



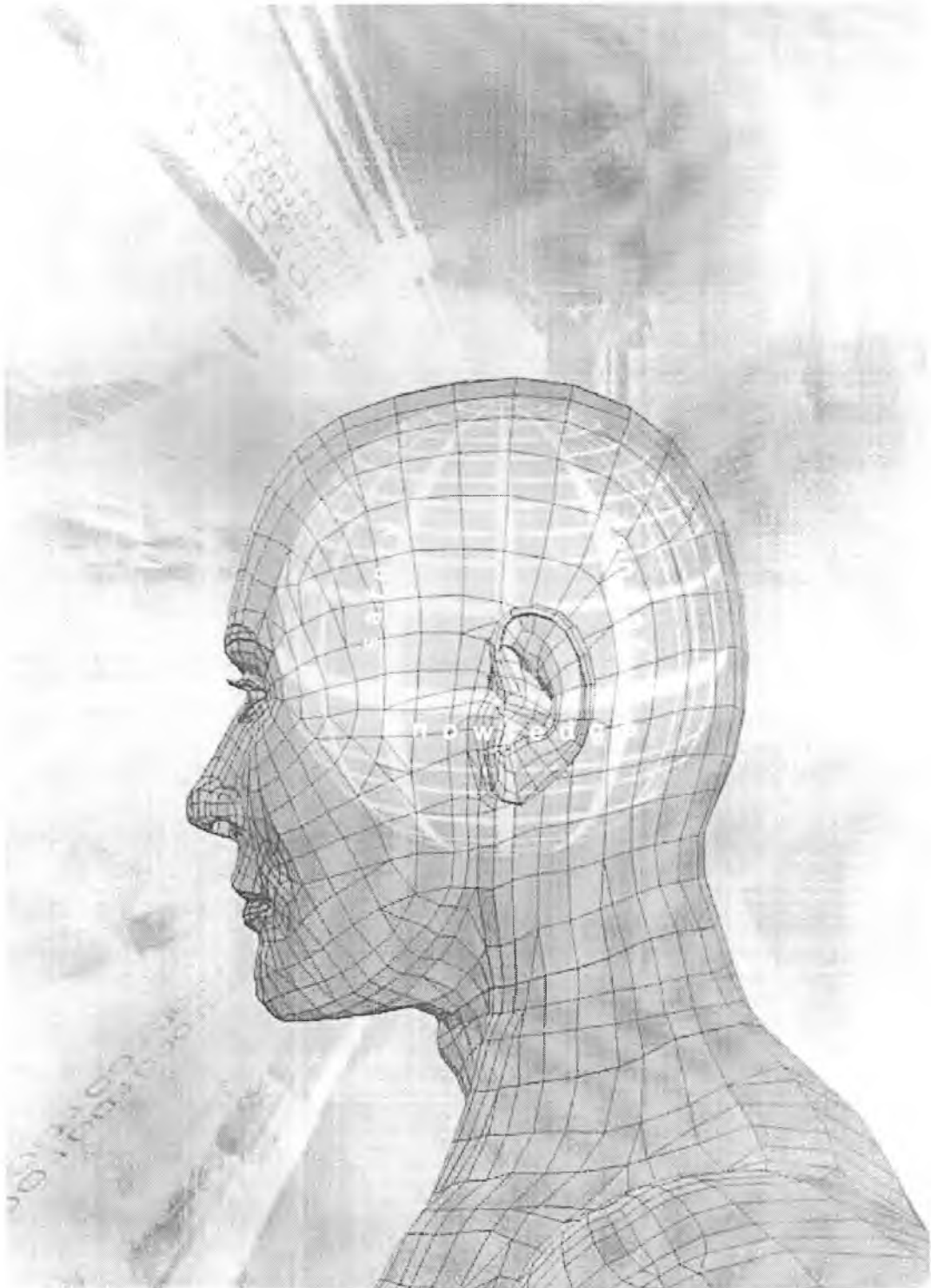
CNBOP-PIB

TERAZ POLSKA

ISSN 1895-8443
Vol. 35 Issue 3
September 2014

BITP

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza
Safety & Fire Technique



Wydawnictwo CNBOP-PIB

Vol. 35 Issue 3, 2014

BiTP

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza

Safety & Fire Technique

Kwartalnik CNBOP-PIB

CNBOP-PIB Quarterly



Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego

Publishing House of Scientific and Research Centre for Fire Protection
National Research Institute

Czytelnia.cnbop.pl

Józefów 2014

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza

BiTP Vol. 35 Issue 3, 2014

IX rok wydawania

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny

ml. bryg. dr inż. Dariusz Wróblewski
Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej

Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego

Redaktor Działu Organizacja i Zarządzanie Strategiczne
dr inż. Eugeniusz W. Roguski – Polskie Centrum Akredytacji

Redaktor Działu Badania i Rozwój

dr hab. inż. Ewa Rudnik, prof. nadzw. – Centrum Naukowo-Badawcze
Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy
Instytut Badawczy

Redaktor Działu Technika i Technologia

dr inż. Stefan Wilczkowski – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony
Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut
Badawczy

Redaktor Działu Certyfikacja, Aprobaty i Rekomendacje

bryg. dr inż. Jacek Zboina – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony
Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut
Badawczy

Redaktor Działu Partnerstwo dla Innowacyjności na Rzecz Bezpieczeństwa

st. bryg. mgr inż. Krzysztof Biskup – Centrum Naukowo-Badawcze
Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy
Instytut Badawczy

Redaktor Działu Studium Przypadku – Analiza Akcji

nadbryg. Janusz Skulich – Rządowe Centrum Bezpieczeństwa

Redaktor Działu Szkolenia i Propagowanie Wiedzy

st. bryg. dr inż. Grzegorz Stankiewicz – Szkoła Aspirantów
Państwowej Straży Pożarnej w Poznaniu

Redaktor Działu Z Praktyki dla Praktyki

nadbryg. w st. spocz. Maciej Schroeder

Redaktor Działu Nauki Humanistyczne i Społeczne na Rzecz Bezpieczeństwa

dr hab. Bernard Wiśniewski, prof. WSPOL – Wyższa Szkoła Policji
w Szczecinie

Redaktor Działu Postacie Pożarnictwa

mgr inż. Jan Kielin – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciw-
pożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy

Sekretarz Redakcji, Redaktor Językowy – język polski

mgr Julia Pinkiewicz

Redaktor Językowy – język angielski

mgr Jan Stanisław Lopata

Redaktor Językowy – język rosyjski

mgr inż. Yuliya Mazur

Redaktor Statystyczny

dr Tomasz Węsierski

Przygotowanie do wydania:

mgr Anna Golińska
Elżbieta Muszyńska

© by Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego

Ochrony Przeciwpożarowej

im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowego Instytutu Badawczego

Nakład 500 egzemplarzy

Wersja papierowa jest wersją pierwotną.

RADA NAUKOWA

Przewodnicząca:

dr hab. inż. Ewa Rudnik, prof. nadzw.,
Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa
Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy (Scientific and Research
Centre for Fire Protection – National Research Institute), Polska

prof. Bogdan Z. Długogórski,

Murdoch University in Perth, Australia

prof. dr inż. Aleš Dudaček,

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
(Technical University of Ostrava), Czechy

prof. 范维澄 (Fan Weicheng),

中国科学技术大学 (State Key Laboratory of Fire Science – University
of Science and Technology of China), Chiny

gen. major dr Виктор Иванович Климин (Wiktor Iwanowicz Klimkin),

Oversight and Prevention Department of EMERCOM of Russia

prof. dr inż. Rainer Koch,

Universität Paderborn, Institut für Feuer- und Rettungstechnologie
der Stadt Dortmund (the University of Paderborn, Institute for Fire
and Rescue Technology in Dortmund), Niemcy

prof. dr inż. Venkatesh Kodur,

Michigan State University (Stany Zjednoczone)

prof. Jesús Ignacio Martínez Paricio,

Universidad Complutense de Madrid (The Complutense University
of Madrid), Hiszpania

dr inż. Hauke Speth,

Institut für Feuer- und Rettungstechnologie der Stadt Dortmund (Institute
for Fire and Rescue Technology in Dortmund, Germany), Niemcy

dr hab. inż. Lech Starczewski – prof. WTPiS,

Wojskowy Instytut Techniki Pancernej i Samochodowej (Military
Institute of Armoured and Automotive Technology), Polska

prof. Asif Usmani – BRE Centre for Fire Safety Engineering – The University of Edinburgh, Wielka Brytania

ISSN 1895-8443

DOI: 10.12845

Projekt okładki:

Barbara Dominowska

Redakcja:

ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów k/Otwocka

tel. 22 769 32 20

e-mail: kwartalnik@cnbop.pl

Czytelnia.cnbop.pl

Czasopismo „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza/ Safety & Fire Technique” jest pismem kierowanym do kadr kierowniczych ochrony przeciwpożarowej, pracowników jednostek administracji państwowej i samorządowej zajmujących się problematyką zarządzania kryzysowego, pracowników naukowych i dydaktycznych uczelni i instytutów badawczych zainteresowanych tą problematyką. Artykuły publikowane w Kwartalniku przechodzą proces recenzyjny.

Kwartalnik „BiTP Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” jest publikowany w darmowym i otwartym dostępie tzn. każdy użytkownik ma prawo czytać, kopiować, drukować, rozpowszechniać, cytować i przesuwać zasoby otwarte, w tym pełne teksty artykułów, z zachowaniem praw autorskich ich twórców.

Użytkownik korzysta z zamieszczonych w Kwartalniku artykułów zgodnie z obowiązującymi przepisami o dozwolonym użytku, podając na kopii utworu informacje o źródle i autorze/ach.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

9 pkt

IC Journals Master List

5,32 pkt

Na podstawie decyzji Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (Komunikat z dnia 17 grudnia 2013 roku) za artykuły naukowe opublikowane na łamach czasopisma przyznawane jest 9 punktów do dorobku naukowego.

EDITORIAL COMMITTEE/РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

Editor-in-Chief/Главный Редактор

pl. bylg. Dariusz Wróblewski, PhD/Младший бригадир Дариуш Врублевски, д-р инж.

National Headquarters of the State Fire Service, Poland/
Штаб-квартира Государственной противопожарной службы, Польша

*Chairman of Editorial Committee/Возглавляющий Редакционного Совета**Section Editor: Organization and Strategic Management/**Редактор Отдела: Организация и Стратегическое Руководство*

Eugeniusz W. Roguski, PhD/Эугенуш В. Рогуски, д-р инж.

Polish Centre for Accreditation/Польский Центр Аккредитации

*Section Editor: Research and Development/**Редактор Отдела: Исследования и развитие*

prof. Ewa Rudnik, PhD/проф. Эва Рудник, д-р инж., – Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland/Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт, Польша

*Section Editor: Technique and Technology**Редактор Отдела: Техника и технология*

Stefan Wilczkowski, PhD/Стефан Вильчковски, д-р инж., – Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland/Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт, Польша

*Section Editor: Certification, Approvals and Recommendations/**Редактор Отдела: Сертификация, одобрения и рекомендации*

bylg. Jacek Zboina, PhD/бригадир Яцек Збойна, д-р инж., – Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland/Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт, Польша

*Section Editor: Partnership for Safety Innovation/**Редактор Отдела: Партнерство для развития в целях безопасности*

st. bylg. Krzysztof Biskup, M.Eng./старший бригадир Кшиштоф Бискуп, магистр инж., – Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland/Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт, Польша

*Section Editor: Case Study – Analysis of Actual Events/**Редактор Отдела: Анализ реальных событий*

nadbylg. Janusz Skolich/надбригадир Януш Скулех – Government Centre for Security, Poland/Правительственный центр безопасности, Польша

*Section Editor: Training and Knowledge Promotion**Редактор Отдела: Обучение и пропагандирование знаний*

st. bylg. Grzegorz Stankiewicz, PhD/старший бригадир Григорий Станкевич д-р инж., – The Fire Service College of the State Fire Service in Poznan, Poland

*Section Editor: The Best Practice in Action/**Редактор Отдела: С практики для практики*

nadbylg. w st. spocz. Maciej Schroeder/надбригадир в отставке Мацей Шредер

Section Editor: Humanities and Social Sciences for Safety/ Редактор Отдела:

Гуманитарные и общественные науки на благо безопасности
Bernard Wiśniewski, PhD, prof. WSPOL/Бернард Вишневецки, д-р, проф.- Police Academy in Szczużno/Высшая школа полиции в г. Щитно

Section Editor: People Involved in Firefighting/Редактор Отдела: Лица пожарной охраны

Jan Kielin, M.Eng./ Ян Келин, магистр инж., – Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland/Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт, Польша

*Editorial Secretary, Language Editor – Polish Language/**Секретарь Редакции, языковой редактор – польский язык:*

Julia Pinkiewicz, M.A./ Юлия Пинкевич, магистр

Language Editor – English Language/языковой редактор – английский язык:

Jan Stanislaw Lopata, M.Eng./ Ян Станислав Лопата, магистр

Language Editor – Russian Language/языковой редактор – русский язык:

Yuliya Mazur, M.Eng./ Юлия Мазур, магистр инж.

Statistical Editor/Статистический редактор:

Tomasz Wesierski, PhD/Томаш Венесерски, д-р

Prepared for editing by/Подготовили к печати:

Anna Golińska, M.A./ Анна Гольницка, магистр

Elzbieta Muszyńska/Эльжбета Мушыньска

EDITORIAL ADVISORY BOARD/НАУЧНЫЙ СОВЕТ

Chairman/Председатель:

prof. Ewa Rudnik, PhD/проф. Эва Рудник, д-р инж.,
Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute,
Poland/Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны
– Государственный Исследовательский Институт, Польша

prof. Bogdan Z. Długogórski/проф. Богдан З. Длугогурск
Murdoch University in Perth, Australia/Университет Мердока в городе Перт,
Австралия

prof. Aleš Dudáček, PhD/проф. Аlesh Дудачек, д-р инж., Technical University
of Ostrava, Czech Republic/Остравский Технический Университет, Чехия

prof. Fan Weicheng/проф. Фан Вейчэнг
State Key Laboratory of Fire Science – University of Science and Technology
of China/Государственная лаборатория пожарной техники – Университет наук
и технологий в Китае

gen. major Viktor Ivanovith Klimkin, PhD/ген. майор Виктор Иванович
Климкин, д-р

Oversight and Prevention Department of EMERCOM of Russia/ Департамент
надзорной деятельности и профилактической работы Министерства
Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным
ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

prof. Rainer Koch, PhD/проф. Райнер Кох, д-р инж.
The University of Paderborn, Institute for Fire and Rescue Technology
in Dortmund, Germany/Университет Падерборн, Институт Пожарной
и Спасательной Технологии в г. Дортмунд, Германия

prof. Venkatesh Kodur, PhD/проф. Венкатеш Кодур, д-р инж.
Michigan State University (USA) / Мичиганский университет (США)

prof. Jesús Ignacio Martínez Paricio/проф. Хесус Игнасио Мартинес
Парцио

The Complutense University of Madrid, Spain/Мадридский Университет
в г. Комплутенс, Испания

Hauke Speth, PhD/Науке Спет, д-р инж.

Institute for Fire and Rescue Technology in Dortmund, Germany/Институт
Пожарной и Спасательной Технологии в г. Дортмунд, Германия

Lech Starzewski, PhD, prof. WiTPiS/проф. Лех Старчевский, д-р инж.
Military Institute of Armoured and Automotive Technology, Poland/Военный
Институт Броневой и Автомобильной Техники, Польша

prof. Asif Usmani/проф. Асиф Усмани
BRE Centre for Fire Safety Engineering – The University of Edinburgh (UK)
Центр BRE Техники Пожарной Безопасности – Эдинбургский Университет
(Великобритания)

ISSN 1895-8443

DOI: 10.12845

© by Scientific and Research Centre for Fire Protection - National Research
Institute Publishing House (Wydawnictwo CNROP-PIB)/Научно-
Исследовательский Центр Противопожарной Охраны им. Иосифа
Тулишковского - Государственный Исследовательский Институт, Польша
Circulation/Тираж: 500 copies/экземпляров
Paper version constitutes a primary version of the journal.
Печатная версия ежеквартальника является первичной версией

Cover design/Проект обложки:

Barbara Dominowska/Барбара Доминовска

Editorial Office/Пздательский дом:

ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Jozefow k Otwocka

tel. 22 769 32 20

e-mail: kwartalnik@cnhop.pl

Czytelnia.cnhop.pl

The quarterly journal *Безопасность и Техника Пожарная Safety & Fire Technique* is addressed to fire protection managers, state and local government employees, researchers and tutors from universities and research institutes interested in the issues of fire protection, civil protection and crisis management. Articles in the quarterly go through a peer review process.

Журнал «Безопасность и Пожарная Техника» является журналом, который адресован к руководящим кадрам противопожарной охраны, работникам государственных и местных исполнительных органов власти, занимающихся проблематикой кризисного управления, работникам научно-педагогических университетов и исследовательских институтов, заинтересованных этой проблематикой. Журнал содержит только рецензированные статьи.

The Quarterly "Safety & Fire Technique" is published in free and open access, i.e., each user can read, copy, print, spread, cite and search open resources, including full texts of articles, respecting the copyright of its authors. A user can take advantage of articles published in the Quarterly in accordance with binding law on permitted use, indicating on the copy of the material information about the source and authors. Политика открытого доступа. Ежеквартальник WiTP „Безопасность и Пожарная Техника” публикуется в открытом и бесплатном доступе т.е. каждый пользователь в праве читать, копировать, печатать, распространять, цитировать и пересматривать открытые ресурсы, в том полные тексты статей с сохранением авторских прав их создателей. Пользователь использует помещенные в Ежеквартальнике статьи согласно действующим правилам доступного использования, указывая на копии произведения информацию об источнике и авторе/авторах.



Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego

9 points/9 баллов

IC Journals Master List

5.32 points/5.32 балла

Under decision of the Minister of Science and Higher Education (The announcement of December 17, 2013) there are 9 points attributed to the author's academic achievements for publishing scientific articles in the Quarterly. На основе решения Министра Науки и Высшего Образования (Сообщение от 17 декабря 2013 года) за статьи, опубликованные в Ежеквартальнике авторы получают 9 баллов, приходящихся к их научным достижениям.

SPIS TREŚCI

ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE
STRATEGICZNE

Wybrane zagadnienia ochrony infrastruktury krytycznej na przykładzie portu morskiego 15
M. Życzkowski, M. Szustakowski, R. Dulski, M. Kastek, W. Ciurapiński, M. Karol, P. Markowski

Zastosowanie metody planowania programów celowych w ochronie przeciwpożarowej 25
Novikov A.S.

NAUKI HUMANISTYCZNE I SPOŁECZNE
NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA

Typologia zagrożeń 31
B. Kaczmarczyk

BADANIA I ROZWÓJ

Spoleczno-ekonomiczne koszty pożarów 39
M. Pecio

Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń za lata 2000-2012. Analiza statystyczna przypuszczalnych przyczyn pożarów obiektów mieszkalnych w skali kraju i miasta 47
R. Mazur, P. Guzewski

Instrumentarium badawcze do testów zderzeniowych konstrukcji lotniczych 61
A. Zbrowski

Ocena odporności ogniowej stropów na belkach stalowych 73
P. Król

Badania doświadczalne reakcji na ogień kabli elektrycznych 97
W. Klapsa, D. Bodalski, S. Suchecki

Badanie z wykorzystaniem metody obliczeniowo-eksperymentalnej właściwości ogniochronnych powłoki „Amotherm Steel Wb” dla zabezpieczenia konstrukcji metalowych 107
Dashkovskii V.Iu., Kovalev A.I.

Badanie wpływu podwyższonej temperatury na wytrzymałość ścisłanego drewna sosnowego impregnowanego środkiem ogniochronnym zawierającym SiO₂ 115
P. Ogrodnik, D. Pieniak, A. Krzyżak, A. Walczak

Badanie eksperymentalne powłok ogniochronnych konstrukcji metalowych 123
Boris A.P., Polovko A.P. Veselivskii R.B

TECHNIKA I TECHNOLOGIA

System wizyjny do nocnych poszukiwań nawodnych zintegrowany z łodzią typu RIB (Rigid Inflatable Boat) 129
J. Zboina, J. Pyrchla, M. Zieliński

Metody ochrony przed powodzią 139
D. Riegert

Z PRAKTYKI DLA PRAKTYKI

Zachowanie ludzi jako jeden z czynników determinujących przebieg procesu ewakuacji 149
I. Clapa, M. Dziubiński

Wytyczne dla autorów 159
Nagrody CNBOP-PIB 173
Najważniejsze wydarzenia 183

Literatura

1. Gunduz G., Aydemir D., Karakas G., *The effects of thermal treatment on the mechanical properties of wild Pear (Pyrus elaeagnifolia Pall.) wood and changes in physical properties*. "Materials and Design" Vol. 30, 2009, pp. 4391-4395.
 2. Korkut S., Akgul M., Dundar T., *The effects of heat treatment on some technological properties of Scots pine (Pinus sylvestris L.) wood*. "Bioresource Technology" Vol. 99, 2008, pp. 1861-1868.
 3. Bednarek Z., Kaliszuk-Wietecha A., *Analysis of the fire-protection impregnation influence on wood strength*. "Journal of Civil Engineering and Management" Vol. 13 Issue 2, 2007, pp. 79-85.
 4. Bednarek Z., Ogrodnik P., Pieniak D., *Wytrzymałość na zginanie i niezawodność kompozytu drewnianego LVL w warunkach podwyższonych temperatur*. „Zeszyty Naukowe SGSP”. Issue 40, 2010.
 5. Oszust M., Pieniak D., Ogrodnik P., Dec L., *Badanie spadku wytrzymałości drewna świerkowego modyfikowanego termicznie w warunkach temperatur pożarowych*. „Drewno” Vol. 54, 2011, pp. 97-108.
 6. Pieniak D., Ogrodnik P., Oszust M., Niewczas A., *Badania wytrzymałości w podwyższonych temperaturach materiałów drewnopochodnych stosowanych w mostownictwie*. Rozdział w monografii wydanej przez Politechnikę Lubelską 2012, 88-116.
 7. Nagrodzka M., Małozieć D., *Impregnacja drewna środkami ogniochronnymi*. BiTP Vol. 23 Issue 3, 2011, pp. 68-76
 8. Fengel D., Wegener G., *Wood chemistry, ultrastructure, reactions*. Berlin, Walter de Gruyter, 1989.
 9. Mazela B., Zakrzewski R., Grześkowiak W., Cofta G., Bartkowiak M., *Resistance of thermally modified wood to basidiomycetes*. „Wood Technology” Vol. 7, 2004, pp. 253-262.
 10. Kartal S.N., Hwang W.J., Imamura Y., *Combined effect of boron compounds and heat treatments on wood properties: Chemical and strength properties of wood*. "Journal of Materials Processing Technology" Vol. 198, 2008, pp. 234-240.
 11. Ohataya E., Tanaka F., Norimoto M., Tomita B., *Hygroscopicity of heat-treated wood 1. Effects of after-treatments on the hygroscopicity of heat-treated wood*, "Journal of Wood Science" Vol. 46, 2000, pp. 77-87.
 12. Gunduz G., Aydemir D., Karakas G., *The effects of thermal treatment on the mechanical properties of wild Pear (Pyrus elaeagnifolia Pall.) wood and changes in physical properties*. "Materials and Design" Vol. 30, 2009, pp. 4391-4395.
 13. Korkut S., Akgul M., Dundar T., *The effects of heat treatment on some technological properties of Scots pine (Pinus sylvestris L.) wood*. "Bioresource Technology" Vol. 99, 2008, pp. 1861-1868.
- st. kpt. dr inż. Paweł Ogrodnik** – absolwent Wydziału Inżynierii Budowlanej i Sanitarnej Politechniki Lubelskiej (kierunek: budownictwo). W 2001 roku rozpoczął pracę w Zakładzie Mechaniki Stosowanej Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. W 2006 roku obronił rozprawę doktorską na temat „Wpływ temperatur występujących w czasie pożaru na przyczepność pomiędzy stalą a betonem”.
- dr inż. Daniel Pieniak** – absolwent wydziału mechanicznego Politechniki Lubelskiej, w tej samej jednostce w 2010 roku uzyskał stopień naukowy doktora nauk technicznych w dyscyplinie naukowej budowa i eksploatacja maszyn. Od 2006 roku jest pracownikiem Zakładu Mechaniki Stosowanej Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Prowadzi badania eksploatacyjne, wytrzymałości i mechanizmów uszkodzeń materiałów konstrukcyjnych i funkcjonalnych oraz komponentów sprzętu pożarniczego i ochron osobistych w warunkach narażeń termicznych i mechanicznych.
- ml. kpt. mgr inż. Agata Walczak** – absolwentka wydziału inżynierii bezpieczeństwa pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Od 2011 roku pracuje na stanowisku asystenta w Zakładzie Mechaniki Stosowanej w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie.
- dr inż. Aneta Krzyżak** – ukończyła studia magisterskie na Wydziale Mechanicznym Politechniki Lubelskiej na kierunku mechanika i budowa maszyn. Od początku swojej pracy zawodowej pracuje w Katedrze Procesów Polimerowych. Jest członkiem zwyczajnym Komisji II Podstaw i Zastosowań Fizyki i Chemii w Technice, Rolnictwie i Medycynie Polskiej Akademii Nauk Oddział w Lublinie. Od 21 kwietnia 2009 r., Stowarzyszenia Inżynierów i Mechaników Polskich od 2004 r., Polskiego Naukowo-Technicznego Towarzystwa Eksploatacyjnego PNTTE od 2007 r., członkiem Zarządu i Prezydium Polskiego Naukowo-Technicznego Towarzystwa Eksploatacyjnego PNTTE od 14.10.2010 r., członkiem Zespołu Kwalifikacji Ekspertów Polskiego Naukowo-Technicznego Towarzystwa na kadencje 2011 – 2013, członkiem oraz sekretarzem naukowym Zespołu Systemu Eksploatacji w Sekcji Podstaw Eksploatacji Komitetu Budowy Maszyn Polskiej Akademii Nauk PAN na kadencję 2007-2010, sekretarzem Komitetu Redakcyjnego Serii Monografii Zespołu Systemów Eksploatacji SPE KBM PAN od 2010 r.

БОРИС А.П. / BORIS A.P.¹канд. техн. наук **ПОЛОВКО А.П. / POLOVKO A.P., Ph.D.¹**канд. техн. наук **ВЕСЕЛИВСКИЙ Р.Б. / VESELIVSKII R.B., Ph.D.¹**

Przyjęty/Accepted/Принята: 14.02.2014;

Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 15.07.2014;

Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ²

An Experimental Study of Fire Retardant Coverings for Metal Structures

Badanie eksperymentalne powłok ogniochronnych konstrukcji metalowych

Аннотация

Цель: Проведен анализ современных технологий повышения функциональных свойств строительных конструкций, в том числе термомеханических. Обосновано эффективный метод повышения огнестойкости металлических конструкций путем применения огнезащитных покрытий и облицовок, выполняющих функцию теплоизоляционных экранов, которые защищают поверхность конструкции от теплового воздействия во время пожара и увеличивают время достижения предельного состояния по огнестойкости. Целью работы, является экспериментальное исследование пассивных огнезащитных покрытий для металлических конструкций.

Методы: Представлена пассивная огнезащита металлических конструкций, т.е. огнезащитное покрытие, которое при воздействии высоких температур не меняет свои физические параметры и обеспечивает огнезащиту благодаря физическим или тепловым свойствам. Проанализировав существующие методы определения огнезащитной способности, проведена идентификация огнезащитной способности экспериментальных образцов известной методикой. Предложена схема размещения термопар на опытных образцах. Оптимизировано размещение термопар на экспериментальных образцах и в печи с целью контроля температуры. Преимуществом данной методики испытания является то, что по ее результатам можно сделать вывод об огнезащитной способности огнезащитных покрытий в зависимости от их толщины защитного слоя без дополнительных математических расчетов.

Для экспериментальных исследований было изготовлено два типа образцов из конструкционно-теплоизоляционного газобетона марки D 400 и D 500, а также высокотемпературного вяжущего материала (клей). Результаты экспериментальных исследований показали, что критическая температура нагрева металлических пластин для экспериментальных образцов достигнута. Соответственно время огнезащитной способности газобетонных плиток толщиной 40 мм марки D 400 и D 500 составляет не менее 120 и 110 мин соответственно.

Результаты: По результатам, полученным в ходе проведения экспериментальных исследований пассивного огнезащитного покрытия, в соответствии с методикой ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010 «Огнезащитная обработка строительных конструкций. Общие требования и методы контролирования», экспериментально установлено время достижения критической температуры на необогреваемой поверхности металлической пластины с огнезащитой из газобетонных плиток толщиной 40 мм при ее испытании в условиях стандартного температурного режима пожара. Обоснованы области применения металлических конструкций в зданиях и сооружениях.

Ключевые слова: пассивное огнезащитное покрытие, степень огнестойкости, металлическая конструкция, огнезащитная способность, термопара, газобетон

Вид статьи: с практики для практики

¹ Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, Украина, 79000, Львов, ул. Клепаровская, 35; e-mail: roman_veselivskuy@yahoo.com / Lviv State University of Life Safety

² Процентное участие / Percentage contribution: Boris A.P. – 50%, Polovko A.P. – 25%, Veselivskii R.B. – 25%

Abstract

Aim: The authors carried out an analysis of modern technologies with the aim of improving the functional effectiveness of building structures including thermo-mechanical properties. They verified an effective method of increasing fire resistance of metal structures by the use of fire-retardant coverings and sidings which act as thermal insulation screens. These protect the surface of structures from heat exposure during a fire incident and increase the time during which the structure maintains its fire resistance. The purpose of this work is to perform an experimental study of inert fire protection coverings for metallic structures.

Methods: The authors described inert protective coverings for metal structures known as fire-retardant coating which, do not change their physical properties under the influence of high temperatures. Because of physical and thermal characteristics such coverings provide protection against fires. After an analysis of established methods used for determining fire resistance capability, the authors utilised one such method to test a sample covering. Thermo-couples were positioned on experimental structures and in the furnace so that temperature control could be maintained. Subsequently a different thickness of covering was applied to the sample and results observed. The benefit of such an approach rests with the way results can be obtained and conclusions drawn, without additional mathematical calculations. For the benefit of this study two samples were prepared, made up from heat-insulating construction aerated concrete D 800 and D 500, and a high-temperature binder (adhesive). Research results revealed that the temperature limits for heated metal plates were achieved. Corresponding protection time for aerated concrete plates D 400 and D 500, at thickness level of 40 mm, was maintained for at least 120 and 110 minutes respectively.

Results: According to results obtained during research of inert fire-retardant coverings, performed in accordance with procedures ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010 "Fire retardant treatment of building constructions. General requirements and methods of control", it was possible to determine the timescale required to achieve critical temperature levels on the surface of an unheated metal plate, covered by fire retardant aerated concrete tiles at a thickness of 40 mm, in standard temperature fire conditions. The application of this covering to metal structures in building construction was justified.

Keywords: inert fire-retardant covering, fire resistance degree, metal structure, fire-retardant ability, thermo-couple, aerated concrete

Type of article: best practice in action

Abstrakt

Cel: Przeprowadzono analizę nowoczesnych technologii mających na celu zwiększenie skuteczności właściwości funkcjonalnych konstrukcji budowlanych, w tym termomechanicznych. Uzasadniono zastosowanie efektywnej metody zwiększenia odporności na ogień konstrukcji metalowych poprzez zastosowanie powłok i okładzin ognioodpornych, pełniących funkcję ekranów termooizolacyjnych, które chronią powierzchnię konstrukcji przed oddziaływaniem ciepła w czasie pożaru oraz wydłużają czas osiągnięcia granicznych wartości odporności ogniowej. Celem pracy jest przeprowadzanie badania eksperymentalnego pasywnych powłok ogniochronnych konstrukcji metalowych.

Metody: Opisano pasywne zabezpieczenie ogniochronne konstrukcji metalowych, tj. powłokę ogniochronną, która pod wpływem wysokich temperatur nie zmienia swoich parametrów fizycznych, a także dzięki swoim właściwościom fizycznym i cieplnym zapewnia ochronę przeciwpożarową. Po przeanalizowaniu funkcjonujących metod określania zdolności ogniochronnej przeprowadzono za pomocą znanej metodologii identyfikację właściwości przeciwpożarowych próbek. Zaproponowano schemat rozmieszczenia termopar na próbkach eksperymentalnych. Zoptymalizowano rozmieszczenie termopar na próbkach eksperymentalnych oraz w piecu celem kontroli temperatury. Przewagą danej metodologii badania jest to, iż na podstawie jej wyników można wyciągnąć wnioski o właściwościach przeciwpożarowych powłok ogniochronnych w zależności od grubości ich warstwy ochronnej bez dodatkowych obliczeń matematycznych.

Na potrzeby badań eksperymentalnych przygotowano dwa rodzaje próbek z konstrukcyjno-termooizolacyjnego gazobetonu marki D 400 i D 500 oraz wysokotemperaturowego materiału wiążącego (kleju). Wyniki badań eksperymentalnych pokazały, że krytyczna temperatura grzania metalowych tafli próbek eksperymentalnych została osiągnięta. Odpowiednio czas zdolności ogniochronnej bloczków gazobetonowych o grubości 40 mm, marek D 400 i D 500 wynosi nie mniej niż odpowiednio 120 i 110 min.

Wyniki: Na podstawie wyników, otrzymanych w rezultacie badań eksperymentalnych pasywnej powłoki ogniochronnej, przeprowadzonych zgodnie z metodyką ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010 „Ogniochronna obróbka konstrukcji budowlanych. Wymagania ogólne i metody kontroli”, określono czas osiągnięcia krytycznej temperatury na powierzchni nieogrzewanej metalowej tafli pokrytej zabezpieczeniem ogniochronnym z gazobetonowych bloczków o grubości 40 mm podczas badań w warunkach standardowej temperatury przy pożarze. Uzasadniono obszar zastosowania konstrukcji metalowych w budynkach i budowlach.

Słowa kluczowe: pasywne pokrycie ogniochronne, poziom odporności ogniowej, konstrukcja metalowa, zdolność ogniochronna, termopara, gazobeton

Typ artykułu: z praktyki dla praktyki

1. Введение

Развитие современных технологий требует повышения функциональных свойств строительных конструкций, в том числе термомеханических. Для строительных конструкций, которые используются при строительстве зданий и сооружений различного назначения, одним из основных требований является нормированный предел огнестойкости.

Металлические конструкции широко используются в современном строительстве. Высокая несущая

способность при сравнительно небольшой массе, надежность работы при различных видах напряженного состояния и агрессивных эксплуатационных условиях, практичность и универсальность – основные качества, которые выгодно отличают металлические конструкции от бетонных, деревянных. Наряду с этими преимуществами, стальные конструкции имеют и недостатки, в частности низкую огнестойкость REI 15. При нагревании свыше 500°C они теряют несущую способность [1-7].

Одним из наиболее эффективных методов повышения огнестойкости металлических конструкций является применение огнезащитных покрытий и облицовок, которые выполняют функцию теплоизоляционных экранов, защищающих поверхность конструкции от теплового воздействия во время пожара и увеличивающих время достижения предельного состояния с огнестойкости по признаку потери несущей способности [2].

Основное задание огнезащиты металлических конструкций состоит в изоляции поверхности материала от прямого теплового воздействия пожара.

В работе рассматривается пассивная защита, то есть огнезащитное покрытие, которое при воздействии высоких температур не меняет своей физической формы и обеспечивает огнезащиту благодаря физическим или тепловым способностям.

Внедрение на рынок новых пассивных огнезащитных покрытий в Украине является очень сложным и дорогим процессом. Основным барьером для быстрого внедрения дешевых и качественных огнезащитных покрытий является определение огнезащитной способности в соответствии с действующими нормативными документами.

Соответственно без определения огнестойкости металлических конструкций проектирование объектов строительства имеет более абстрактный характер, впрочем, как и уровень пожарной безопасности объекта в целом. Кроме того, применение того или иного способа огнезащиты связано со значительными экономическими затратами и в отдельных случаях достигает 20% от полной стоимости строительства в целом.

2. Методы

С 2007 года в Украине методы оценки огнезащитной способности огнезащитных покрытий металлических несущих конструкций изложены в ДСТУ Б.В.1.1 -17 : 2007 [2], согласно с которыми зависимость определяется экспериментальным путем нагрева образцов в огневой печи в условиях, определенных в [3], с последующей обработкой данных испытаний различными методами математического анализа. Указанный нормативный документ соответствует европейскому стандарту [4]. В стандарте [1] дополнительно к математическим методам, определенным в европейском стандарте [4], приведены методы обработки экспериментальных данных путем решения прямых и обратных задач теплопроводности.

В результате расчетов методами математического анализа с учетом исходных данных полученных при испытании, получают зависимости в виде таблиц и графиков для нормированного ряда значений класса огнестойкости: R15; R30; R60; R90; R120; R180; R240, т.е. определяют полную сферу применения огнезащитных покрытий для металлических несущих строительных конструкций (балок, колонн), которые подвергаются воздействию высоких температур из трех или четырех сторон.

Согласно [1], для определения огнезащитной способности пассивных огнезащитных покрытий необходимо провести объемные, в количественном отношении, огневые испытания часть которых направлена на определение огнезащитной способности, а часть - на оценку способности покрытия к сплыванию (сцепление).

ДСТУ-Н-П Б В.1.1 - 29: 2010 [5] предусматривает общие требования и методы контроля огнезащитной способности при приемке выполненных работ по огнезащитной обработке конструкций, идентификации и последующей эксплуатации.

Суть метода заключается в определении времени от начала теплового воздействия на опытный образец до наступления предельного состояния для этого образца.

Использование теплоизоляционного газобетона марки D 400, D 500 вполне возможно, поскольку этот материал имеет много преимуществ по теплофизическим свойствам в сравнении с другими огнезащитными материалами и покрытиями. Для монтажа огнезащитного покрытия на металлическую конструкцию использовался высокотемпературный вяжущий материал (клей).

Для проведения экспериментальных испытаний было изготовлено два типа опытных образцов соответствующего размера и материала, основные параметры и характеристики, которых представлены в табл. 1.

Таблица 1.

Основные параметры и характеристики опытных образцов

Table 1.

Main parameters and characteristics of the experimental samples

№ п/п No.	Марка образца Brand of a sample	Количество образцов Number of samples	Материал Material	Габаритные размеры, мм Size (mm)
1.	Г-1 (G-1)	2	Газобетон марки D400 Gas concrete D400	500x500x40
2.	Г-2 (G-2)	2	Газобетон марки D500 Gas concrete D500	500x500x40
3.	К (K)	К-1 (K-1)	клей марки ТИ-1К-А (glue ТИ-1К-А)	250x250x1
		К-2 (K-2)	клей марки ТИ-1К-А (glue ТИ-1К-А)	250x250x2

На рис. 1 представлены схемы размещения термодатчиков на опытных образцах.

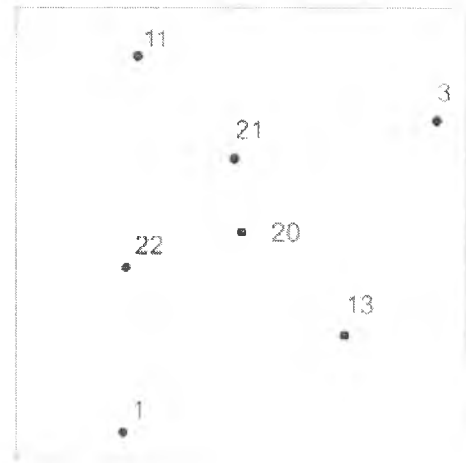
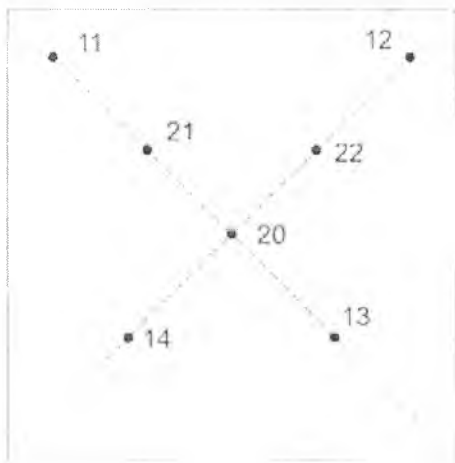


Рис. 1. Схемы размещения термопар в газобетоне, образец:

Г-1

№ 11, 12, 13, 14, 20 - термопары в металле
№ 21 - термопара в клею
№ 22 - термопара в газоблоке на глубине 20мм

Г-2

№ 1, 3, 11, 13, 20 - термопары в металле
№ 22 - термопара в клею
№ 21 - термопара в газоблоке на глубине 20мм

Fig. 1. Position of thermocouples in aerated concrete, sample:

Г-1

№ 11, 12, 13, 14, 20- thermocouples in metal
№ 21- thermocouples in glue
№ 22- thermocouples in glue aerated concrete block
in 20 mm depth

Г-2

№ 1, 3, 11, 13, 20- thermocouples in metal
№ 22- thermocouples in glue
№ 21- thermocouples in glue aerated concrete block
in 20 mm depth

На рис. 2 представлена схема размещения термопар в клею.

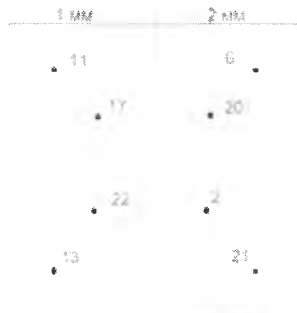


Рис. 2. Схемы размещения термопар в клею

№ 2, 17, 20, 22- термопары в металле; № 11, 13 - термопара в клею толщиной 1 мм; № 6, 21 - термопара в клею толщиной 2 мм.

Fig. 2. Position of thermocouples in glue:

№ 2, 17, 20, 22- thermocouples in metal; № 11, 13 - thermocouples in glue in 1 mm depth; № 6, 21 - thermocouples in glue in 2 mm depth

3. Результаты

Требования, предъявляемые к защитным покрытиям, как и условия их эксплуатации, могут быть самыми разнообразными. Поэтому выбор защитного покрытия для каждого случая должен проводиться отдельно, в зависимости от характера агрессивной среды и природы покрываемого материала.

Экспериментальные испытания по определению огнезащитной способности проводились в соответствии с требованиями [5].

Значение контролируемой критической температуры ($T_{кр}$) нагрева металлической пластины при проведении экспериментальных исследований составляло:

$$T_{кр} = T_0 + 480 = 18 + 480 = 498 \text{ } ^\circ\text{C},$$

где $T_0 = 18 \text{ } ^\circ\text{C}$ - начальная температура.

На рис. 3, 4, 5 представлены усредненные результаты экспериментальных исследований огнезащитной способности газобетонных плиток и висотемпературного клея.

Проанализировав результаты экспериментальных исследований, можно утверждать, что критическая температура нагрева металлической пластины для образцов марки Г-1 достигнута на 124 мин (термопара Т12). Соответственно время огнезащитной способности газобетонных плиток марки D400 толщиной 40 мм составляет не менее 120 мин. Предельное состояние для газобетона на глубине 20мм (термопара Т22) достигнуто на 98 мин эксперимента.

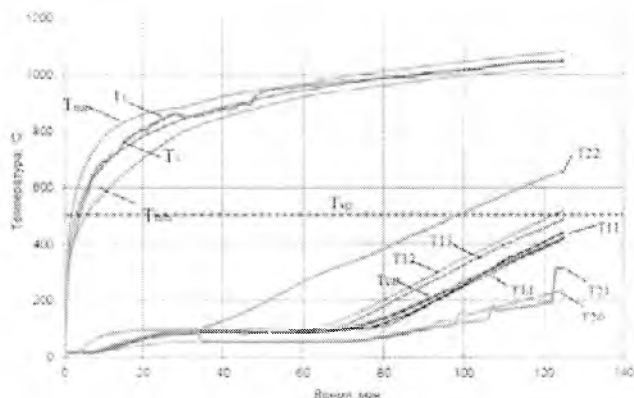


Рис. 3. Сопоставление усредненных результатов для образцов марки Г-1

$T_{кр}$ - критическая температура предельного состояния для металлической конструкции;

T_p - температура в печи; T_s - стандартная температурная кривая; $T_{мин}$ - минимальное значение T_s ; $T_{макс}$ - максимальное значение T_s ; T11- T14, T20-T22 - термопары на образцах; $T_{ср}$ - среднее значение для T11-T14, T20

Fig. 3. Comparison of average results for samples G-1

$T_{кр}$ - critical temperature of limit state for a metal plate;

T_p - temperature of oven; T_s - standard temperetare curve; $T_{мин}$ - minimal value T_s ; $T_{макс}$ - maximal value T_s ; T11- T14, T20-T22- thermocouples in samples; $T_{ср}$ - average value for T11-T14, T20

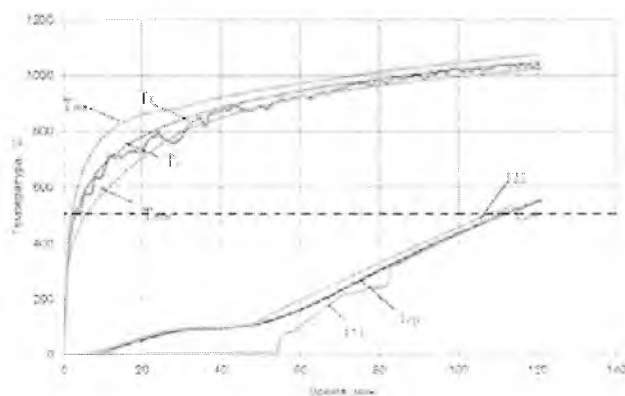


Рис. 4. Сопоставление усредненных результатов для образцов марки Г-2

$T_{кр}$ - критическая температура предельного состояния для металлической конструкции; T_p - температура печи;

T_s - стандартная температурная кривая; $T_{мин}$ - минимальное значение T_s ; $T_{макс}$ - максимальное значение T_s ; T21, T22- термопары на образцах;

$T_{ср}$ - среднее значение T21, T22

Fig. 4. Comparison of average results for samples G-2

$T_{кр}$ - critical temperature of limit state for a metal plate;

T_p - temperature of oven; T_s - standard temperetare curve; $T_{мин}$ - minimal value T_s ; $T_{макс}$ - maximal value T_s ; T21, T22- thermocouples in samples; $T_{ср}$ - average value of T21, T22

По результатам исследований для образца марки Г-2 критическая температура нагрева металлической пластины была достигнута на 110 мин, соответственно время огнезащитной способности газобетонных плиток толщиной 40 мм марки D500, составляет не менее 110 мин.

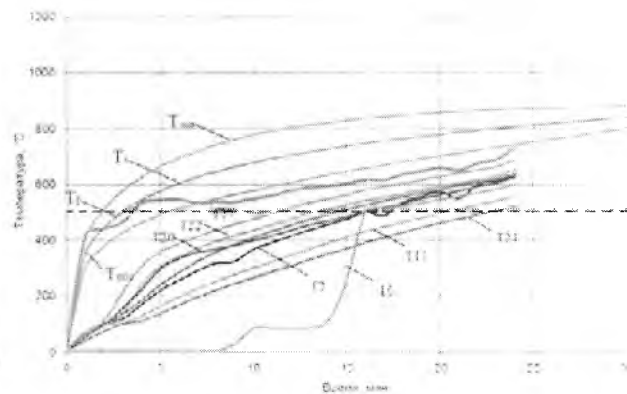


Рис. 5. Сопоставление усредненных результатов для образцов клея

$T_{кр}$ - критическая температура металлической конструкции, при которой наступает предельное состояние по огнестойкости; T_p - температура печи; T_s - стандартная температурная кривая; $T_{мин}$ - минимальное значение T_s ;

$T_{макс}$ - максимальное значение T_s ; T2, T17, T20, T22- термопары на необогреваемой поверхности металлической пластины; T11, T13- термопара в клею толщиной 1мм; T6, T21- термопара в клею толщиной 2 мм

Fig. 5. Comparison of average results for samples of glue

$T_{кр}$ - critical temperature for a metal plate;

T_p - furnace temperature; T_s - standard temperetare curve; $T_{мин}$ - minimal value T_s ; $T_{макс}$ - maximal value T_s ; T2, T17, T20, T22- thermocouples in unheated side;

T11, T13- thermocouples in glue 1 mm depth; T6, T21- thermocouples in glue 2 mm depth

Учитывая незначительное время огнезащитной способности высокотемпературного клея, которое составило для образца толщиной 1мм около 17 мин, толщиной 2мм около 20 мин, можно сделать вывод, что его применение в качестве огнезащитного покрытия – нецелесообразно.

4. Выводы

Проанализированы существующие методы определения огнезащитной способности, проведена идентификация огнезащитной способности экспериментальных образцов.

Экспериментально установлено время достижения критической температуры на необогреваемой поверхности металлической пластины с огнезащитой из газобетонных плиток толщиной 40 мм при ее испытании в условиях стандартного температурного режима пожара. Обоснованы области применения [7] металлических конструкций в зданиях и сооружениях с огнезащитным слоем из газобетонных плиток соответственно:

- марки Г-1 толщиной 40 мм не менее 120 мин - III-V степень огнестойкости;
- марки Г-2 толщиной 40 мм не менее 110 мин – III-V степень огнестойкости.