

УДК 519.816:620.168

А.М. Возный, Ю.А. Казимиренко, Т.А. Фарионова

Национальный университет кораблестроения
им. адм. Макарова, г. Николаев

ПРИМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ КОНСТРУКЦИЙ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ РАДИОАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

Рассмотрено применение когнитивного подхода к решению проектных задач создания конструкций технических средств для хранения радиоактивных веществ.

Ключевые слова: когнитивное моделирование, технические средства для хранения радиоактивных веществ, композиционные материалы

Постановка проблемы

Когнитивное моделирование является одним из методов исследования сложных слабоструктурированных систем [1;2], к которым можно отнести технические средства для хранения радиоактивных веществ (РАВ) – важнейшие стратегические объекты энергетики, обеспечивающие бесперебойную работу транспортной, химической и энергетической отраслей промышленности. Проектирование таких технических средств включает:

- выбор и разработку новых материалов с комплексом защитных свойств;
- внедрение энергосберегающих технологий; решение прочностных и теплофизических задач;
- разработку практических рекомендаций по эксплуатации;
- расчет технико-экономических показателей.

Качественное соизмерение и сопоставление критериев для оценки технических альтернатив довольно затруднено из-за их различного физического смысла, единиц измерения и ряда других факторов. В связи с этим задачу выбора конструкций технических средств для хранения радиоактивных веществ можно отнести к классу слабоструктурированных многокритериальных задач принятия решений [1;2] и применение когнитивного моделирования может существенно упростить процесс проектирования и сократить число дорогостоящих работ. Однако область исследований требует междисциплинарных исследований и привлечения к построению когнитивной карты специалистов, компетентных в

специальных областях знаний: материаловедении, системного анализа и др.

Анализ исследований и публикаций

Когнитивное моделирование сложных слабоструктурированных систем успешно применяется в отечественной и зарубежной практике создания новых композиционных материалов и покрытий [1;2]. В работе [5] авторами статьи были выделены основные показатели, которые влияют на процесс проектирования радиационно-стойких композиционных композитов с учетом особенностей структуры. Следующим этапом исследований является уточнение этих критериев с целью проектирования конструкций технических средств для хранения РАВ и разработка соответствующей когнитивной модели.

Формулировка цели статьи

Целью исследований является разработка когнитивной модели и механизмов принятия решений при проектировании и совершенствовании конструкций технических средств для хранения РАВ.

Изложение основного материала исследования

- Разработка когнитивной модели включает:
- выявление и корректировку факторов [1];
 - определение их взаимовлияния, направлений и диапазонов изменения значений;
 - составление когнитивной карты ситуации;
 - определении количественных оценок силы

**ЗАСТОСУВАННЯ
КОГНІТИВНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ
ПРОЄКТУВАННІ
КОНСТРУКЦІЙ ТЕХНІЧНИХ
ЗАСОБІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ
РАДІОАКТИВНИХ РЕЧОВИН**

Розглянуто застосування когнітивного підходу до вирішення проектних завдань створення конструкцій технічних засобів для зберігання радіоактивних речовин.

**USING COGNITIVE MODELING IN
THE DESIGN OF STRUCTURAL
ENGINEERING FOR STORAGE OF
RADIOACTIVE SUBSTANCES**

The application of a cognitive approach to solving design problems creating designs hardware for storage of radioactive substances.

взаимного влияния факторов и, как частные случаи, решение прямых и обратных задач.

С помощью когнитивного моделирования процесс взаимосвязи внешних факторов и внутренних физико-химических процессов, определяющих основные стадии проектирования, можно сделать прозрачным. При этом появляется возможность учитывать не только известные, но и предполагаемые взаимосвязи, что позволяет наглядно и достаточно быстро выделить группы технологических, конструкторских факторов и физико-химических процессов с ними связанных. Для реализации когнитивного подхода авторами была использована СППР «Канва» [4].

В рамках формирования исходной информации для каждого фактора задается интервал варьирования, а также его текущее значение. При этом в работе предлагается использовать новые

металлостеклянные композиционные материалы и покрытия с комплексно-защитными свойствами [3].

Основой когнитивного моделирования является построение когнитивной карты, в виде ориентированного графа (рис.1), что позволяет формализовать взаимодействие существующих в системе основных связей, определяющих ее функционирование. Вершинами этого графа являются факторы (см. табл. 1), а дуги указывают каузальные связи между факторами. Положительному влиянию приписывается знак «+» (рост (снижение) одного фактора приводит к росту (снижению) другого), отрицательному – знак «-» (рост (снижение) одного фактора приводит к снижению (росту) другого). Матрица смежности, отражающая инцидентность факторов приведена в табл. 2.

Таблица 1

Показатели проектирования конструкций технических средств для хранения РАВ

X	Фактор	Max	Min	Текущее
1	Суммарная активность излучения, МБк/л	370	2000	1200
2	Долговечность работы конструкции, лет	0	100	10
3	Толщина слоя защитного материала, мм	0,5	25	2
4	Поглощенная энергия ионизирующего излучения, мбэр/час	3,3	130	50
5	Поглощенное количество тепла, Вт/м	0,235	990	10
6	Размерная стабильность, К ⁻¹	8,55	22,58	11,72
7	Структурная стабильность материала, баллы	0	10	9
8	Стабильность прочностных свойств, %	2	50	30
9	Стабильность теплофизических свойств, %	3	50	40
10	Объемное содержание стеклянного наполнителя, %	10	50	40
11	Пористость, %	0	30	18
12	Технологичность, баллы	0	10	8
13	Количество термоциклов, ед.	1	30	18
14	Удельная материалоемкость, баллы	0,1	10	0,8
15	Эффективность защиты от ионизирующего излучения, %	0	100	50

Таблица 2

Взаимосвязь факторов информационной системы

	x ₁	x ₂	x ₃	x ₄	x ₅	x ₆	x ₇	x ₈	x ₉	x ₁₀	x ₁₁	x ₁₂	x ₁₃	x ₁₄	x ₁₅
x ₁				+	+	-	-	-	-						
x ₂														+	+
x ₃												+		+	+
x ₄					+							+			
x ₅								+	+				-	+	+
x ₆		+						-	-				+		
x ₇		+				+		+	+				+		
x ₈		+				+							+		
x ₉		+			+	+							+		
x ₁₀		+		+	+	+	+	+	+						
x ₁₁		-		+	+			-	+				-		
x ₁₂		+											+	+	+
x ₁₃		+												+	+
x ₁₄															
x ₁₅															

Для определения силы взаимовлияния факторов в системе "Канва" [4] существует подсистема извлечения предпочтений эксперта. В этой подсистеме в качестве исходной информации используется информация о числовых или лингвистических значениях факторов ситуации и знаковый граф ситуации. Система обеспечивает генерацию вопросов эксперту и определение силы причинных связей между факторами в трех режимах: прямого оценивания, парного сравнения, заданим функциональной зависимости. Когнитивная

модель ситуации в виде ориентированного знакового графа представлена на рис. 1.

Для решения поставленной задачи целесообразно применять режим парного сравнения. В этом режиме с помощью процедуры парного сравнения осуществляется упорядочивание факторов причин по силе влияния на фактор следствия (рис. 2). Также в режиме парного сравнения осуществляется автоматическое обнаружение ошибок (нетранзитивных оценок) эксперта и их автоматическая или ручная корректировка.

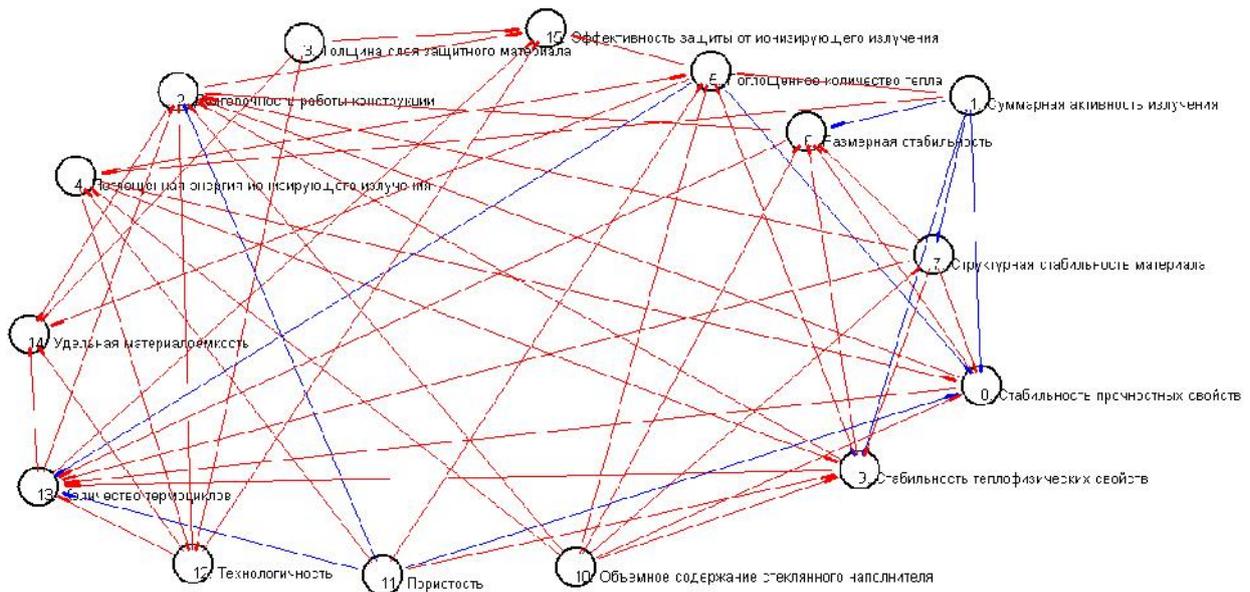


Рис. 1. Когнитивная модель ситуации



Рис. 2. Интерфейс режима парного сравнения факторов

В результате парного сравнения факторов получаем оценки величины их взаимного влияния (рис. 3). На основе сформированной модели можно решать два типа задач:

- прямая (определение степени изменения результирующих факторов при изменении исходных);
- обратная (определение необходимой величины изменения исходных факторов для получения целевого значения результирующих факторов).

Примерами прямых задач можно считать: уменьшение толщины слоя защитного материала, наносимого на поверхность стальных конструкций контейнера [4]; уменьшение объемного содержания стеклянного наполнителя; увеличение суммарной

активности РАВ. Рассматриваемые сценарии непосредственно направлены на сокращение материалоемкости продукции и, следовательно, снижение ее себестоимости, а также увеличение рабочего потенциала рассматриваемых конструкций. Сценарии обратных задач связаны с решением технологических проблем, где в качестве изменяемых параметров могут быть выбраны структурные характеристик и эксплуатационные свойства материалов и покрытий, такие как пористость, стабильность теплофизических свойств, количество термциклов.

Пример решения задачи оценки влияния фактора "Суммарная активность излучения" представлен на рис. 4.

	Сумма активн излуче	Долгов работы констру	Толщи слоя защит	Погло энерги ионизи	Погло количе тепла	Размер стабил	Струк стабил прочнос матери	Стабиль прочнос свойств	Стабиль теплофиз свойств	Объем содержания стекла	Порист	Технол	Коллчес термочи	Удельн матери	Эффект защиты от
Суммарная активность излучения				,99	,509	-,99	-,99	-,99	-,3216						
Долговечность работы конструкции														,0474	,1364
Толщина слоя защитного материала											,99			,99	,99
Поглощенная энергия ионизирующего излучения					,99			,99	,99		,198				
Поглощенное количество тепла								-,071	-,3216				-,99	,9057	,99
Размерная стабильность		,99											,0633		
Структурная стабильность материала		,1562				,3166		,1597	,0688				,4755		
Стабильность прочностных свойств		,9876				,1124							,1752		
Стабильность теплофизических свойств		,5			,0789	,1124							,2325		
Объемное содержание стеклянного наполнителя		,0432		,099	,0719	,0414	,1262	,468	,3216						
Пористость		-,0422		,099	,0748			-,3635	,0688				-,1207		
Технологичность		,2744											,0344	,1549	,3215
Количество термциклов		,0932												,2031	,0669
Удельная материалоемкость															
Эффективность защиты от ионизирующего излучения															

Рис. 3. Количественные оценки величины взаимного влияния факторов

	ВХОД	ТЕКУЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ	ВЫХОД	Консонанс
Суммарная активность излучения	Растет на 66,7%	1200,01	Не меняется	Невозможно (0,00)
Долговечность работы конструкции		10,00	Падает на -65,3%	Невозможно (0,01)
Толщина слоя защитного материала		2,00	Не меняется	Невозможно (0,00)
Поглощенная энергия ионизирующего излучения		49,98	Растет на 66%	Достоверно (1,00)
Поглощенное количество тепла		9,99	Растет на 65,3%	Почти достоверно
Размерная стабильность		11,72	Падает на -66%	Очень возможно
Структурная стабильность материала		9,00	Падает на -66%	Достоверно (1,00)
Стабильность прочностных свойств		30,00	Падает на -66%	Невозможно (0,01)
Стабильность теплофизических свойств		40,00	Растет на 65,3%	Возможно (0,51)
Объемное содержание стеклянного наполнителя		40,00	Не меняется	Невозможно (0,00)
Пористость		18,00	Не меняется	Невозможно (0,00)
Технологичность		8,00	Растет на 13,1%	Достоверно (1,00)
Количество термциклов		18,00	Падает на -64,7%	Возможно (0,62)
Удельная материалоемкость		0,80	Растет на 59,2%	Очень возможно
Эффективность защиты от ионизирующего излучения		50,00	Растет на 64,7%	Очень возможно (0,76)

Рис. 4. Оценка влияния увеличения значения фактора "Суммарная активность излучения" до 2000 МБк/л

Как видно из данных рис. 4, увеличение суммарной активности излучения с 1200 до 2000 МБк/л (на 66,7%) приведет к увеличению материалоемкости на 59,2 %, а также уменьшению долговечности работы конструкции на 65,3% и снижению эффективности защиты от ионизирующего излучения на 64,7 %.

Выводы

1. Разработана когнитивная модель проектирования конструкций технических средств, предназначенных для хранения РАВ.

2. Впервые данная модель учитывает комплекс защитных характеристик новых металлостеклянных материалов и покрытий, которые предлагается использовать для изготовления конструкций.

3. Предложена модель оценки влияния различных факторов на выбор конструкции технических средств для хранения РАВ при ее проектировании.

4. Сформулированы виды прямых и обратных задач, направленных на повышение долговечности конструкций, снижение материалоемкости продукции.

5. Дальнейшие исследования в данном направлении будут связаны с проведением численных экспериментов на базе разработанной модели с целью выявления закономерностей изменения факторов, представляющих наибольший практический интерес.

Список литературы

1. Гарькина И.А., Данилов А.М., Королев Е.В. Когнитивное моделирование сложных

слабоструктурированных систем: пример реализации // Региональная архитектура и строительство. – 2008. - № 2. – С. 16-21.

2. Гарькина И.А., Данилов А.М. Когнитивное моделирование и управление качеством специальных композитов // Обзорные прикладной и промышленной математики. -2008. - том 15, № 4. – С. 660 – 661.

3. Исследование ослабления ионизирующего излучения композиционными материалами / Ю.А. Казимиренко, А.А. Карпеченко, С.И. Шкурат, А.А. Жданов // Зб. наук. праць НУК: Миколаїв: НУК, 2009. – Вип. № 2 (425). – С. 105 – 109.

4. Кулинич А.А. Когнитивная система поддержки принятия решений «Канва»// Программные продукты и системы. – 2002. – № 3. – С. 25-28.

5. Фарионова Т.А., Казимиренко Ю.А. Когнитивное моделирование в проектировании композиционных материалов и конструкций // Интегрированное стратегическое управление, управление проектами и программы развития предприятий и территорий. Материалы международной научно-техн. конф. //Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2011 № 1/6 (49). – С. 36-39.

Статья поступила в редколлегию 21.06.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., К.В. Кошкин, Национальный университет кораблестроения им.адм. Макарова, Николаев.