

И.Е. Кальченко

(ФГБУ СЭУ ФПС ИПЛ по Ростовской области; e-mail: ivanrnd@mail.ru)

ИМИТАЦИОННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Предложена концепция мониторинга эксплуатационной устойчивости материалов и огнезащитных покрытий на основе метода их термоэлектроакустической диагностики. Показаны потенциальные возможности предлагаемой концепции в области надзорной деятельности.

Ключевые слова: огнестойкость, термоэлектроакустическая диагностика, надёжность, безопасность, огнезащитные покрытия.

I.E. Kalchenko

SIMULATION METHODS FOR ASSESSING THE QUALITY OF FIREPROOF COVERINGS

The concept of monitoring of operational stability of materials and fireproof coverings on the basis of a method of their thermoelectro-acoustic diagnostics is offered. Potential opportunities for the offered concept in the field of supervision are shown.

Key words: fire resistance, thermoelectro-acoustic diagnostic, reliability, safety, fireproof coverings.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 13 ноября 2014 г.

В связи с ростом объёмов строительства зданий и сооружений, требования к срокам эксплуатации **огнезащитных покрытий** возрастают, а гарантийный срок службы (эксплуатационные свойства) покрытий напрямую связан со сроком эксплуатации самих зданий. Нередко обработанные металлические конструкции после нанесения огнезащитного покрытия закрываются отделочными материалами и доступ к ним затруднен. Поэтому требования к долговечности и срокам эксплуатации огнезащитных составов высоки и должны составлять 10-15 лет.

Поскольку средства огнезащиты обладают различными эксплуатационной стойкостью и долговечностью, необходим систематический контроль за состоянием защищенной поверхности и, в случае необходимости, своевременные ремонтно-восстановительные работы. При этом параметрами контроля качества в основном остаются внешний вид и толщина покрытия, и по этим данным невозможно определить, каким изменениям подверглась защитная поверхность с течением времени.

Критерии оценки эффективности огнезащитных составов основаны на данных огневых испытаний, нормированных в системе стандартов в области пожаробезопасности (НПБ), где определяются и общие, и обязательные требования к качеству огнезащитной обработки [1].

Проблема оценки пожарной опасности зданий и сооружений, с учётом проходящей реформы в области технического регулирования пожарной безопасности, появления новых, прогрессивных строительных материалов, кон-

структивно-планировочных решений и строительства уникальных высотных, многофункциональных комплексов, является в нашей стране весьма актуальной.

На протяжении последних 15 лет проведён обзор научно-технического, экономического и социального обеспечения пожарной безопасности объектов промышленности, торговли и жилого сектора в России и за рубежом, включая применение огнезащитных покрытий материалов и конструкций из них [4].

В ходе исследования были получены результаты статистического анализа процессов взаимосвязи последствий пожаров (гибели, травм, ущерба, уничтоженных и повреждённых площадей) и их причин по одному из основных параметров – огнестойкости (рис.1, 2).

При разработке системы мер по противопожарной защите помещений и зданий возникла необходимость в специальном показателе, с использованием которого можно было бы сравнивать способность объектов сопротивляться воздействию пожара. В качестве такого показателя было принято понятие об огнестойкости объектов, которое является международной пожарно-технической характеристикой, регламентируемой строительными нормами и правилами, способностями конструкций и зданий сопротивляться воздействию пожара, то есть служит базовым элементом всей системы противопожарной защиты зданий, так как является определяющим параметром для выбора остальных элементов защиты.

Основная проблема пожарной безопасности объектов промышленности и градостроительной инфраструктуры заключается в том, что существующие международные и национальные стандарты, а также методические и нормативные материалы устанавливают качественные методы и средства определения надёжности, долговечности, устойчивости, старения и горючести веществ и материалов, не позволяющие количественно оценивать опасность изделий из них, оборудования, транспортно-энергетических средств и систем, объектов, зданий и сооружений, что требует разработки и применения новых методов и средств диагностики и контроля [2].

В то же время и в производстве, и в быту не во всех случаях удаётся использовать пожаровзрывобезопасные материалы и изделия. Поэтому получил широкое распространение метод обработки материалов и изделий из них специальными материалами – *огнезащитными покрытиями (ОЗП)*, обеспечивающими не только защиту от опасных факторов пожара [2, 3], но и от эксплуатационных воздействий (влаги, колебаний температур и т.д.).

Однако существующие методы и средства испытаний ОЗП не унифицированы (НПБ 236-97 ОЗП для стальных конструкций; НПБ 251-98 ОЗП для древесины; НПБ 238-97 ОЗП для кабелей и т.д.), а также не дают необходимых характеристик для объективной оценки изменений пожарной опасности защищаемых материалов и изделий [2], что создаёт трудности, например, в оценке пожарной опасности объектов и расчёте деклараций о пожарной опасности, сводя на нет их объективность и достоверность [3].

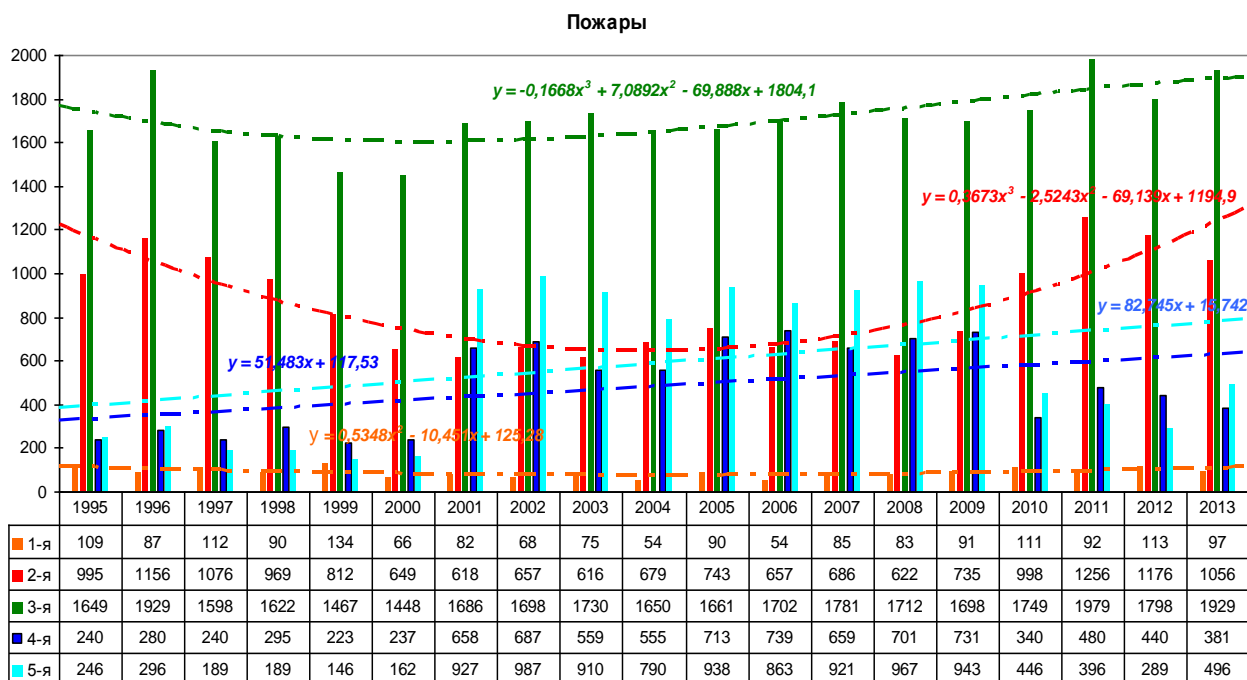


Рис. 1. Гистограммы пожаров в зданиях 1-5 степени огнестойкости

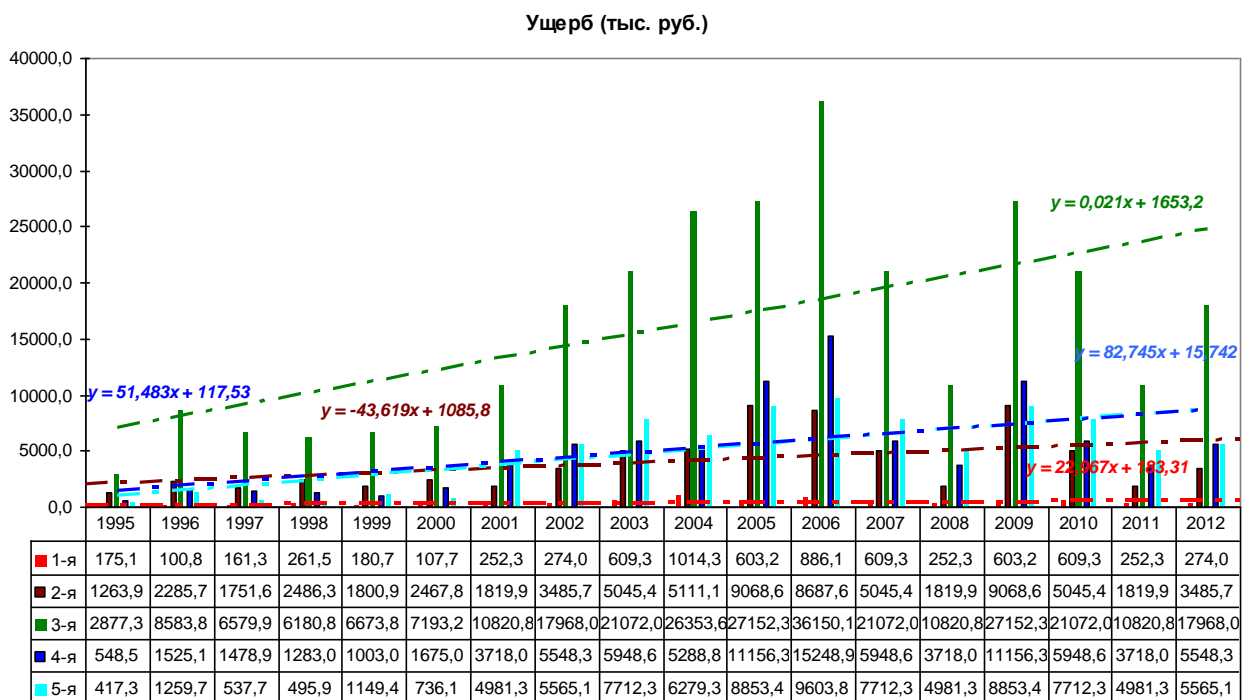


Рис. 2. Гистограммы ущерба от пожаров в зданиях 1-5 степени огнестойкости

Для решения проблемы оценки качества огнезащитных покрытий и обеспечения требуемой степени огнестойкости объектов автором предлагается интернет-система **термоэлектроакустической диагностики материалов (ТЭАДОМ)**, которая позволит "развязать" образовавшийся "клубок противоречий".

Система ТЭАДОМ будет являться автоматизированной лабораторно-оперативной интернет-системой, состоящей из 3-х отдельных, но функционально связанных, подсистем – **испытательной, контрольной и информационной**.

Испытательная подсистема состоит из лабораторных установок "ОКТАЭДР", которые дополняются модифицированным тиглем-термоэлектродилатометром, для исследований и испытаний жидких и вязких материалов, включая ОЗП, и используются в СЭУ ФПС **ИПЛ (Испытательных пожарных лабораториях)** МЧС России и **Центрах сертификации и метрологии (ЦСМ)** Ростехрегулирования.

Контрольная подсистема состоит из переносных приборов ТЭА-диагностики, которые с помощью ТЭА-зондов позволят измерять, обрабатывать и осуществлять на компьютере или ноутбуке, подключаемых через стандартный порт (С2, USB и т.д.), диагностику состояния материалов и ОЗП в условиях эксплуатации на объектах.

Информационная подсистема состоит из серверов и сайтов (ВНИИПО и Академии ГПС) с банком ТЭА-данных веществ и материалов, наполняемых ВНИИПО, ИПЛ и ЦСМ, и базой данных текущей ТЭА-диагностики ОЗП на объектах, наполняемых в "on-line" режиме через указанный сайт объектами и органами надзора.

Модель контрольной системы синтезирована на основе ПКД ОЗП, который состоит (рис. 3, 4) из корпуса с ноутбуком, с измерителем иммитанса и двухканальной осциллографической приставкой, подключённых к ноутбуку, на входы которых соответствующими кабелями подключается блок **термо-электроакустического (ТЭА)** зондирования, прижимаемый к ОЗП проверяемого объекта (конструкции, материала, кабеля), по тепловым, электрическим и акустическим сигналам с которого **программное обеспечение (ПО)** ноутбука идентифицирует свойства и стадии эксплуатационной устойчивости ОЗП.

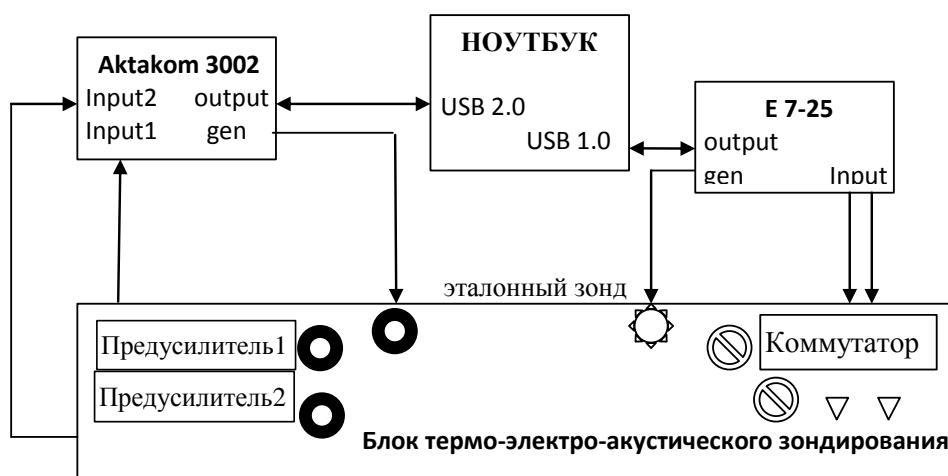


Рис. 3. Блок схема ПКД ОЗП

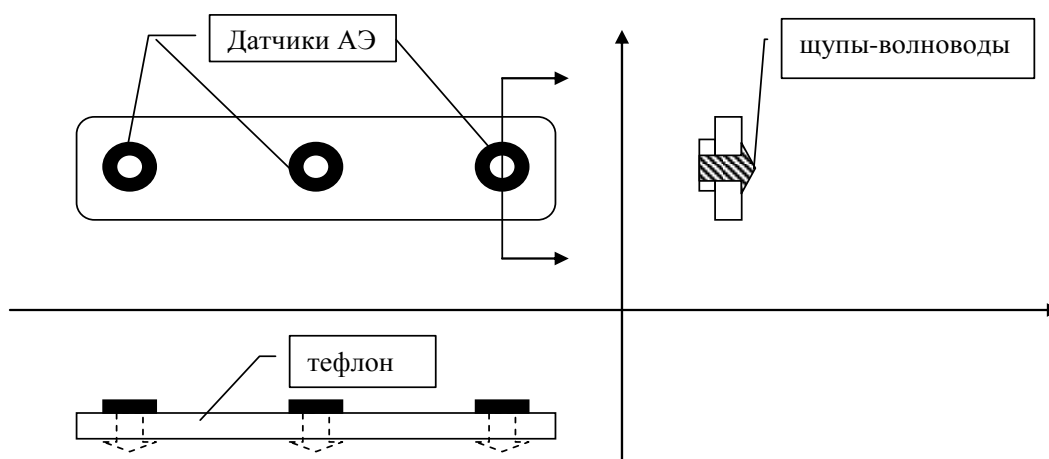


Рис. 4. Эскиз ТЭА-зонда

Осциллографическая приставка подключается и питается от разъёма USB ноутбука, а измеритель иммитанса питается от встроенного в него аккумулятора и подключается к другому разъёму USB.

Блок ТЭА-зондирования содержит три металлических зонда, установленных на фторопластовой пластине по одной прямой линии на фиксированных расстояниях, на каждом из которых установлен акустический датчик, при этом крайние датчики подключаются на отдельные входы осциллографической приставки через предусилители, регистрируя акустическую эмиссию, а центральный – на выход её эталонного генератора через управляемый электронный ключ, работая как излучатель эталонных импульсов. На каждом из трёх зондов установлено по одному тепловому датчику, крайние из которых подключаются на вход измерителя иммитанса через управляемый коммутатор, измеряя температуру, а центральный – на шины питания USB через управляемый электронный ключ, работая как эталонный нагреватель. Каждый из трёх зондов представляет заострённый металлический электрощуп-волновод (например, из бронзы или молибдена), подключаемый на вход измерителя иммитанса через управляемый коммутатор, для измерения электрических параметров ОЗП между зондами.

Ноутбук может представлять собой любой двухпроцессорный компьютер с ОЗУ не менее 4 Гбайт и операционной системой Windows 7, программное обеспечение которого, помимо **пакетов программных модулей (ППМ)** измерителя иммитанса и двухканальной осциллографической приставки, включает в себя **специальное программное обеспечение (СПО)**, которое синхронизирует работу всех указанных составных частей ПК и, обрабатывая получаемые термоэлектроакустические данные, вычисляет текущие физические параметры ОЗП, по которым идентифицирует стадии его эксплуатационной устойчивости и определяет эффективность защиты.

Решение задач в контрольной системе будет осуществляться органами государственного пожарного надзора и добровольными пожарными формированиями, которые будут ими оснащены, путём периодического обследования объектов надзора и экспресс-диагностики их термоэлектроакустических параметров.

Для эффективности применения системы оценки качества огнезащитных покрытий в процессе эксплуатации и на стадии производства предлагается укрупнённая модель оценки эффективности применения ОЗП, путём "перевода" зданий III-V группы огнестойкости во II-ю (табл. 1), через удельные показатели на один пожар (рис. 5).

Таблица 1

Итоги анализа и моделирования

Параметры		Всего	Удельные	Модель	Экономия	Ср. год. экономия (млн руб.)
Пожары	I	1021	1	1021		
	II	9627	1	41536		
	III	19840	1	0		
	IV	5426	1	0		
	V	6643	1	0		
Травмы	I	97	0,0950	97	0	
	II	833	0,0865	3594 (833)	1291 (833)	
	III	1699	0,0856	0 (1717)	0 (-18)	
	IV	326	0,0601	0 (469)	0 (-143)	
	V	278	0,0418	0 (575)	0 (-297)	
Гибель	I	52	0,0509	52	0	
	II	407	0,0423	1756 (407)	1421 (407)	
	III	2134	0,1076	0 (839)	0 (1295)	
	IV	559	0,1030	0 (229)	0 (330)	
	V	484	0,0729	0 (281)	0 (203)	
Ущерб	I	4626,4	4,5313	4626,4	0	10,8
	II	45274,3	4,7029	45274,3	0	
	III	177605,0	8,9519	93304,6	84301,0	
	IV	54422,0	10,0299	25517,7	28904,7	
	V	47591,0	7,1641	31241,0	16350,2	
Уничтоженные площади	I	276	0,2703	276	0	
	II	6870	0,7136	6870	0	
	III	134881	6,7984	14158	120723	166,0
	IV	41609	7,6684	3872	37737	51,9
	V	54356	8,1824	4741	49615	68,2
Повреждённые площади	I	8710	8,5309	8710	0	
	II	52046	5,4063	52046	0	
	III	393555	19,8364	107260	286295	107,4
	IV	102972	18,9775	29334	73638	27,6
	V	84745	12,7570	35914	48831	18,3

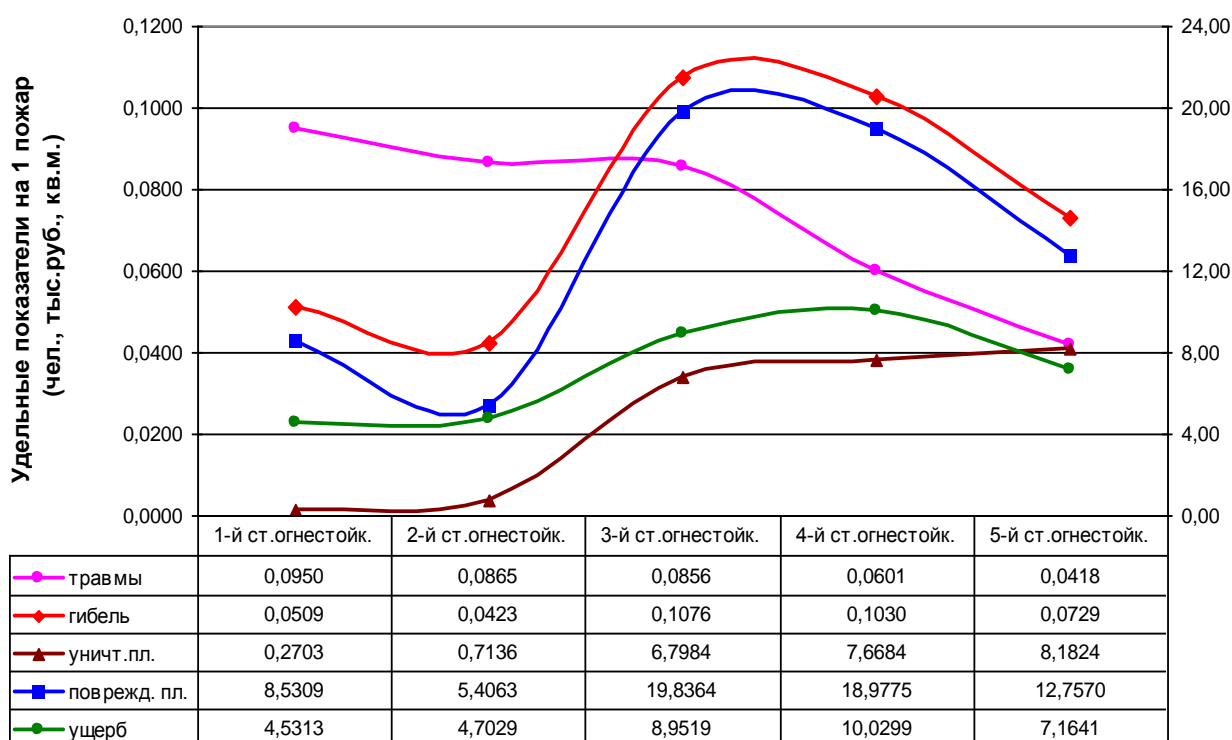


Рис. 5. Удельные показатели Ростовской области на один пожар

Для расчёта эффективности и окупаемости предлагаемого "перевода" зданий III-V группы огнестойкости во II-ю с помощью огнезащитной обработки материалов их конструкций, необходимо ОЗП покрыть уничтоженные и повреждённые конструкции.

Результаты анализа современных проблем оценки огнестойкости зданий и сооружений свидетельствуют о необходимости срочного решения комплекса научных и инженерных задач по оценке огнестойкости зданий и сооружений. Однако и требуемая степень огнестойкости, и фактическая – являются латентными переменными (показателями), в связи с чем возникает необходимость разработки новых методов и средств диагностики, которые позволят повысить объективность проектной и эксплуатационной устойчивости строительных материалов и конструкций из них.

Единая методология испытаний позволит ввести новые количественные параметры и перейти от качественных характеристик ("горит – не горит", "распространяется – не распространяется" и т.д.) пожаровзрывоопасности к критериям Семенова, Зельдовича, Франк-Каменецкого и других, используемых в физико-химических теориях горения и взрыва, и применить их в оценке пожарной опасности изделий, техпроцессов и объектов, в т.ч. при формировании декларации о пожарной безопасности [2].

Литература

1. **Крашенинникова М.В., Еремина Т.Ю., Дмитриева Ю.Н., Семенов Д.С.** Контроль качества огнезащитных покрытий и прогнозирование сохранения огнезащитной эффективности в процессе их эксплуатации. <http://www.stopfire.ru/content/295/743>.
2. **Богуславский Е.И., Белозеров В.В., Богуславский Н.Е.** Прогнозирование, оценка и анализ пожарной безопасности: учебное пособие. Ростов н/Д: РГСУ, 2004. 151 с.
3. **Белозеров В.В., Босый С.И., Кальченко И.Е., Нестеров А.А., Прус Ю.В.** О термоэлектроакустическом методе определения характеристик пожароопасности твердых и жидких веществ и материалов // Технологии техносферной безопасности. Вып. 6 (34). 2010. 5 с. <http://ipb.mos.ru/ttb>.
4. **Кальченко И.Е.** Анализ объективности оценки огнестойкости и эффективности огнезащиты конструкций объектов инфраструктуры различного назначения // Теоретические и прикладные аспекты современной науки: сборник научных трудов по материалам III Международной научно-практической конференции, в 5 ч. Ч. I. Белгород: ИП Петрова М.Г., 2014. 212 с.
5. **Кальченко И.Е.** Мониторинг эксплуатационной устойчивости материалов и огнезащитных покрытий // Инновационное развитие естественных наук: материалы I Международной научно-практической конференции. С.-Пб., 2014.