

УДК 519.816:620.168

# КОГНИТИВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ПРОЕКТИРОВАНИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПОКРЫТИЙ

**Т. А. Фарionova**

Кандидат технических наук, доцент  
Декан технологического факультета ИКИТН\*  
Контактный тел: (05 12) 42-44-70  
E-mail: farionov@mksat.net

**Ю. А. Казимиренко**

Кандидат технических наук, доцент  
Кафедра материаловедения и технологии металлов\*  
\*Национальный университет кораблестроения имени адм.  
Макарова  
Контактный тел: (05 12) 39-73-57  
E-mail: uakazi@mksat.net

*Розглянуто застосування когнитивно-го моделювання складних слабоструктурованих систем до проектування радіаційно-стійких композиційних матеріалів, покриттів*

*Ключові слова: когнитивне моделювання, когнитивна карта, радіаційно-стійкі композиційні матеріали та покриття*

*Рассмотрено применение когнитивного моделирования сложных слабоструктурированных систем к проектированию радиационно-стойких композиционных материалов и покрытий*

*Ключевые слова: когнитивное моделирование, когнитивная карта, радиационно-стойкие композиционные материалы и покрытия*

*Considered the application of complex semi-structured systems' cognitive modeling to the designing of radiation-proof composites and coverings*

*Key words: cognitive modeling, cognitive map, radiation-proof composites and coverings*

## Постановка проблеми

Ежегодно в мире транспортируется около 10 млн. упаковок с радиоактивными отходами различного рода, которые представляют существенную опасность для окружающей среды. Инновационные проекты защиты ТТС для перевозки и хранения радиоактивных веществ включают в себя обязательную разработку новых конструкционных и защитных материалов, способных повысить эффективность защиты как объектов хранения, так и окружающей среды в целом [2,5]. Учитывая сложные условия эксплуатации такие материалы должны прежде всего ослаблять действие ионизирующих излучений (ИИ), обеспечивать определенный отвод тепла, обладать достаточной технологичностью, отвечать условиям прочности и не способствовать повышению массогабаритных показателей конструкций. В связи с этим задача проектирования новых конкурентоспособных материалов и защитных покрытий является слабоструктурированной.

## Анализ достижений и публикаций по теме исследований

Задача комплексной защиты ТТС для перевозки и хранения радиоактивных грузов должна включать проведение большого количества экспериментальных

исследований с применением методик планирования эксперимента, что делает процесс проектирования достаточно дорогим. Применение методов экспертных оценок, а именно метода анализа иерархий в решениях оптимизационных задач и проектировании композиционных материалов (КМ) [3,4,7] существенно упрощает процесс и указывает на возможность создания автоматизированных систем управления. Однако данный метод не предусматривает управления динамической ситуацией, которое во многих научных работах [1,6] предлагается строить на основе когнитивных карт, описывающих ситуацию множеством факторов, связанных причинно-следственными отношениями и позволяющих получать прогнозы развития ситуаций.

**Цель работы** – применение когнитивного моделирования в решении задач проектирования радиационно-стойких композиционных материалов и покрытий.

## Изложение основного материала

Воздействие ИИ на дисперсно-наполненные материалы непосредственно связано с возникновением в их структуре широкого спектра физических процессов: тепловых, химических, механических, фазовых превращений, проследить изменение которых в динамике часто не представляется возможным из-за отсутствия достаточной количественной информации,

изменчивости характера процессов во времени и пр. С точки зрения системного анализа композиционный материал можно рассматривать как слабоструктурированную систему [4], исследование которой целесообразно проводить, используя методологию когнитивного подхода.

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 позволит наглядно и достаточно быстро выделить группы технологических, конструкторских факторов и физико-химических процессов с ними связанных.

Для построения модели задачи (рис. 1) выделим основные показатели, которые влияют на процесс проектирования радиационно-стойких композитов, с учетом особенностей структуры:  $X_1$  – вид радиоактивного груза (жидкие, твердые радиоактивные грузы, остатки лабораторного оборудования, спецодежды и проч.);  $X_2$  – суммарная активность излучения, для низкоактивных составляет  $(7 \cdot 10^4 \dots 1,8 \cdot 10^6)$  Бл/л, среднеактивных –  $(3,7 \cdot 10^8 \dots 2 \cdot 10^{10})$  Бк/л и высокоактивных –  $(11 \dots 78) \cdot 10^{10}$  Бк/л;  $X_3$  – надежность работы конструкции, непосредственно связана с характером взаимодействия с окружающей средой и зависит от механических свойств используемых материалов;  $X_4$  – толщина слоя защитного материала или покрытия, зависит от кратности ослабления ИИ и определяется его защитными и физическими свойствами;  $X_5$  – поглощенная материалом конструкции энергия ИИ, зависит от толщины слоя композиции, а также физико-механических и защитных свойств применяемых материалов;  $X_6$  – поглощенное материалом конструкции количество тепла – параметр, непосредственно связанный с поглощенной в защитном слое энергии ИИ и зависит от физических свойств применяемых материалов (физической плотности, теплоемкости, коэффициента теплопроводности);  $X_7$  – размерная стабильность материалов и покрытий, зависит от коэффициента линейного термического расширения и химического состава композиций;  $X_8$  – структурная стабильность материалов и покрытий, предусматривает отсутствие каких-либо существенных изменений в структуре композиций, вызванных действием тепловых эффектов ИИ (изменение фазового состава, деструкция, сшивание, изменение химической ненасыщенности и проч.);  $X_9$  – стабильность прочностных свойств;  $X_{10}$  – стабильность теплофизических свойств;  $X_{11}$  – химический состав материалов;  $X_{12}$  – количество дисперсного наполнителя в составе композиций, в данном случае это объемное содержание в составе композиций стеклянных наполнителей: полых стеклянных микросфер, порошков хрустального и свинцовосодержащего стекла, непосредственно влияет на защитные

свойства разрабатываемых композиций;  $X_{13}$  – пористость материалов,  $X_{14}$  – технологичность,  $X_{15}$  – качество;  $X_{16}$  – экономичность;  $X_{17}$  – эффективность.

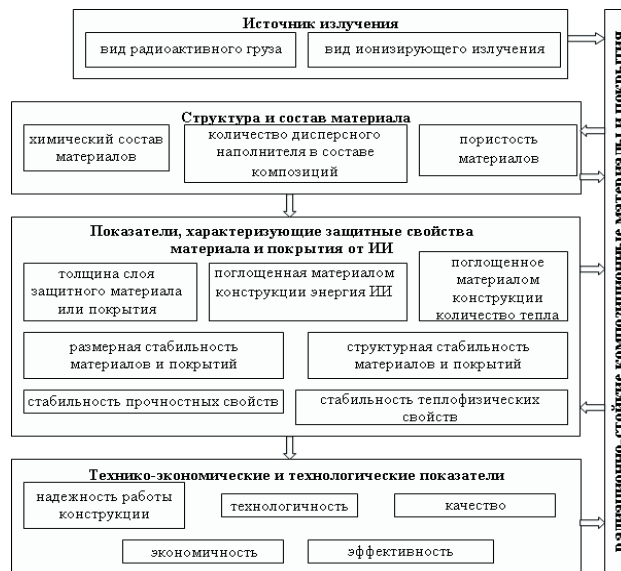


Рис. 1. Модель задачи

Здесь целевыми факторами являются  $X_3, X_5, X_6, X_{14}, X_{16}, X_{17}$ , а управляющие факторы –  $X_2, X_4, X_9, X_{11}, X_{12}, X_{13}$ , факторы индикаторы –  $X_1, X_7, X_8, X_9, X_{10}$ .

Важным этапом когнитивного моделирования проектирования радиационно-стойких композитов является построения когнитивной карты, описывающей ситуацию множеством факторов  $X_i$ , связанных причинно-следственными отношениями (табл. 1, рис. 2). Когнитивная карта представляет собой ориентированный граф, вершинами которого являются связанные факторы, а дугами – причинно-следственные связи между факторами. Здесь знак «+» означает однонаправленное изменение двух связанных параметров, а «-» – разнонаправленное изменение двух связанных параметров.

Таблица 1

Взаимосвязь параметров и факторов системы

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$	$X_6$	$X_7$	$X_8$	$X_9$	$X_{10}$	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$X_{14}$	$X_{15}$	$X_{16}$	$X_{17}$	
$X_1$	x	+			+	+	-	-	-	-								
$X_2$		x			+	+	-	-	-	-								
$X_3$			x													+	+	
$X_4$				x										+		+	+	
$X_5$					x	+			+	+				+				
$X_6$						x			-	-					-	+	+	
$X_7$			+				x								+			
$X_8$			+				+	x	+	+					+			
$X_9$			+				+		x						+			
$X_{10}$			+			+	+				x				+			
$X_{11}$			+		+	+	+	+	+	+	+	x						
$X_{12}$			+		+	+	+	+	+	+			x					
$X_{13}$			-		+	+			-	+				x	-			
$X_{14}$			+												x	+	+	
$X_{15}$			+													x	+	
$X_{16}$																	x	
$X_{17}$																		x

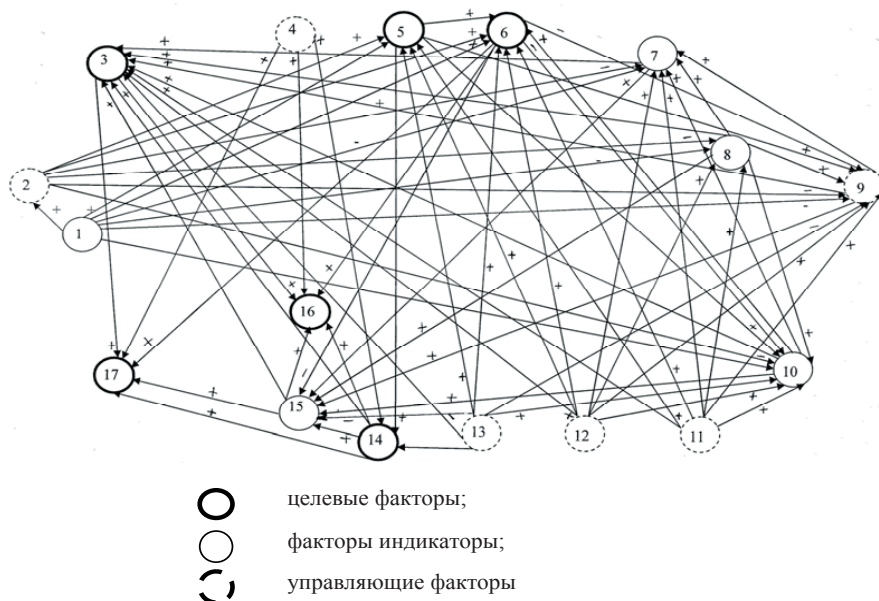


Рис. 2. Когнитивная карта модели проектирования радиационно-стойких композитов

когнитивной модели. На этом уровне каждая связь между факторами когнитивной карты формализуется и доводится до конкретной числовой оценки. Если влияние носит качественный характер, то вводятся лингвистические оценки по шкале в диапазоне (0; 1). Здесь существенную помощь может оказать разработка автоматизированной системы поддержки принятия решений на основе когнитивного моделирования.

Целевое состояние считается достигнутым, когда изменения управляющих факторов, практически не изменяет значений целевых факторов при удовлетворении заданных ограничений задачи.

**Выводы**

Оценка характера взаимосвязи проводилась на основе теории радиационного материаловедения [6], включающей гипотезы полиморфизма в стеклянных и керамических материалах и «аномального поглощения ИИ ультрадисперсными средами», а также с учетом результатов экспериментальных исследований [2].

Когнитивная карта дает возможность установить элементарные рецептурные факторы (химический состав, количество дисперсного наполнителя и др.) управления технологией композиционного материала [1]. Однако она не отражает динамику изменения факторов и их взаимовлияние.

Учет всех этих обстоятельств требует перехода на следующий уровень структуризации – построении

1. Предложена когнитивная модель проектирования радиационно-стойких композиционных материалов и покрытий.

2. Сложность процесса создания новых композиционных материалов требует междисциплинарных исследований и привлечения к построению когнитивной модели специалистов, компетентных в различных узкопредметных областях – от материаловедения, химии до прикладной математики и IT-технологий, управления проектами.

3. Дальнейшие исследования будут связаны с уточнением факторов и их взаимосвязей при построении модели создания радиационно-стойких композиционных материалов и покрытий, а также с разработкой среды их компьютерного моделирования.

**Литература**

1. Гарькина И.А., Данилов А.М. Когнитивное моделирование и управление качеством специальных композитов // Обозрение прикладной и промышленной математики, 2008, том 15, № 4. – С. 660 – 661.
2. 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.
3. Казимиренко Ю.А., Фарионова Т.А., Слободян С.О. Инновационные проекты защиты технических средств перевозки и хранения радиоактивных веществ // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Управління проектами: стан та перспективи». – Миколаїв: 2010. – С. 117 – 120.
4. Коваленко И.И., Фарионова Т.А., Приходько С.Б. Методы принятия решений – Миколаїв: видавництво НУК, 2009. – 180 с.
5. Радиационная повреждаемость и работоспособность конструкционных материалов / под ред. А.М. Паршина, П.А. Платонова. – М.: Политехника, 1997. – 312 с.
6. Тихонин А.В., Заболотский М.А., Камаев В.А. Применение когнитивного подхода для контроля качества оливок // Вестник Пермского государственного технического университета, 2010, том 12, № 1. – С. 132 – 138.
7. Фарионова Т.А., Казимиренко Ю.А. Применение метода анализа иерархий в задачах проектирования композиционных материалов // Вестник ХНТУ, 2009 № 34. – С. 373 – 377.