	0,00	
	a_3	0,00	0,00	1,00	0,00	
	a_4	0,00	0,00	0,00	1,00	

Находим подмножество недоминируемых альтернатив на множестве $\mu_{Q_1}(a_i, a_j)$,

$$\mu_{Q_1}^{nd}(a_i) = 1 - \max_{a_j} (\mu_{Q_1}(a_j, a_i) - \mu_{Q_1}(a_i, a_j))$$

а именно,

$$\mu_{Q_1}^{nd}(a_1) = 1 - \max_{a_j} (\mu_{Q_1}(a_2, a_1) - \mu_{Q_1}(a_1, a_2), \mu_{Q_1}(a_3, a_1) - \mu_{Q_1}(a_1, a_3),$$

$$\mu_{Q_1}(a_4, a_1) - \mu_{Q_1}(a_1, a_4)) = 1;$$

$$\mu_{Q_1}^{nd}(a_2) = 1 - \max_{a_j} (\mu_{Q_1}(a_1, a_2) - \mu_{Q_1}(a_2, a_1), \mu_{Q_1}(a_3, a_2) - \mu_{Q_1}(a_2, a_3)),$$

$$\mu_{Q_1}(a_4, a_2) - \mu_{Q_1}(a_2, a_4) = 1;$$

$$\mu_{Q_1}^{nd}(a_3) = 1 - \max_{a_j} (\mu_{Q_1}(a_1, a_3) - \mu_{Q_1}(a_3, a_1), \mu_{Q_1}(a_3, a_3) - \mu_{Q_1}(a_3, a_2)),$$

$$\mu_{Q_1}(a_4, a_3) - \mu_{Q_1}(a_3, a_4) = 1;$$

$$\mu_{Q_1}^{nd}(a_4) = 1 - \max_{a_j} (\mu_{Q_1}(a_1, a_4) - \mu_{Q_1}(a_4, a_1), \mu_{Q_1}(a_2, a_4) - \mu_{Q_1}(a_4, a_2)),$$

$$\mu_{Q_1}(a_3, a_4) - \mu_{Q_1}(a_4, a_3) = 1.$$

Получаем

	a_1	a_2	a_3	a_4
$\mu_{Q_1}^{nd}(a_i)$	1	1	1	1

Строим отношение Q_2 .

$$\mu_{Q_2}(a_i, a_j) = \sum_k w_k \cdot \mu_{R_k}$$

Коэффициенты w_k относительной важности критериев, определенные методом экспертной квалиметрии, имеют следующие значения:

W_1	W_2	W_3	W_4	W_5	W_6
0,2	0,12	0,3	0,15	0,08	0,15

Определяем нечеткое отношение Q_2 .

		a_1	a_2	a_3	a_4
$\mu_{Q_1}(a_i, a_j) =$	a_1	1,00	0,07	0,06	0,05
	a_2	0,12	1,00	0,10	0,07
	a_3	0,14	0,13	1,00	0,12
	a_4	0,28	0,07	0,27	1,00

Находим подмножество недоминируемых альтернатив множества $\mu_{Q_2}(a_i, a_j)$

Получаем

$$\mu_{Q_2}^{nd}(a_i) = 1 - \max_{a_j} (\mu_{Q_2}(a_j, a_i) - \mu_{Q_2}(a_i, a_j))$$

	a_1	a_2	a_3	a_4
$\mu_{Q_2}^{nd}(a_i)$	0,77	0,96	0,85	1,0

Результирующее множество недоминируемых альтернатив есть пересечение

множеств $\mu_{Q_1}^{nd}(a_i)$ и $\mu_{Q_2}^{nd}(a_i)$:

$$\mu_{Q_1}^{nd}(a_i) \cap \mu_{Q_2}^{nd}(a_i) = \{1 \ 1 \ 1 \ 1\} \cap \{0,77 \ 0,96 \ 0,85 \ 1\} = \{0,77 \ 0,96 \ 0,85 \ 1\}$$

Выводы. Результаты расчета показывают, что рациональным следует считать выбор альтернативы a_4 , имеющей максимальную степень недоминируемости.

Таким образом, из всех рассмотренных альтернатив более конкурентоспособной оказывается разработанная ССС с применением синтезированных гидросиликатов кальция.

**Работа выполнялась при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках базовой части*

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шангина Н.Н., Харинонов А.М. Особенности производства и применения сухих строительных смесей для реставрации памятников архитектуры // Сухие строительные смеси-2012-

№3-С.35-38.

2. Логанина В.И., Давыдова О.А., Симонов Е.Е Влияние активации диатомита на свойства известковых композиций // Известия высших учебных заведений. Строительство. 2011. № 3. С. 20-23.

3. Строкова В.В., Везенцев А. И., Колесников Д. А., Шиманская М. С. Свойства синтетических нанотубулярных гидросиликатов // Вестник БГТУ им. Шухова. Белгород: Изд-во

БГТУ. 2010. № 4. С. 30-34

4.Логанина В.И., Макарова Л.В. Штукатурные составы для реставрационных работ с применением окрашенных наполнителей // Региональная архитектура и строительство. 2009. № 1. С. 38-40.

5.Андрейчиков А. В., Андрейчикова О.Н., Анализ, синтез, планирование решений в экономике. М.: Финансы и статистика. 2000. 368 с.: