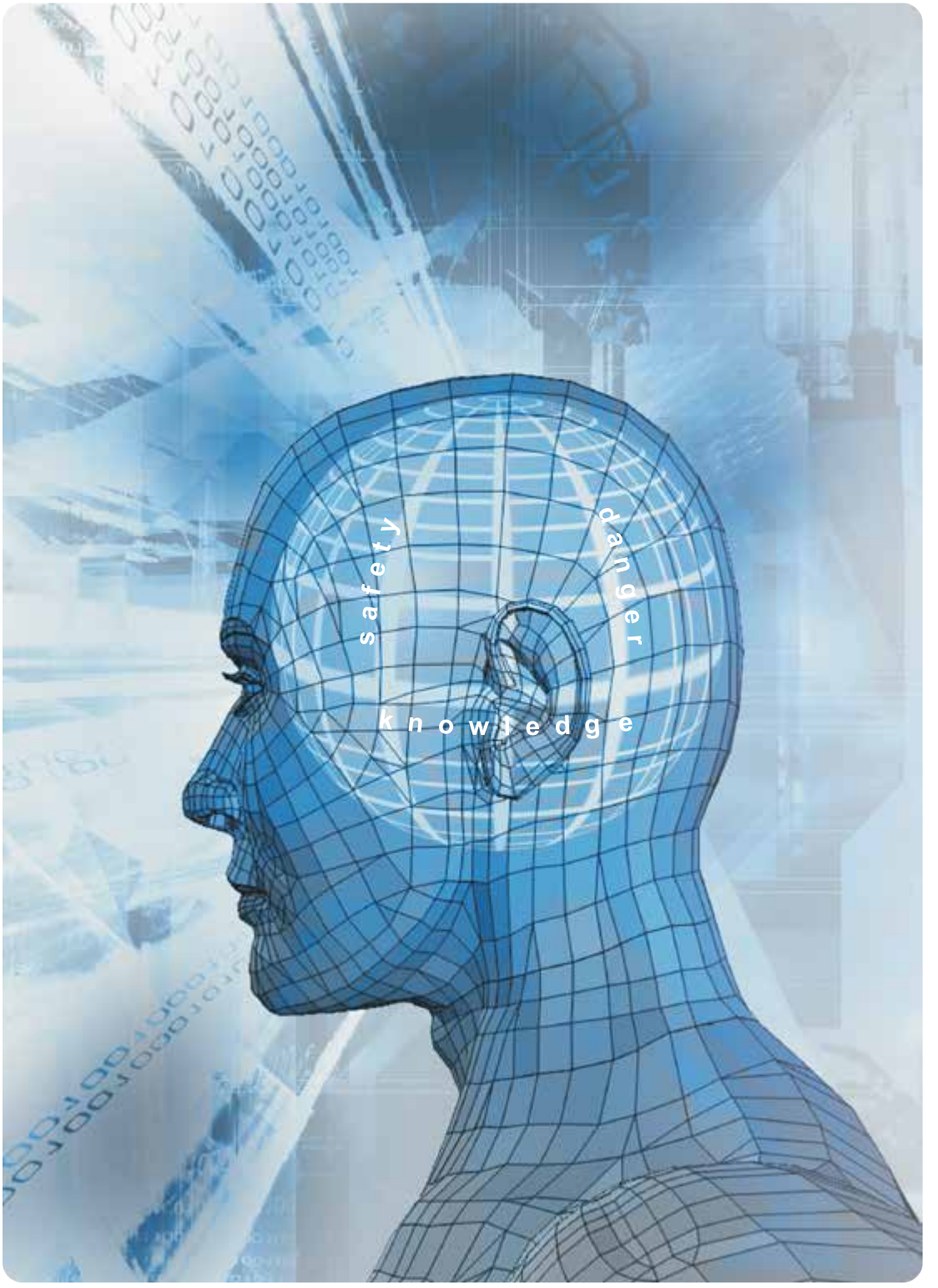
ISSN 1895-8443
Vol. 35 Issue 3
September 2014

CNBOP-PIB

TERAZ POLSKA

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
mł. 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 Szczytnie

Redaktor Działu Postacie Pożarnictwa
mgr inż. Jan Kielin – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy

Sekretarz Redakcji, Redaktor Językowy – język polski
mgr Julia Pinkiewicz

Redaktor Językowy – język angielski
mgr Jan Stanisław Łopata

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 Dudáček,
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 Климкин (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. WITPiS,
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 przeszukiwać 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 informację 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.

Safety & Fire Technique/Безопасность и Пожарная Техника
BiTP Vol. 35 Issue 3, 2014
The IXth year of publishing/IX год публикации журнала

EDITORIAL COMMITTEE/РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

Editor-in-Chief/Главный Редактор
ml. bryg. 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/Эугениуш 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. Ева 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
bryg. Jacek Zboina, PhD/бригадир Яцек Збоина, 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. bryg. 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
nadbryg. Janusz Skulich/надбригадир Януш Скулих – Government Centre for Security, Poland/Правительственный центр безопасности, Польша

Section Editor: Training and Knowledge Promotion
Редактор Отдела: Обучение и пропагандирование знаний
st. bryg. 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
nadbryg. w st. spocz. Maciej Schroeder/надбригадир в отставке Мацей Шредер

Section Editor: Humanities and Social Sciences for Safety/ Редактор Отдела: Гуманистические и общественные науки на благо безопасности
Bernard Wiśniewski, PhD, prof. WSPOL /Бернард Висьневски, д-р, проф.- Police Academy in Szczytno/Высшая школа полиции в г. Щитно

Section Editor: People Involved in Firefighting/Редактор Отдела: Лица пожарной охраны
Jan Kielin, M.Eng. / Ян Киелин, 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 Stanisław Łopata, 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 Węsierski, PhD/Томаш Венсерски, д-р

Prepared for editing by/Подготовили к печати:
Anna Golińska, M.A./Анна Голиньска, магистр
Elżbieta Muszyńska/Эльжбета Мушиньска

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. Длугогурски
Murdoch University in Perth, Australia/Университет Мердока в городе Перт, Австралия

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

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

gen. mayor 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. Гесус Игнасио Мартинес Парицио
The Complutense University of Madrid, Spain/Мадридский Университет в г. Комплутенс, Испания

Hauke Speth, PhD/Хауке Спет, д-р инж.
Institute for Fire and Rescue Technology in Dortmund, Germany/Институт Пожарной и Спасательной Технологии в г. Дортмунд, Германия

Lech Starczewski, 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 CNBOP-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/Издательский дом:
ul. Nadwiślańska 213; 05-420 Józefów k/Otwocka
tel. 22 769 32 20
e-mail: **kwartalnik@cnbop.pl**
Czytelnia.cnbop.pl

The quarterly journal *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza/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 открытый доступ. Ежеквартальник BiTP „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 допустимого 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/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, прибавляемых 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

Społeczno-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 ściskanego drewna sosnowego impregnowanego środkiem ogniochronnym zawierającym SiO_2 **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. Cłapa, M. Dziubiński

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

TABLE OF CONTENT
СОДЕРЖАНИЕ

ORGANIZATION AND STRATEGIC MANAGEMENT
ОРГАНИЗАЦИЯ И СТРАТЕГИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

Selected Issues Concerning Protection of Key Installations Illustrated on the Example of a Maritime Port
Выбранные вопросы защиты критической инфраструктуры на примере морского порта **15**
M. Życzkowski, M. Szustakowski, R. Dulski, M. Kastek, W. Ciurapiński, M. Karol, P. Markowski

Application of Goal-Oriented Programme Planning in the Field of Fire Safety
Применение метода программно-целевого планирования в области пожарной безопасности **25**
Novikov A.S.

HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES FOR SAFETY
ГУМАНИСТИЧЕСКИЕ И ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ НА БЛАГО БЕЗОПАСНОСТИ

Classification of Threats
Классификация угроз **31**
B. Kaczmarczyk

RESEARCH AND DEVELOPMENT
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗВИТИЕ

Socio-Economic Costs of Fires
Социально-экономические потери от пожаров **39**
M. Pecio

Assessment of Safety Levels in the Context of 2000-2012 Statistics. A Statistical Analysis of Residential Building Fires Causes at the National and City Level
Оценка степени безопасности относительно статистики событий за 2000-2012 гг. Статистический анализ возможных причин пожаров жилых объектов на государственном и городском уровнях **47**
R. Mazur, P. Guzewski

Research Instruments for Aircraft Impact Tests
Испытательная аппаратура для проведения тестов столкновения авиаконструкций **61**
A. Zbrowski

Evaluation of the Fire Resistance of Steel-Beam Floors
Оценка огнестойкости перекрытий на стальных балках **73**
P. Król

Reaction to Fire of Electric Cables. Experimental Research
Экспериментальные исследования реакции на огонь электрических кабелей **97**
W. Klapsa, D. Bodalski, S. Suchecki

Research of the Fireproof Capability of "Amotherm Steel Wb" Coating for Metal Constructions Protection Using an Experiment-Calculation Method
Исследование огнезащитной способности покрытия „Amotherm Steel Wb" для защиты металлических конструкций расчетно-экспериментальным методом **107**
Dashkovskii V.Iu., Kovalev A.I.

Study on the Influence of High Temperatures on The Compressive Strength of Pine Timber Treated With the Flame Retardant Containing Sio2
Исследование влияния повышенной температуры на устойчивость к сжатию древесины сосны, пропитанной огнезащитным веществом, содержащим SiO2 (диоксид кремния) **115**
P. Ogrodnik, D. Pieniak, A. Krzyżak, A. Walczak

An Experimental Study of Fire Retardant Coverings for Metal Structures
Экспериментальное исследование огнезащитных покрытий для металлических конструкций **123**
Boris A.P., Polovko A.P. Veselivskii R.B

TECHNIQUE AND TECHNOLOGY
ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Night Vision System for Surface Water Search, Integrated with Rigid Inflatable Boat
Система ночного видения для поисковых работ на поверхности водоёмов, интегрированная с лодкой типа Rigid Inflatable Boat **129**
J. Zboina, J. Pyrchla, M. Zieliński

A Temporary Flood Protection Measures
Временные методы защиты от наводнения **139**
D. Riegert

BEST PRATICE IN ACTION
С ПРАКТИКИ ДЛЯ ПРАКТИКИ

Human behaviour as one of the factors determining the course of the evacuation process
Поведение людей как один из факторов, определяющий ход процесса эвакуации **149**
I. Cłapa, M. Dziubiński

Guide for authors / Правила для авторов **159**
CNBOP-PIB Achievements / Достижения CNBOP-PIB **173**
Major events / Самые важные события **183**

Wrzesień, 2014

Szanowni Czytelnicy,

Przekazujemy w Państwa ręce już 35. numer kwartalnika naukowego „BiTP Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza".

Na wstępie chcielibyśmy podzielić się z Państwem niezwykle ważną dla całego wydawnictwa wiadomością. Z dumą informujemy, że do grona Rady Naukowej kwartalnika dołączył znakomity specjalista z zakresu inżynierii lądowej i środowiskowej Pan Profesor Venkatesh Kodur z Uniwersytetu Michigan w Stanach Zjednoczonych. Profesor Kodur jest już jedenastym członkiem organu doradczego naszego czasopisma skupiającego wybitnych naukowców, którzy aktywnie wspierają nasze czasopismo swoją bogatą wiedzą i doświadczeniem.

W tym numerze znajdą Państwo miedzy innymi zbiór artykułów związanych z metodami zabezpieczenia przed ogniem konstrukcji zarówno metalowych, jak i drewnianych. Opracowania te stanowią źródło wiedzy dla inżynierów i specjalistów z dziedziny ochrony przeciwpożarowej.

Wśród artykułów związanych z tą tematyką znajduje się między innymi artykuł autorstwa Pana dr. inż. Pawła Króla pt. „Ocena odporności ogniowej stropów na belkach stalowych". Zaprezentowano w nim procedury i metodologię postępowania przy ocenie odporności ogniowej stropów na belkach stalowych. Oprócz zagadnień związanych z bezpieczeństwem pożarowym tego typu konstrukcji autor przedstawia przykład obliczeniowy, który jest gotowym wzorcem postępowania pozwalającym na odtworzenia badań. Artykuł powstał w związku z rosnącą popularnością omawianych przez autora konstrukcji oraz często spotykanym problemem z przeprowadzaniem metod obliczeniowych według wytycznych norm europejskich. Analizę procedur uzupełniono o praktyczne wnioski i sugestie przydatne w procesie oceny stanu technicznego konstrukcji przed i po pożarze.

Zapraszamy serdecznie do zapoznania się ze wszystkimi artykułami zamieszczonymi w tym numerze kwartalnika, wśród których znajdą Państwo interesujące opracowania polskich i zagranicznych naukowców. Życzymy przyjemnej lektury.

Komitet Redakcyjny

September, 2014

Dear Readers,

We are pleased to present you the 35th issue of the scientific journal BiTP "Safety & Fire Technique".

In the beginning, we would like to share with you some important information. We are proud to announce that the Editorial Scientific Board of the Quarterly was joined by a prominent specialist in the field of civil and environmental engineering – professor Venkatesh Kodur from the University of Michigan in the United States. Professor Kodur is already the eleventh member of the advisory body of our journal, which associates eminent scientists who actively support our journal thanks to their extensive expertise and experience.

In this issue you can find, i.a., a collection of articles related to the methods of fire protection of both metal and wooden constructions. These papers constitute a source of knowledge for engineers and specialists in the field of fire protection.

The article written by Paweł Król, entitled "Evaluation of the Fire Resistance of Steel-Beam Floors", is one of the articles related to these issues. The paper presents the procedures and methodology for assessing the fire resistance of steel beams floors. Apart from the issues related to fire safety of such constructions, the author also presents a calculation example which constitutes a ready-to-use template, allowing the readers to repeat the research process on their own. The author raised the issue because of the growing popularity of the constructions in question and the common problem with performing calculation methods in accordance with the European standards. The analysis of procedures was supplemented by some practical conclusions and suggestions, which can be useful while assessing technical conditions of a construction both before and after the fire.

We invite you to read all articles published in this issue. We hope that you find this collection of Polish and foreign works interesting and valuable. We wish you a pleasant reading.

Editorial Commitee

Сентябрь, 2014

Уважаемые Читатели,

Передаём в Ваши руки уже 35 номер ежеквартального журнала „BiTP Безопасность и Пожарная Техника”.

В начале мы хотели бы поделиться с Вами очень важной новостью для целого издательства. С гордостью сообщаем, что к составу Научного Совета ежеквартального журнала присоединился знаменитый специалист по вопросам гражданского и экологического инжиниринга – Профессор Венкатеш Кодур из Мичиганского университета, США. Профессор Кодур есть уже одиннадцатым членом совещательного совета нашего журнала, объединяющего известных учёных, которые активно поддерживают наше издание своими обширными знаниями и опытом.

В этом номере Вы найдёте, кроме всего прочего, сбор статей, связанных с методами огнезащиты как металлических, так и деревянных конструкций. Эти разработки являются настоящим источником знаний для инженеров и специалистов в области пожарной охраны.

Среди статей, связанных с этой тематикой, находится также статья авторства доктора инженера Павла Круля под названием „Оценка огнестойкости перекрытий на стальных балках”. В ней представлены процедуры и методология поведения при оценке огнестойкости перекрытий на стальных балках. Кроме вопросов, связанных с пожарной безопасностью таких конструкций, автор представляет также пример расчёта, который является готовым образцом поведения, позволяющим воспроизводить данные исследования. Статья появилась в связи с растущей популярностью рассматриваемых автором конструкций и часто встречающейся проблемой проведения расчётных методов согласно требований европейских стандартов. Анализ процедур был дополнен практическими выводами и предложениями, пригодными в процессе оценки технического состояния конструкции перед и после пожара.

Мы приглашаем Вас ознакомиться со всеми статьями, опубликованными в этом номере ежеквартального журнала, среди которых Вы найдёте интересные разработки польских и зарубежных учёных. Желаем приятного чтения.

Редакционный Совет

Szanowni Państwo,

Powodzie na całym świecie powodują zagrożenie dla życia, zdrowia i mienia ludzi oraz straty w wielu obszarach działalności człowieka. Aby skutecznie przeciwdziałać i eliminować to zagrożenie, prowadzone są badania naukowe oraz wdrażane są programy wykorzystujące najnowsze technologie, opracowane na potrzeby ochrony przed powodziami, metody ostrzegania, prognozowania zjawisk meteorologicznych, a także plany zarządzania ryzykiem powodziowym.

Prowadzenie prac związanych z poprawą bezpieczeństwa w czasie powodzi jest niezmiernie ważne, bowiem w ostatnich latach to właśnie powodzie, które pojawiają się coraz częściej, powodują największe straty w gospodarce i środowisku w wielu państwach. Unia Europejska poprzez odpowiednie dyrektywy obliguje Polskę do poprawy bezpieczeństwa powodziowego poprzez tworzenie systemów obejmujących techniczne i nietechniczne metody ograniczania strat.

Prowadzenie prac naukowo-badawczych w tym zakresie powinno odbywać się w ścisłej współpracy jednostek naukowych, przemysłu oraz organów zarządzania kryzysowego w celu uzyskania kompletnych i użytecznych rozwiązań.

Działania te powinny być promowane i wspierane na wielu płaszczyznach, a ich wyniki muszą trafiać do specjalistów, służb oraz właściwych organów administracji państwowej i samorządowej. Do tych, którzy zajmują się adaptowaniem innowacji na potrzeby ochrony przeciwpowodziowej, a co za tym idzie, na ograniczenie lub wyeliminowanie zagrożenia związanego z maksymalnymi zjawiskami hydrologicznymi.

Redakcja czasopisma „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" wydawanego przez Centrum Naukowo-Badawcze im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy stara się realizować ten cel przez publikacje materiałów dotyczących również tematyki walki z powodziami z wykorzystaniem innowacyjnych osiągnięć współczesnej nauki. W każdym numerze znajdą Państwo również wiele cennych informacji dotyczących szeroko pojmowanego bezpieczeństwa. Serdecznie Państwa zachęcam do śledzenia kolejnych wydań kwartalnika, w których bez wątpienia znajdą Państwo wartościowe artykuły naukowe.

Prof. nzw. dr hab. inż. Beniamin Więzik
Przewodniczący Sekcji Hydrologii
Komitetu Gospodarki Wodnej PAN
Wiceprezes Stowarzyszenia Hydrologów Polskich

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.1

ppłk dr inż. **Marek ŻYCZKOWSKI**[1]
prof. dr hab. inż. **Mieczysław SZUSTAKOWSKI**[1]
ppłk dr inż. **Rafał DULSKI**[1]
dr inż. **Mariusz KASTEK**[1]
dr inż. **Wiesław CIURAPIŃSKI**[1]
mgr inż. **Mateusz KAROL**[1]
mgr inż. **Piotr MARKOWSKI**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 01.09.2013;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 19.08.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

WYBRANE ZAGADNIENIA OCHRONY INFRASTRUKTURY KRYTYCZNEJ NA PRZYKŁADZIE PORTU MORSKIEGO[2]

Selected Issues Concerning Protection of Key Installations Illustrated on the Example of a Maritime Port

Выбранные вопросы защиты критической инфраструктуры на примере морского порта

Abstrakt
Cel: Celem artykułu jest przybliżenie zagadnień ochrony obiektów infrastruktury krytycznej. Szczególną uwagę zwrócono na zagadnienia ochrony zewnętrznej i monitorowanie obszaru chronionego na przykładzie zabezpieczeń portu morskiego. Na jego terenie można wyróżnić strefy wymagające różnego podejścia do aspektu ochrony, dając w ten sposób pełny obraz systemu ochrony infrastruktury krytycznej obiektów specjalnych.
Wprowadzenie: Obecne zdobycze techniki w zakresie systemów ochrony obiektów infrastruktury krytycznej oferują mnogość rozwiązań z zakresu funkcjonalności i możliwości. Tworząc system bezpieczeństwa obiektu, należy przede wszystkim na poziomie działania procedur bezpieczeństwa zapewnić ich wzajemną komplementarność względem poszczególnych podmiotów je realizujących. W ujęciu systemu ochrony obiektów infrastruktury krytycznej podmiotami realizującymi procedury systemu bezpieczeństwa są zarówno techniczne środki ochrony, jak i służby ochrony. Wymaga to odpowiedniego zarządzania pracą poszczególnych elementów systemu z uwzględnieniem ich możliwości i kompetencji. Ponadto projektowany system ochrony powinien być spójny nie tylko pod względem procedur, lecz również z uwzględnieniem technicznego aspektu działania poszczególnych podsystemów ochrony. W tym celu należy zapewnić integrację poszczególnych podsystemów w centrum nadzoru, które odpowiada za prawidłowy przepływ informacji pomiędzy podmiotami obecnymi w systemie bezpieczeństwa i koordynuje ich pracę.
Wyniki: W artykule zostały przedstawione kluczowe zagadnienia ochrony technicznej obiektów infrastruktury krytycznej w ujęciu ochrony zewnętrznej i wewnętrznej. Autorzy zarysowali podstawowe problemy wykorzystania perymetrycznych czujników specjalnych oraz dalekozasięgowych systemów wizualizacji zdarzeń wspomagających działania służb ochrony fizycznej. Przedstawiono również problematykę systemów integrujących umożliwiających, adekwatną do potrzeb, obsługę systemów ochrony w zakresie BMS w powiązaniu z czujnikami ochrony zewnętrznej.
Wnioski: Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, iż głównym kryterium doboru elementów systemów ochrony infrastruktury krytycznej jest budżet. Widać wyraźne trendy w wyborze przez inwestorów systemów opartych głównie o detekcję wizualną. Systemy takie, mimo iż oferują wiele funkcjonalności, nie są idealnym rozwiązaniem ze względu na zmienne warunki oświetleniowe. Dodatkowo dają złudne przeświadczenie o ograniczaniu kosztów poprawnie funkcjonującego systemu ochrony. Dlatego kluczowe jest odpowiednie dopasowanie systemu ochrony do potrzeb i wymagań danego obiektu.

Słowa kluczowe: zintegrowane systemy ochrony, infrastruktura krytyczna, system integrujący
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

[1] Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego; ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 00-908 Warszawa; mzyczkowski@wat.edu.pl / Military University of Technology in Warsaw, Poland;
[2] Autorzy wnieśli jednakowy wkład w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.1

Abstract
Aim: The purpose of this article is to expose protection issues of key installations. Specifically, as an illustration, attention is focused on questions concerning the security of a maritime port. Within such a perimeter it is possible to identify a range of zones which require diverse protection measures. In turn, this provides a full image of security measures which need to be harnessed to protect key installations.
Introduction: Current technological advances in the field of security systems for key installations afford a multitude of functional and capability solutions. Creation of a security system requires, at the operational level, a need to ensure compatibility in procedures for those engaged in the realization of protection. Security systems for key installations require the engagement of technical measures as well as the services of security organizations. This requires a suitable management approach to individual elements of the system to maximize capability and competence. Additionally, a proposed security system should be consistent not only in terms of procedures, but also with regard to the technical interaction of each subsystem. To achieve this it is necessary to integrate various subsystems at the control center, which is responsible for co-ordination and proper flow of information between those involved in the security activity.
Results: The paper exposed main technical issues relating to key installation security systems, in context of internal and external security. Authors revealed fundamental problems associated with the use of special perimeter sensors as well as long range visual aids which support the work of security staff. Problems were also highlighted about issues concerning integration of systems which should satisfy requirements of operating BMS security systems in relation to external security sensors.
Conclusions: An analysis reveals that the main criterion for selection of system elements used in the protection of key installations is the budget. Clear trends indicate that, in the main, investors chose systems based on visual detection. Such systems, although offering many features, are not ideal for variable lighting conditions. Additionally, they provide a false conviction of reducing the cost of a properly functioning security system. Therefore, it is vital to adopt a security system which satisfies the needs and requirements of given key installation.

Keywords: integrated security systems, key installations, integrating system
Type of article: review article

Аннотация
Цель: Целью статьи является ознакомление читателей с вопросами защиты объектов критической инфраструктуры. Особенное внимание посвящено вопросам внешней защиты и мониторингу защищаемой территории на примере средств защиты морского порта. Так как на территории такого объекта находятся зоны, требующие различных подходов к вопросу защиты, статья даёт полное представление о системе защиты специальных объектов критической инфраструктуры.
Введение: Современные достижения техники в области систем защиты объектов критической инфраструктуры предлагают множество возможностей и функциональных решений. Создавая систему безопасности объекта, в первую очередь, следует обеспечить взаимодополняемость процедур в отношении отдельных субъектов, которые их реализуют. В данной системе защиты объектов критической инфраструктуры, субъектами реализующими процедуры системы безопасности являются как технические средства защиты, так и сами службы защиты. Такая структура требует соответствующего управления работой отдельных элементов системы с учётом их способностей и компетенций. Кроме того, предложенная система защиты должна быть соответственной не только с точки зрения процедур, но также с учётом технического аспекта работы отдельных подсистем защиты. Для этого следует обеспечить интеграцию отдельных подсистем в центре управления, который отвечает за правильную передачу информаций между субъектами, находящимися в системе безопасности и координирует их работу.
Результаты: В статье были представлены ключевые вопросы технической защиты объектов критической инфраструктуры с точки зрения внешней и внутренней защиты. Авторы коротко охарактеризовали основные проблемы использования специальных периметрических датчиков и систем мониторинга большой дальности, которые поддерживают работу отделов служб физической защиты. Представлена также проблематика интегрирующих систем, которые отвечают потребностям в обслуживании систем защиты в сфере BMS относительно датчиков внешней защиты.
Выводы: На основе проведённого анализа можно сделать вывод, что главным критерием для выбора элементов систем защиты критической инфраструктуры является бюджет. Видны чёткие тенденции при выборе инвесторами систем, основанных, в главной мере, на визуальном обнаружении. Хотя такие системы много функциональны, они не являются идеальным решением в связи с изменчивыми условиями освещения. Кроме того, они создают ложное убеждение в том, что уменьшены затраты на верно функционирующую систему защиты. Таким образом главное, чтобы система защиты соответствовала нуждам и требованиям данного объекта.

Ключевые слова: интегрированные системы защиты, критическая инфраструктура, интегрирующая система
Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

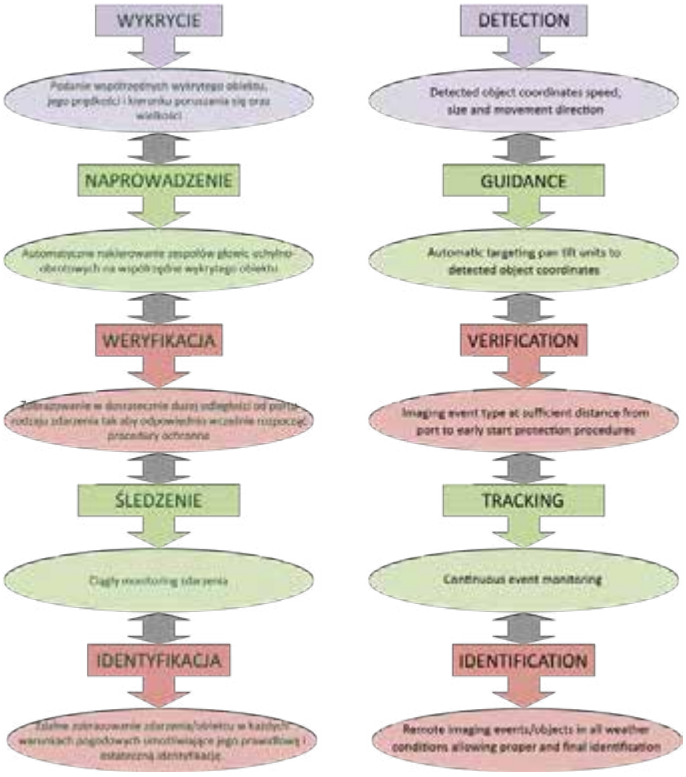
Zintegrowany system bezpieczeństwa obiektu infrastruktury krytycznej powinien opierać się na zatwierdzonym planie ochrony, uwzględniającym współpracę służb działających zgodnie z procedurami bezpieczeństwa przy wykorzystaniu środków technicznych adekwatnych do poziomu zagrożenia. W związku z tym każdy nowo projektowany system ochrony technicznej powinien być skonstruowany w oparciu o najlepsze i najnowocześniejsze standardy ochrony, umożliwiające globalny nadzór nad systemem, oraz powinien być zgodny z wymaganiami kodeksu ISPS [1-3].

System taki poprzez wdrożenie ekonomicznie uzasadnionych, najnowszych rozwiązań technicznych powinien zapewnić:

- ciągły monitoring stref podejścia do obiektów strategicznych, a w szczególności do stref, na które atak wywołałby kumulację strat [4, 5];

- monitoring, skuteczny w każdych warunkach pogodowych [6, 7];
- system zarządzania umożliwiający skuteczne wykorzystanie środków technicznych w warunkach zmiany poziomu bezpieczeństwa.

Rekomendowany przez zespół autorów model zintegrowanego systemu ochrony zakłada korzystanie z rozwiązań pozwalających na zapewnienie spełnienia założeń ochrony. Jak pokazuje praktyka projektowania systemów ochrony obiektów infrastruktury krytycznej, system taki powinien funkcjonować poprzez techniczne wdrożenie procedury (ryc. 1): wykrycia, naprowadzania technicznych systemów zintegrowanych, weryfikacji, śledzenia i identyfikacji zdarzenia.



Ryc. 1. Idea systemu monitorowania i ochrony
Fig. 1. Monitoring and security system diagram
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Proponowana procedura powinna dotyczyć ochrony każdej części i strefy obiektu, w których każda z funkcji może być realizowana przez różne zespoły czujnikowe, zależnie od skuteczności metod detekcji w danym środowisku.

Według najnowszych stosowanych rozwiązań w opracowywanych technicznych projektach wykonawczych ochrony obiektów infrastruktury krytycznej należy uwzględniać:

- peryferyjne systemy ochrony budowane w oparciu o techniczne systemy ochrony zewnętrznej (PSO);
- systemy ogrodzenia pasywnego lub aktywnego;
- wewnątrzobiektowe systemy sygnalizacji włamania i napadu (SSWiN, I&HAS);
- system kontroli dostępu (SKD, ACC);
- system telewizji dozorowej CCTV;
- centrum zarządzania (nadzoru);
- okablowanie strukturalne (część pasywna i aktywna), wspólne dla wszystkich podsystemów;
- centralny system zegarowy.

2. Koncepcja Centrum Zarządzania

W ramach projektu technicznej integracji systemów bezpieczeństwa obiektu infrastruktury krytycznej wszystkie podsystemy projektowanego Zintegrowanego Systemu Bezpieczeństwa proponuje się objąć jednolitą software'ową platformą integrującą. W swoim zakresie projektowane oprogramowanie integrujące zapewnić musi zespolenie w jeden logiczny system wszystkich elementów obejmujących system detekcji wtargnięć – np. zintegrowanego systemu ochrony obwodowej i zintegrowanego zespołu radarowo-kamerowego, jak również systemu ochrony wewnętrznej. Projektowany system spełnić musi wszystkie wymagania inwestora zgodnie z profilem użytkowania obiektu/terenu, a ponadto wszystkie elementy systemu muszą być zintegrowane na poziomie programowym.

System taki powinien umożliwić:

1. Wspomaganie dowodzenia i zarządzania sytuacjami kryzysowymi w zakresie:
   - wysokospecjalistycznych reguł działania, opartych o procedury bezpieczeństwa wraz z zarządzaniem posiadanymi zasobami;
   - automatyzacji procesów wsparcia operatorów, w zakresie zarządzania i dowodzenia;
   - aktualnego monitoringu wszystkich zasobów dostępnych dla służb ochronnych,
   - możliwości prowadzenia działań dyspozytorskich;
   - optymalizacji tras w zakresie przemieszczania się po obiekcie;
   - szybkiej i niezawodnej łączności bezprzewodowej: fonicznej i wizyjnej z pracownikami służb ochrony.
2. Integrację w ramach jednorodnego systemu dyspozytorskiego cyfrowych oraz analogowych środków łączności radiowej ze środkami łączności stacjonarnej w sytuacjach kryzysowych i wymagających koordynacji pracy wielu osób i służb jednocześnie.
3. Integrację z innymi systemami zainstalowanymi na obiektach, takimi jak: CCTV, I&HAS, ACC oraz innymi systemami specjalistycznymi np. proponowanym do użycia czujnikiem zewnętrznej ochrony obiektu.

Zastosowanie takiego zintegrowanego systemu zapewni wysoką jakość działania, zwiększanie bezpieczeństwa i obniżanie kosztów operacyjnych.

Uwaga 1: System taki musi zapewnić wspomaganie zarządzania wszystkimi podsystemami, takimi jak alarmy, kontrola dostępu i wideo oraz wszystkimi zasobami, takimi jak straż i jednostki mobilne.

Uwaga 2: System musi być skonfigurowany tak, aby działał bezpośrednio z czujnikami, takimi jak kamery, czujki alarmowe czy punkty kontroli dostępu. Gorszym rozwiązaniem jest realizacja zadań poprzez zindywidualizowane systemy zarządzania dla poszczególnych roz-

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.1

wiązań, takich jak systemy zarządzania wideo czy systemy kontroli dostępu. Sposób konfiguracji poszczególnych podsystemów zależy głównie od specyficznych wymogów obiektu.

Wówczas tak zorganizowany i koordynowany system zapewnia autonomiczny nadzór w wybranych obszarach, zastępując ochronę i mobilne jednostki, a tym samym obniża on koszty utrzymania ochrony.

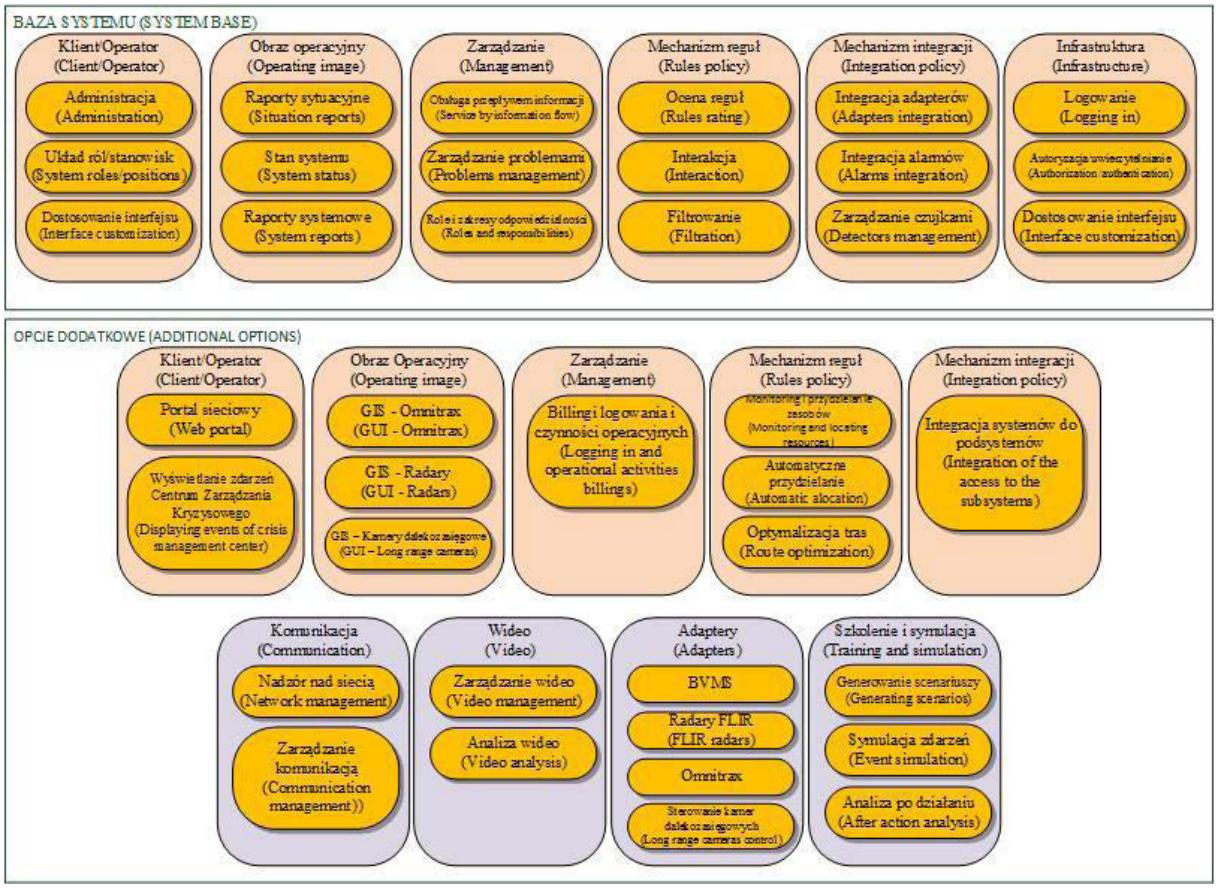
2.1. Opis architektury systemu integrującego i metod integracji podsystemów

Jak opisano wcześniej, system integrujący powinien być software'ową platformą umożliwiającą budowę zintegrowanych systemów dowodzenia i kontroli. Oznacza to, że istnieje możliwość skonfigurowania go do obsługi szerokiego zakresu podsystemów z różnymi interfejsami, począwszy od pojedynczych czujników, np. pojedyncza kamera telewizji przemysłowej, do kompletnych systemów złożonych z wielu czujników. Przykłady takich rozwiązań można spotkać w systemach ochrony obiektów, takich jak lotniska, porty morskie, rafinerie, wymagających współpracy z kilkoma tysiącami czujników, setkami klientów i tysiącami zgłoszeń na godzinę.

System, według obecnych trendów programistycznych, powinien wykorzystywać trzy warstwy modelu architektury SOA (*Service-Oriented Architecture*): warstwę źródła danych, warstwę usług oraz warstwę klienta.

Ponadto jako produkt długookresowy powinien być łatwy w utrzymaniu i umożliwiać modyfikację oraz rozbudowę konstrukcji. Warto, aby system posiadał architekturę modułową umożliwiającą konserwację części systemu, wymianę poszczególnych podsystemów, jak również testowanie wybranych fragmentów systemu bez konieczności wyłączania systemu z użytkowania. Jako modelowe oprogramowanie integrujące powinien być także napisany na bazie standardowych komponentów, co pozwala na ograniczenie ilość kodu do utrzymania. W związku z powyższym system umożliwić powinien również zarządzanie danymi urządzeń (w rozumieniu uwspólniania danych) i rejestrację zdarzeń w jednym środowisku aplikacji systemu integrującego.

System integrujący zapewnia przepływ informacji pomiędzy użytkownikami w oparciu o świadomość sytuacji operacyjnej poprzez zarządzanie zasobami systemu (nie tylko urządzeniami aktywnymi tj. czujki, kontrolery, kamery, bramki, itp..), ustalenie zadań i zakresów odpowiedzialności poszczególnych osób objętych systemem bezpieczeństwa, jak również monitorowanie i zarządzanie zasobami ludzkimi. System musi zapewniać bezpieczeństwo przepływu informacji do poszczególnych użytkowników i obejmować swym zakresem służby ochronne oraz policję, straż pożarną, pogotowie ratunkowe, służby antyterrorystyczne i inne służby publiczne (energetyka, gaz, kanalizacja, itp.).



Ryc. 2. Moduły i funkcje systemu integrującego
Fig. 2. Integrating system modules and functions
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

2.2. Opis funkcjonalności możliwych do wykorzystania w trakcie użytkowania systemu

Zintegrowana platforma bezpieczeństwa przeznaczona do ochrony obiektów infrastruktury krytycznej obejmować powinna między innymi:

1. Zintegrowany system zarządzania sensorami oraz podsystemami funkcjonalnymi (radary, system perymetryczny, system wizyjny, system BMS, itp.).
2. Zintegrowany system wsparcia dowodzenia akcją i sytuacją kryzysową obejmujący:
   – podsystem zarządzania zasobami, w tym aplikację w rozwiązaniach przestrzennych (terenach rozległych) „swój-obcy";
   – podsystem zarządzania ćwiczeniami – możliwość zaprogramowania systemu tak, aby symulował sytuację alarmową z określonymi parametrami (zakres, czas, przebieg, częstotliwość itp.);
   – podsystem zarządzania bezpieczeństwem – gdzie w sytuacjach alarmowych system podpowiada operatorowi procedury, wskazuje dostępne zasoby, automatycznie informuje wskazany personel, realizuje automatycznie określone procedury itp.;
   – podsystem zarządzania łącznością, w tym moduł dyspozytorski oraz integrujący wszystkie radiowe i przewodowe środki łączności;
   – aplikacje klienckie systemu na urządzenia przenośne wykorzystywane przez służby w terenie – umożliwiające wymianę z operatorami danych dotyczących zdarzeń i zleceń.
3. Moduł raportów umożliwiający Administracji i Zarządowi tworzenie wszelkiego rodzaju statystyk, zestawień służących do monitorowania i optymalizowania systemu bezpieczeństwa.

Dodatkowo system integrujący pozwalać powinien na elastyczność i etapowość procesów wdrażania poszczególnych elementów, wynikających z założeń inwestycyjnych, jak również operacyjnych w ramach integracji istniejących i nowo powstających systemów ochronnych oraz wsparcie przy zmianach procedur bezpieczeństwa wynikających z kolejnych etapów i nowo wprowadzanych podsystemów.

Jako wymóg podstawowy należy traktować orientację o stanie obiektu, aktualnej sytuacji ochrony i funkcjonowaniu systemu poprzez:

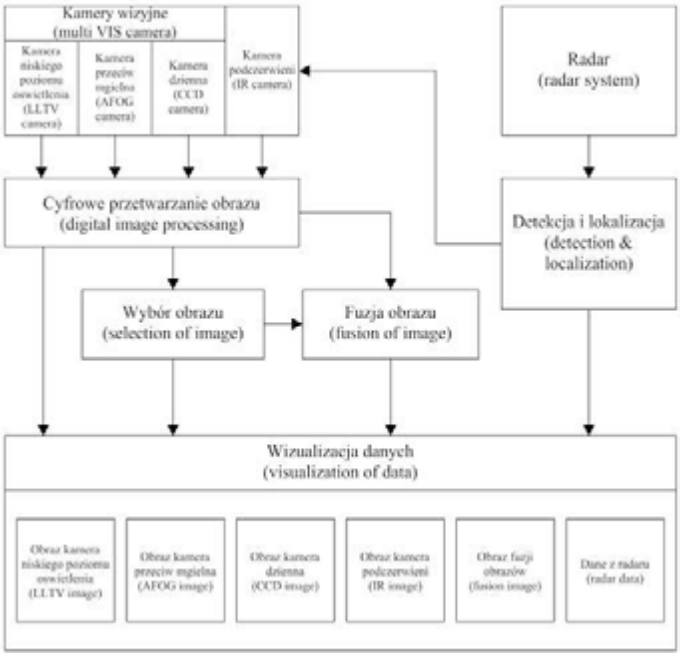
- jednolity dla wszystkich użytkowników obraz sytuacji operacyjnej w oparciu o aktualną wizję z kamer oraz aktywne podkłady syntetyczne;
- gwarancję natychmiastowej łączności fonicznej dzięki pełnej integracji z systemami telefonii stacjonarnej, komórkowej oraz radiotelefonii np. Tetra;
- dystrybucję stanu sytuacji operacyjnej i obrazów wideo do wszystkich użytkowników: stacjonarnych, mobilnych i internetowych.

2.3. Centrum Nadzoru

Budowa stanowiska zintegrowanego w pomieszczeniu Centrum Nadzoru – głównym i zapasowym, zapewni interaktywną obsługę wszystkich podsystemów poprzez kombinację wizualizacji stanów systemu, stanów alarmowych, zdarzeń alarmów technicznych i systemu podpowiedzi na zaistniałe zdarzenia wraz z wizualizacją ich na wydzielonych ekranach w postaci map synoptycznych i zrzutów z obrazów poszczególnych kamer systemu wizyjnego.

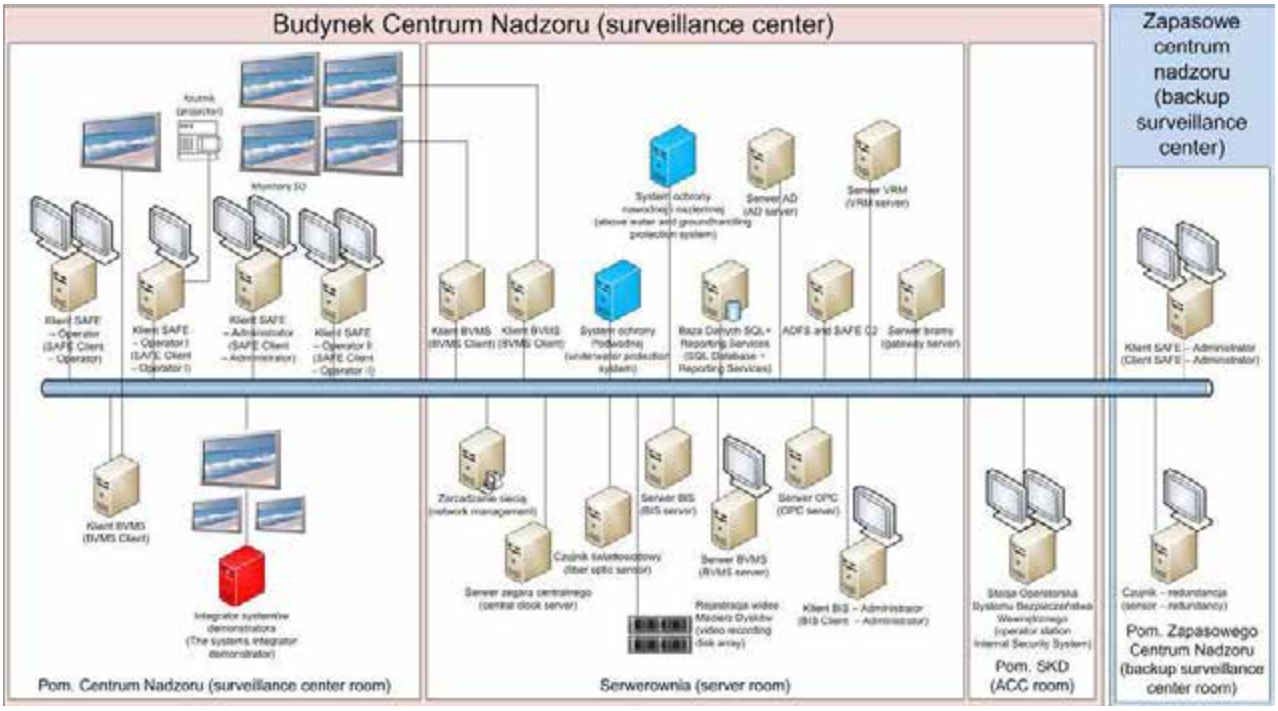
Propozycję konfiguracji architektury systemu ochrony obiektu infrastruktury krytycznej przedstawiono na przykładzie portu morskiego (ryc. 4).

Głównym założeniem budowy zintegrowanego stanowiska nadzoru jest minimalizacja osób niezbędnych do sterowania poszczególnymi, odrębnymi podsystemami. Zintegrowane stanowisko operatorskie skonstruowane powinno być tak, aby zapewnić maksymalną sprawność służb ochrony w realizowaniu zadań. Jako moduł główny systemu projektuje się uwspólnianie interfejsu opracowanego połączenia cech i funkcjonalności poszczególnych czujników systemu ochrony. Na schematach blokowych (ryc. 3 i 5) przedstawiono podstawowe funkcjonalności realizowane przez czujniki wchodzące w skład systemu ochrony portu morskiego. Na ryc. 5 zobrazowano schemat działania algorytmów odpowiedzialnych za analizę danych z kamer oraz pozostałych czujników wchodzących w skład systemu. Wizualizacja danych pomiarowych za pomocą algorytmów fuzji została zminimalizowana, przy zachowaniu pełnej informacji potrzebnej operatorowi systemu do prawidłowej reakcji na zaistniałe zdarzenia. Na ryc. 3 zobrazowano schemat działania algorytmów odpowiedzialnych za analizę danych z radaru oraz powiązanych. Przedstawiono zestaw danych, które zostają wyświetlone na pulpicie operatora.

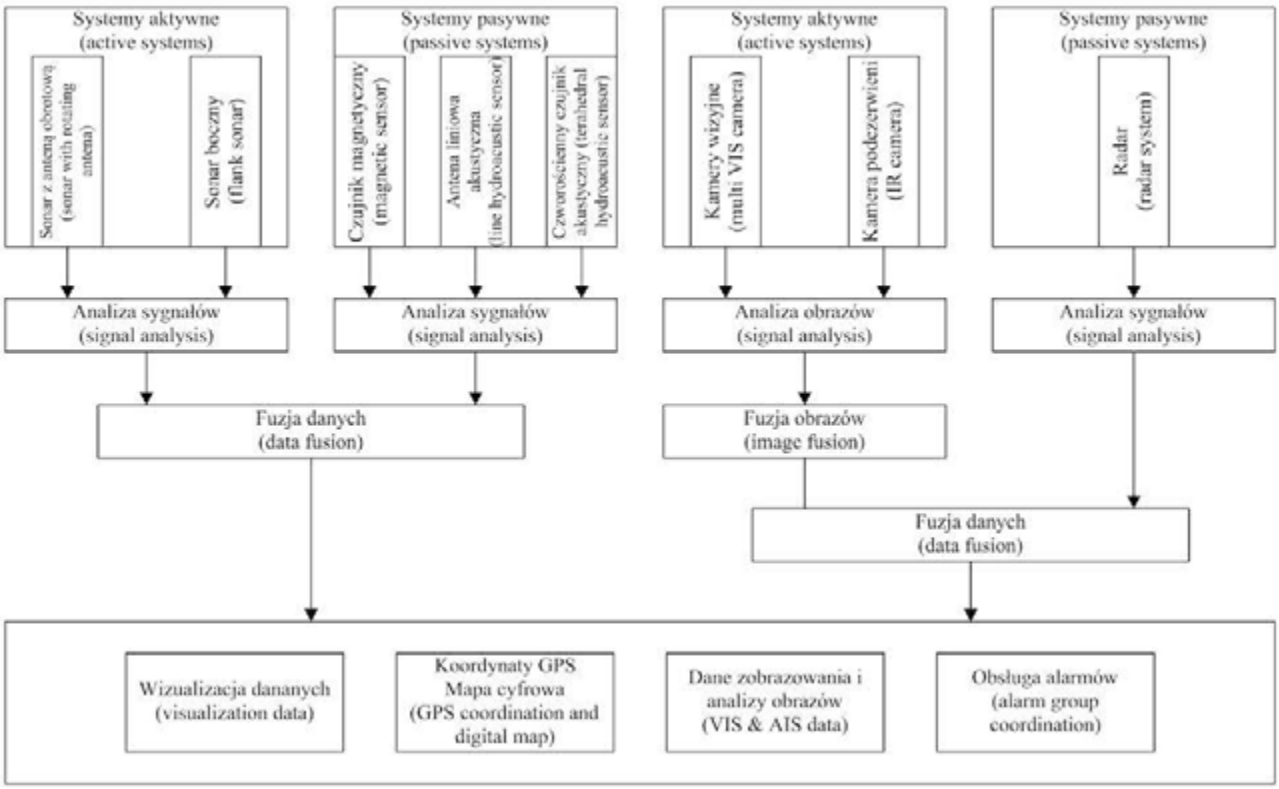


Ryc. 3. Funkcje systemu detekcji radarowo-kamerowej w systemie ochrony portu morskiego
Fig. 3. Features of radar-camera detection system protection system seaport
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.1



Ryc. 4. Architektura urządzeń systemu zarzadzania ochroną obiektów infrastruktury krytycznej portu morskiego
Fig. 4. Management architecture of critical infrastructure seaport protection system
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 5. Funkcje czujnikowych systemów aktywnych i pasywnych w systemie ochrony portu morskiego
Fig. 5. Sensor features of active and passive systems in seaport security
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

3. Koncepcja okablowania strukturalnego i centralnego systemu zegarowego

Okablowanie strukturalne dla systemów zabezpieczeń ma być wydzieloną instalacją niezależną od pozostałej części sieci LAN obiektów. Musi zawierać odrębne okablowanie poziome, szkieletowe i punkty dystrybucyjne. W celu wyodrębnienia przyłączy dla urządzeń zabezpieczeń należy zastosować kable skrętkowe w kolorze innym niż okablowanie komputerowe. Zalecany jest kolor zielony (nie należy stosować kabli w powłoce pomarańczo-

wej lub szarej). Komponenty użyte do budowy systemu okablowania strukturalnego (szafy 19", panele 19", kable skrętkowe) muszą pochodzić od jednego producenta i muszą być oznaczone wspólnym logo systemu okablowania dedykowanego dla systemów zabezpieczeń.

System okablowania strukturalnego ma zapewnić warstwę fizyczną, co najmniej klasy E (kategorii 6) według najnowszych standardów PN-EN 50173, ISO/IEC 11801, ANSI/TIA/EIA 568, gwarantującą niezawodne działanie aplikacji 10GBase-T (10 Gbit/s) według EN 50173-99-1, ISO/IEC TR 24750, TIA-TSB-155. Dla podwyższenia niezawodności należy zastosować łącza zbudowane z kabla skrętkowego kategorii 6A zakończonego złączami kategorii 6. Dla połączeń światłowodowych należy użyć komponentów jednomodowych SM.

Instalowane okablowanie strukturalne musi posiadać deklarację zgodności z najnowszymi normami dotyczącymi okablowania strukturalnego oraz systemów zabezpieczeń. Dla zapewnienia elastyczności system musi umożliwiać swobodną rozbudowę oraz rekonfigurację.

Obecnie w ramach dowolnego projektu ochrony przewiduje się utworzenie zintegrowanego sieciowego systemu bezpieczeństwa zbudowanego w oparciu o szereg podsystemów. Każdy z tych serwerów opracowuje zespół danych, które zapisywane są w urządzeniach rejestrujących za pomocą znaczników czasu. Aby sprawnie zarządzać zapisanym materiałem archiwalnym i móc prawidłowo przypisać zdarzenie do jego zapisu weryfikacyjnego dowolnego podsystemu, należy zastosować system zegara centralnego. W związku z tym, że jest to system sieciowy zamknięty, proponuje się wykorzystanie własnego sieciowego serwera czasu. Umożliwi on ujednolicenie czasu systemowego na wszystkich urządzeniach, a ponadto zabezpieczy system bezpieczeństwa przed nieuprawnionym wejściem hackerskim w powiązania sieciowe, gdyby system korzystał z zewnętrznych serwerów czasu.

4. Przykładowa koncepcja typowego peryferyjnego systemu ochrony w oparciu o architekturę portu morskiego (PSO)

Zgodnie z opisem wymagań na wielobranżowy zintegrowany system ochrony portu morskiego [8, 9] proponuje się system, który ma zawierać:

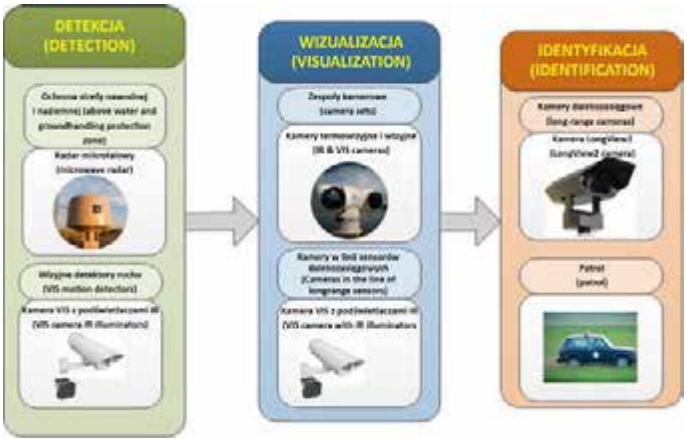
- Czujniki ochrony nawodnej, w skład których wchodzą:
  a. kamery wizyjne, termowizyjne dalekozasięgowe do zobrazowania powierzchni;
  b. radary mikrofalowe do wykrywania obiektów na powierzchni strefy chronionej,
- Czujniki ochrony podwodnej, do których zaliczają się:
  a. aktywny sonar wysokiej częstotliwości do wykrywania obiektów podwodnych oraz analizy kadłubów wpływających jednostek;
  b. podwodne pasywne bariery akustyczne i magnetyczne do wykrycia oraz lokalizacji obiektów naruszających strefę bezpieczeństwa portu.
- Czujniki ochrony naziemnej strefy brzegowej portu morskiego, w skład których wchodzą:
  a. kamery wizyjne, termowizyjne dalekozasięgowe do zobrazowania chronionej strefy naziemnej;
  b. radary mikrofalowe do wykrywania obiektów na obszarze naziemnym strefy chronionej.

W projekcie morskim, ze względu na jego charakter, zakłada się użycie następujących urządzeń do budowy peryferyjnego systemu ochrony (PSO) w celu detekcji próby wtargnięć na obszar chroniony:

- wytworzenie wirtualnych nawodnych i naziemnych stref detekcji (związanych ze swoim położeniem z granicą obszaru portu morskiego strefy przybrzeżnej) przez radary mikrofalowe zakresu 35 lub 77 GHz. Ryc. 6 przedstawia koncepcję połączenia i funkcje elementów składowych systemu ochrony strefy naziemnej i nawodnej systemu;
- nadzór strefy chronionej z wykorzystaniem zespołu radarowego za pomocą kamer z oświetlaczami w zakresie bliskiej podczerwieni 940 nm, rozstawionymi w miejscu związanym z umiejscowieniem radarów. Kamery wyposażone będą w inteligentną analizę ruchu w obrazie umożliwiającą wytworzenie strefy detekcji i będą generowały sygnał alarmu w momencie prób ich przekroczenia.

Identyfikacja zdarzeń wykrytych za pomocą czujników mikrofalowych i zweryfikowanych przez zespoły kamerowe ma odbywać się za pomocą:

- dalekozasięgowych kamer niskiego poziomu oświetlenia z funkcją anty-FOG, LLTV oraz panoramy;
- przejazdu Patrolu SOL na zidentyfikowane miejsce wtargnięcia.



Ryc. 6. Koncepcja nawodnego i naziemnego systemu ochrony portu morskiego
Fig. 6. Concept of above and underwater seaport surveillance system
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

5. Przykładowy system ogrodzenia aktywnego

Na wielobranżowy zintegrowany system ochrony proponuje się zestaw, który ma zawierać co najmniej:

- monitoring całej strefy ogrodzenia obiektowego np. za pomocą czujnika światłowodowego [10-13];

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.1

- monitoring otwartych, szczególnych stref zastrzeżonych za pomocą nadzoru kamerowego z detekcją ruchu dot. części terenu newralgicznego.

Wizualizacja zdarzeń strefy wewnętrznej zapewniona musi być przez zestawy kamerowe na głowicy uchylno-obrotowej (kamery wizyjne z podświetlaczami). Identyfikacja zdarzeń zdetekowanych w strefach objętych ogrodzeniem, a nieobjętych zasięgiem np. przez radary mikrofalowe następować musi przez:

- kamery niskiego poziomu oświetlenia stałopozycyjne i na głowicach uchylno-obrotowych;
- czujnik światłowodowy mocowany na ogrodzeniu portu;
- przejazd patrolu na zidentyfikowane co do położenia miejsce na terenie.

Ryc. 7. Koncepcja systemu ochrony części obiektowej objętej ogrodzeniem
Fig. 7. Concept of seaport fenced area surveillance system
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Podstawą organizacji systemu ochrony obwodowej obiektu infrastruktury krytycznej, ze względu na podniesienie skuteczności systemu zintegrowanego, jest detekcja prób wtargnięcia intruza na teren przez forsowanie ogrodzenia. Ryc. 7 przedstawia koncepcję połączenia i funkcje elementów składowych systemu ogrodzenia aktywnego. W grupie czujników ogrodzeniowych rozumianych jako bariery mechaniczno-elektroniczne, jak również czujników elektronicznych montowanych na ogrodzeniu, ze względu na elastyczność układania i parametry detekcji, wyróżniają się czujniki światłowodowe. Ich główną zaletą jest to, iż nie wymagają budowania infrastruktury strefowego zbierania sygnałów elektrycznych. Współczesne rozwiązania czujników światłowodowych umożliwiają detekcję zaburzenia (oddziaływanie masy powyżej 20 kg na ogrodzenie) na odcinku 40 km z rozdzielczością 5 metrów. Dlatego w wielu rozwiązaniach koncepcji ochrony obiektów infrastruktury krytycznej wstępnie proponujemy użycie tego elementu jako podstawowego czujnika ochrony obwodowej.

Same czujniki światłowodowe budowane są w różnych konfiguracjach, ale zapewniają bardzo wysoki poziom detekcji, ponadto są rozwiązaniami dyskretnymi, ekonomicznymi i elastycznymi w konfigurowalności stref ochrony. Na obecnym etapie rozwoju technologicznego możemy mówić o światłowodowych czujnikach ochrony obwodowej: polaryzacyjnych, z wykorzystaniem światłowodowych siatek Bragga, jak również interferometrycznych. Najlepszym rozwiązaniem, stosowanym w obiektach typu więzienia, lotniska i rafinerie w Australii, USA, EU, jest czujnik interferometryczny, który pokazuje zmiany natężenia światła w czujnikowym światłowodzie jednomodowym dochodzącego do detektorów optycznych z całego toru światłowodu czujnikowego. Układ czujnika sygnalizuje zaistnienie sygnału alarmu wywołanego poruszaniem się ogrodzenia oraz dokonuje pomiaru różnicy czasowej, dojścia sygnałów zaburzeń do odpowiednich detektorów w przeciwstawnych torach optycznych. Pomiar różnicy czasów umożliwia wyznaczenie miejsca tego zdarzenia z dużą, opisaną wyżej, rozdzielczością.

Zgodnie z założeniami zastosowanie światłowodowej detekcji wielokilometrowej na ogrodzeniu wyeliminuje potrzebę budowy skomplikowanej infrastruktury elektronicznej. Ponadto wymienione rozwiązania umożliwiają równoległe prowadzenie w kablu sensorycznym dodatkowych włókien światłowodowych, które z powodzeniem mogą być wykorzystane np. dla potrzeb telewizji dozorowej. W ramach użycia na obiektach specjalnych jego podstawową zaletą jest to, iż nie emituje żadnego promieniowania i jest pod tym względem bezpieczny – np. neutralny dla atmosfery wybuchowej. W związku z powyższym ochrona obwodowa, obejmująca ogrodzenie ciągłe zamontowane na gruncie, powinna być zapewniona przez takiego typu czujnik. W komercyjnym wydaniu produkowany jest on przez kilka firm. Zaawansowana technologicznie analiza sygnału w czujniku tego typu umożliwia określenie lokalizacji powstania zakłócenia (z dokładnością do ok. 20 metrów) i określenie jego typu. Określenie typu oznacza możliwość rozpoznania zakłócenia wywołanego przez wiatr, burze, samolot, ptaki czy małe zwierzęta i niezgłaszanie alarmu w takim przypadku, jak również rozpoznanie, że źródłem zakłócenia jest np. wtargnięcie człowieka lub zwierzęcia o określonej wadze i zgłoszenie tego faktu jako alarm. Możliwe jest również rozróżnienie, czy alarm wywołany jest próbą sforsowania ogrodzenia albo próbą niszczenia opłotowania. Fizycznie światłowód powinien być instalowany na ogrodzeniu o dobrej jakości, zgodnej z wymogami normatywnymi. Odcinek, w którym światłowód funkcjonuje jako czujnik, wyznaczany jest tylko przez jeden kabel światłowodowy, który nie musi być doprowadzony ponownie do Centrum Nadzoru. Długość tego odcinka może wynosić obecnie maksymalnie 40 km i pomiędzy sterownikami system nie wymaga instalacji żadnych innych elementów elektronicznych i doprowadzania zasilania. Dzięki temu instalacja jest szybka, prosta i tania w utrzymaniu. Ponadto czujnik umożliwia dowolne kształtowanie stref ochrony w zależności od wymagań, od ukształtowania ogrodzenia i sposobu rozłożenia czujnika na nim. Strefy programuje się software'owo już po instalacji i można je dowolnie kształtować zgodnie z wymogami administratora w celu odpowiedniego obrazowania sytuacji alarmowych w zintegrowanym systemie ochrony. Dodatkowym atutem takiego rozwiązania jest to, że przy wykorzystaniu go jako typowego medium telekomunikacyjnego może być dowolnie kształtowane przy zmianach w systemie ogrodzenia terenu portu, a wymagana korekta software'owa

Światłowodowy kabel czujnikowy / fiber optic sensor cable

Ryc. 6. Przykładowy sposób instalacji czujnika światłowodowego na ogrodzeniu
Fig. 6. Installation example of optical fiber sensor on fence
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

nie stanowi wyzwania dla przeszkolonego administratora systemu. Jak widać na ryc. 6, zainstalowany kabel czujnikowy jest bardzo dyskretny.

Dodatkowo opcjonalnie istnieje możliwość wprowadzenia redundancji czujnika światłowodowego rozpostartego na parkanie technicznym poprzez zakopanie drugiego światłowodu w linii ogrodzenia. To dodatkowo wprowadza możliwość bardziej skutecznego wykrywania prób wykonania podkopów pod ogrodzeniem. Naprawa kabla czujnikowego jest w tym przypadku taka sama jak naprawa światłowodowego kabla telekomunikacyjnego i przywraca sprawność systemu w stu procentach. Jak wspomniano wcześniej, system światłowodowy umożliwia wirtualne, programowo zmieniane w dowolnym momencie, zakładanie stref. Każda ze stref ochrony objętej czujnikiem światłowodowym może znajdować się, zgodnie z założonymi procedurami, w stanie aktywnym wyłączonym z eksploatacji (tam, gdzie wymagane było prowadzenie czujnika w strefie otwartej), w stanie tzw. „cichego czuwania", jak również w stanie zdezaktywowanym, o czym decyduje operator. Dlatego system umożliwia czasową, w trybie rzeczywistym, dezaktywację określonych stref oraz bram w przypadku ich otwarcia przez obsługę. Może to działać tak samo jak uprawnione otwarcie drzwi w systemie kontroli dostępu. System światłowodowy posiada zaimplementowane w swoim sterowniku procedury autotestowania w formie ciągłego monitoringu sygnału z czujnika, co wynika z natury jego działania. Jednym z objawów ich funkcjonowania jest wskazywanie w czasie rzeczywistym faktu wystąpienia uszkodzenia kabla czujnikowego i wskazania jego miejsca. Opisany rodzaj czujnika należy do grupy czujników ogrodzeniowych i mimo częstych błędnych informacji posiada parametry detekcji zgodne z tego typu klasą urządzeń, tzn. mniej niż jeden fałszywy alarm na strefę (zakładana w systemach ochrony około 100 m) w miesiącu. Ponadto system charakteryzuje się długim czasem *Mean Time Between Failures* (MTBF) powyżej > 40,000 godzin (około 5 lat). Należy wówczas wykonać konserwację systemu i krótki czas naprawy *Mean Time to Repair* (MTTR) < 2 godzin.

Podsumowując, system światłowodowy w budowanym zintegrowanym systemie bezpieczeństwa umożliwi/zapewni:

- wymagane funkcjonalności jako czujnik ochrony obwodowej,
- ekonomiczność rozwiązania; czujnik jest układem liniowym o rozłożonej czułości, więc w przeciwieństwie do każdego innego rozwiązania nie wymaga instalowania żadnego układu centrali/podcentrali w trakcie ogrodzenia i w granicach wyznaczanych stref, co powoduje, iż nie trzeba budować infrastruktury technicznej typu studzienki kanalizacyjne, skrzynki na elementy elektroniczne wymagające ogrzewania oraz układy zabezpieczające tory transmisyjne i zasilające od wyładowań atmosferycznych,
- elastyczność i konfigurowalność rozwiązania; czujnik tego typu może posiadać całkowitą długość około 40 km, w związku z tym umożliwi zabezpieczenie całości ogrodzenia. Zapewni ponadto możliwość przesunięcia go w ramach zmian w czasie przyszłego użytkowania, w tym umożliwi wydłużenie go.

6. Wnioski

Z naszej dotychczasowej praktyki wynika, iż największe problemy z organizacją zintegrowanych systemów ochrony infrastruktury krytycznej pojawiają się w obszarze budżetu. Potencjalnych inwestorów nie stać na dobrze zaplanowany i technicznie nowoczesny system wykorzystujący najnowsze zdobycze wiedzy i techniki. System, który jednocześnie będzie dopasowany do warunków środowiskowych, adekwatny do założeń ochrony i odpowiedni do funkcji, które musi spełnić. W wybranym zakresie brakuje w chwili obecnej kompleksowych rozwiązań ochrony. Tam, gdzie to zapoczątkowano, główny nacisk położono na rozwinięcie systemów, którym autorzy celowo nie poświęcili większej uwagi, tzn. organizacji kontroli dostępu, wewnątrzobiektowej ochronie alarmowej czy telewizji dozorowej. Ponadto niewielki zasób fachowej literatury w języku polskim oraz ograniczone zasoby angielskojęzyczne powodują trudności w dostosowaniu systemu do wymagań bezpieczeństwa stawianych obiektom infrastruktury krytycznej.

Inwestorzy zachęceni przez dystrybutorów możliwościami detekcji obrazowej starają się zastąpić tą techniką cały system ochrony. Dlatego na polskim rynku pojawiły się rozwiązania bazujące na detekcji w obrazie,

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.1

tak przecież wrażliwej na zmiany warunków oświetlenia, oraz na wykorzystaniu kamer megapikselowych, co jak wiadomo, pociąga za sobą koszty związane z archiwizacją materiału wideo. Kluczowe więc z punktu widzenia autorów jest wdrożenie, nawet etapowo, zintegrowanego wielosensorowego systemu dopasowanego do wymagań danego obiektu systemu ochrony zbudowanego na software'owym systemie integrującym zorientowanym na zarządzanie informacją, a tym samym zasobami ludzkimi.

7. Podsumowanie

W artykule przedstawiono wymagania projektowe oraz najważniejsze funkcjonalności nowoczesnych systemów ochrony w aspekcie ochrony obiektu infrastruktury krytycznej – portu morskiego. Zaprezentowana została koncepcja zintegrowanego systemu ochrony obiektów infrastruktury krytycznej. Na bazie doświadczeń nabytych podczas projektowania systemów ochrony różnych obiektów infrastruktury krytycznej w artykule szczególną uwagę zwrócono na procedury działania systemu bezpieczeństwa oraz na przepływ informacji pomiędzy podsystemami w zintegrowanym systemie ochrony.

Literatura

1. Zdanowicz W., *Ochrona żeglugi i portów morskich (część I)*, „Zabezpieczenia" Issue 6, 2009.
2. Zdanowicz W., *Ochrona żeglugi i portów morskich (część II)*, „Zabezpieczenia" Issue 1, 2010.
3. Stateczny A., Kazimierski W., Wawrzyniak N., *Analiza funkcjonalności geoinformatycznego systemu ochrony portu*, „Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji" Vol. 23, 2012, 397-406.
4. Ciurapiński W., Dulski R., Kastek M., Szustakowski M., Bieszczad G., Życzkowski M., Trzaskawka P., *Data fusion concept in multispectral system for perimeter protection of stationary and moving objects*, „Electro-Optical and Infrared Systems: Technology and Applications VI" Vol. 7481, 748111, 2009.
5. Vokorokos L., Chovanec M., Latka O., *Security of Distributed Intrusion Detection System Based on Multisensor Fusion*, 6th International Symposium on Applied Machine Intelligence and Informatics (SAMI), 2008, 19-24.
6. Kastek M., Dulski R., Życzkowski M., Szustakowski M., Ciurapiński W., Firmanty K., Pałka N., Bieszczad G., *Multisensor systems for security of critical infrastructures – Concept, data fusion, and experimental results*, International Symposium on Photoelectronic Detection and Imaging 2011: Advances in Infrared Imaging and Applications, Vol. 8193, 81933X, 2011.
7. Szustakowski M., Ciurapiński W., Życzkowski M., Pałka N., Kastek M., Dulski R., Bieszczad G., Sosnowski T., *Multispectral system for perimeter protection of stationary and moving objects*, „Electro-Optical and Infrared Systems: Technology and Applications VI" Vol. 7481, 74810D, 2009.
8. Życzkowski M., Pałka N., Trzciński T., Dulski R., Kastek M., Trzaskawka P., *Integrated radar-camera security system – experimental results*, "Radar Sensor Technology XV" Vol. 8021, 80211U, 2011.
9. Giompapa S., Gini F., Farina A., Graziano A., Croci R., Distefano R., *Maritime border control multisensor system*, "Aerospace and Electronic Systems Magazine" Vol. 24 Issue 8.
10. Życzkowski M., Szustakowski M., Ciurapiński W., Pałka N., Kastek M., *Integrated optoelectronics security system for critical infrastructure protection*, "Przegląd Elektrotechniczny" Vol. 86 Issue 10, 2010, 157-160.
11. Maki M.C., *Fiber optic fence sensor developments*, "Aerospace and Electronic Systems Magazine" Vol. 19 Issue 2.
12. Zyczkowski M., *Intruder localization and identification in fiber optic systems,* "Optics and Photonics for Counterterrorism and Crime Fighting IV" Vol. 7119, 71190L, 2008.
13. Zyczkowski M., Ciurapinski W., *Fibre optic sensor with disturbance localization in one optical fibre*, O"ptical Sensing Technology and Applications" Vol. 6585, 2007.

ppłk dr inż. Marek Życzkowski – adiunkt w zakładzie systemów optoelektronicznych Instytutu Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej

prof. dr hab. inż. Mieczysław Szustakowski – kierownik zespołu systemów bezpieczeństwa i analizy zagrożeń w Instytucie Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej

ppłk dr inż Rafał Dulski – adiunkt w zakładzie techniki podczerwieni i termowizji Instytutu Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej

dr inż. Mariusz Kastek – adiunkt w zakładzie techniki podczerwieni i termowizji Instytutu Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej

dr inż. Wiesław Ciurapiński – kierownik zakładu systemów optoelektronicznych Instytutu Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej

mgr inż. Mateusz Karol – doktorant w Instytucie Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej

mgr inż. Piotr Markowski – doktorant w Instytucie Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej

DOI: 10.12845/bitp.35.3.2014.2

НОВИКОВ А.С. /NOVIKOV A.S.[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 26.02.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 13.06.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ПРОГРАММНО-ЦЕЛЕВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Application of Goal-Oriented Programme Planning in the Field of Fire Safety

Zastosowanie metody planowania programów celowych w ochronie przeciwpożarowej

Аннотация
Цель: Познавательная цель заключается в рассмотрении программно–целевого метода – как инструмента управления в области пожарной безопасности Утилитарные цели: – анализ использования метода программно-целевого планирования на примере федеральной целевой программы „Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2012 года"; рассмотрение вопроса использования современных математических методов для решения задач программно-целевого планирования в области пожарной безопасности.
Введение: Программно-целевой метод планирования получил широкое распространение в управлении экономическими объектами, процессами и отношениями на межгосударственном, государственном, региональном и отраслевом уровнях. Наличие опыта практического применения программно-целевого планирования и прогнозирования, в течение многих десятилетий в разных странах мира привело к созданию различных национальных стандартов (методик) управления проектами. Основным инструментом реализации программно-целевого метода в Российской Федерации являются федеральные и региональные целевые программы. В 2012 г. завершена Федеральная целевая программа „Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2012 года". По соответствующим методикам определена социально-экономическая эффективность Программы.
Методология: На основе статистических данных был проведен анализ результатов выполнения федеральной целевой программы „Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2012 года". Выделены положительные моменты программы и рассмотрены проблемные места. По соответствующим методикам определена социально-экономическая эффективность Программы.
Приведены основные принципы разработки федеральных целевых программ в области пожарной безопасности в Российской Федерации. Рассмотрены основные методы, программы и международные стандарты в области программно-целевого планирования и управления. Рассмотрена возможность применения метода динамического программирования при решении задач в области пожарной безопасности.
Выводы: В статье проведен анализ использования метода программно-целевого планирования на примере федеральной целевой программы „Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2012 года". Рассмотрены основные методы, программы и международные стандарты в области программно-целевого планирования и управления. Предложено рассмотреть вопрос использования современных математических методов для решения задач программно-целевого планирования в области пожарной безопасности.

Ключевые слова: федеральные целевые программы, пожарная безопасность, программно-целевое планирование, управление проектами, метод динамического программирования
Вид статьи: обзорная статья

Abstract
Aim: The purpose of this article is to explore a goal-oriented planning approach, as a management tool in the field of fire safety. The practical benefit stemming from this study is revealed in the analysis of the technique, using the Russian federal programme as an

[1] ФГБУ ВНИИПО МЧС России / Federal State Establishment All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (FGU VNIIPO of EMERCOM of Russia);

DOI: 10.12845/bitp.35.3.2014.2

illustration “Fire Safety in the Russian Federation up to 2012”. Additionally, the study examines the issue of harnessing most up to date mathematical techniques to solve project planning tasks in the field of fire safety.
Introduction: Goal-oriented planning is widely used in the management of economic matters and processes as well as international, national, regional and industrial relationships. For decades, practical experience of planning and forecasting, in different countries across the world, culminated in the emergence of a diverse range of national approaches and standards for project management. The main tool used for the realisation of goal-oriented programmes in the Russian Federation are regional goal-oriented programmes. In 2012 the Federal Goal–oriented Programme “Fire Safety in the Russian Federation up to 2012” was finalised and the effectiveness of the socio-economic programme was determined with the aid of suitable methods.
Methodology: Achievement of the Programme “Fire Safety in the Russian Federation up to 2012” was examined with the aid of statistical data. The author exposed the basic principles applied in the development of the federal fire safety programme and highlighted both, positive and problematic elements of the project. The socio-economic effectiveness of the programme was determined by the application of suitable techniques. Basic approaches to project planning, project management and international standards were described. The author addressed the potential of applying advanced mathematical techniques to address issues in the area of fire safety.
Conclusions: The article analysed the use of goal-oriented programme planning techniques using the federal project “Fire Safety in the Russian Federation up to 2012” as an example. The author discussed basic approaches to project planning, project management and issues concerning international standards in the field of planning and management of goal-oriented programmes. It is proposed that the use of advanced mathematical techniques should be considered.

Keywords: federal programs, fire safety, goal-oriented programme planning, project management, dynamic programming method
Type of article: review article

Abstrakt
Cel: Cel poznawczy sprowadza się do rozpatrzenia metody planowania programów celowych – jako narzędzia zarządzania w zakresie ochrony przeciwpożarowej. Cele utylitarne zawierają się w analizie wykorzystania metody planowania programów celowych na przykładzie federalnego programu celowego „Bezpieczeństwo pożarowe w Federacji Rosyjskiej w okresie do 2012 roku” oraz omówieniu kwestii wykorzystania nowoczesnych metod matematycznych na potrzeby rozwiązywania zadań planowania programów celowych w obszarze ochrony przeciwpożarowej.
Wstęp: Metoda planowania programów celowych cieszy się dużą popularnością w zarządzaniu podmiotami gospodarczymi, procesami i kontaktami na poziomie międzynarodowym, państwowym, regionalnym i branżowym. Posiadane doświadczenie dotyczące zastosowania praktycznego planowania i prognozowania programów celowych przez wiele dziesięcioleci w różnych państwach świata doprowadziło do powstania zróżnicowanych standardów krajowych (metodyk) zarządzania projektami. Głównym narzędziem realizacji metod programów celowych w Federacji Rosyjskiej są federalne i regionalne programy celowe. W 2012 roku zakończono federalny program celowy „Bezpieczeństwo pożarowe w Federacji Rosyjskiej w okresie do 2012 roku”. Za pomocą odpowiednich metod określono społeczno-gospodarczą skuteczność programu.
Metodologia: Przeprowadzono analizę danych statystycznych uzyskanych w trakcie realizacji federalnego programu celowego „Bezpieczeństwo pożarowe w Federacji Rosyjskiej w okresie do 2012 roku”. Przedstawiono pozytywne i problematyczne aspekty programu. Z wykorzystaniem odpowiednich metod określono społeczno-gospodarczą skuteczność programu. Opisano główne zasady opracowania federalnych programów celowych w sferze ochrony przeciwpożarowej Federacji Rosyjskiej. Przedstawiono główne metody, programy i międzynarodowe standardy w sferze zarządzania i planowania oraz zarządzania programami celowymi. Omówiono możliwość zastosowania metody dynamicznego programowania przy rozwiązywaniu zadań w zakresie ochrony przeciwpożarowej.
Wnioski: W artykule przeprowadzono analizę wykorzystania metody planowania programów celowych na przykładzie federalnego programu celowego „Bezpieczeństwo pożarowe w Federacji Rosyjskiej w okresie do 2012 roku”. Omówiono podstawowe metody, programy i standardy międzynarodowe w sferze planowania i zarządzania programami celowymi. Zaproponowano rozważenie kwestii wykorzystania nowoczesnych metod matematycznych.

Słowa kluczowe: federalne programy celowe, bezpieczeństwo pożarowe, planowanie programów celowych, zarządzanie projektami, metoda programowania dynamicznego
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

1. Введение

Программно-целевой метод планирования получил широкое распространение в управлении экономическими объектами, процессами и отношениями на межгосударственном, государственном, региональном и отраслевом уровнях. Его использование на федеральном уровне в настоящее время, регламентирует ряд нормативно-правовых актов. Перечень данных документов представлен на интернет – ресурсе [1, 2]. Основным инструментом реализации программно-целевого метода являются федеральные и региональные целевые программы.

В области пожарной безопасности метод программно-целевого планирования был применен в 1995 году при формировании Федеральной целевой программы „Пожарная безопасность и социальная защита на 1995-1997 годы” [3]. Данный опыт был признан успешным, и соответствующим распоряжением [4] программа была продлена до 2000 года [5]. Кроме того, в рамках указанных Федеральных программ существовали и успешно реализованные целевые программы субъектов Российской Федерации [6-8].

2. Анализ выполнения Федеральной целевой программы „Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2012 года”

В 2012 г. завершена Федеральная целевая программа „Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2012 года” (далее - Программа) [9, 10].

Данная программа была ориентирована на снижение показателей, характеризующих частоту возникновения пожаров (количество пожаров в год в расчете на 1 тыс. человек населения) и их последствий: количество пострадавших при пожарах людей в год в расчете на численность населения, удельная величина ущерба от пожаров (размер ущерба в расчете на 1 пожар). На выполнение Программы было выделено порядка 195,9 млрд. рублей. Целевые индикаторы и показатели при реализации Программы достигли следующих значений:

- количество зарегистрированных пожаров – 162 975 единиц (снижено на 25,2% по отношению к показателю 2006 года);
- количество погибших людей – 11 635 человек (снижено на 31,8% по отношению к показателю 2006 года);
- количества населения, получившего травмы – 11 962 человек (снижены на 10,6% по отношению к показателю 2006 года);
- экономический ущерб – 44,7 млрд. рублей (снижен на 50,3% по отношению к показателю 2006 года).

Снижено количество населенных пунктов, в которых не обеспечивается требуемый уровень пожарной безопасности, от уровня 2006 г. до 23,8%.

По соответствующим методикам определена социально-экономическая эффективность Программы. Общий социально-экономический эффект от реализации Программы составил 342,6 млрд. рублей, В связи с этим, а также в связи с важностью задачи обеспечения пожарной безопасности для безопасной жизнедеятельности и устойчивого социально-экономического развития страны Президентом Российской Федерации была поставлена задача разработки в продолжение Программы до 2012 года новой программы. Такая работа была выполнена, и постановлением Правительства Российской Федерации от 30 декабря 2012 г. № 1481 была утверждена Федеральная целевая программа „Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года”.

Однако, несмотря на очевидный положительный эффект в целом, при реализации Программы был выявлен ряд аспектов, анализ и корректировка которых может повысить в дальнейшем эффективность целевых программ в области пожарной безопасности.

Прежде всего, необходимо отметить, что в течение срока ее действия в программу был внесен ряд изменений в части, касающейся объемов и источников финансирования, а также в части уточнения государственных заказчиков программы. Необходимость внесения данных изменений свидетельствует, как о гибкости применения программно – целевого планирования в рамках реализации Программы, с одной стороны, так и о ее недостаточной базовой проработанности, с другой.

Кроме того, произошло расхождение программных значений показателей „количество населения, получившего травмы” и „социально-экономический эффект” с фактическими. Данные расхождения нельзя считать критическими (в частности, социально-экономический эффект оказался выше планируемого), но в то же время стоит их учитывать при разработке подобных программ в дальнейшем.

Поэтому представляет интерес для повышения качества планирования и эффективности федеральных целевых программ осуществить развитие методологии программно целевого планирования в данной области.

3. Последовательность разработки федеральных целевых программ

В настоящее время разработка федеральных целевых программ с использованием программно-целевого метода осуществляется в следующей последовательности:

- составляется перечень важнейших проблем. Выделяется определенная проблема и выдается исходное задание на разработку программы для ее решения, в котором определяются цели программы, лимиты ресурсов, участники реализации программы и другая необходимая информация.
- выдается задание на разработку программы для решения определенной проблемы. В нем отражаются цели программы, лимиты ресурсов, участники и сроки реализации программы. На этом этапе конкретизируются параметры, характеризующие цели программы и определяются задачи ее реализации по отдельным периодам. Генеральная цель разбивается на подцели.
- формируются состав заданий и комплекс мероприятий для реализации программы. Состав основных заданий программы устанавливается исходя из построенной иерархии целей. По каждому из заданий разрабатываются последовательные этапы их выполнения.
- рассчитываются основные показатели и ресурсное обеспечение программы. Определяются затраты материальных, трудовых, финансовых ресурсов, необходимых для реализации программы. Формируются перечни материальных ресурсов с указанием поставщиков и получателей. На этом этапе производится расчет эффективности реализации программы.
- Формирование программных документов, согласование и утверждение программы.

На каждом из этапов разработки преобладающим является эвристический (экспертный) метод оценки, прогнозирования и управления. Необходимо отметить, что если несколько десятилетий назад многие специалисты и ученые в своих работах [12, 13] отдавали предпочтение эвристическим методам как наиболее рациональным и эффективным, то вследствие развития методологических подходов теории исследования операций современные исследователи в своих работах [11] указывают на то, что эвристические методы при программно-целевом планировании используются лишь как дополнение к другим методам, т. к. их точность относительно невысока. На сегод-

DOI: 10.12845/bitp.35.3.2014.2

няшний день, особый интерес при решении задач целевого планирования, на наш взгляд, представляют математические методы, в частности метод динамического программирования и метод построения сетевых моделей.

4. Метод динамического программирования как инструмент выполнения федеральных целевых программ

Суть метода динамического программирования состоит в том, что рассматриваемая задача может быть представлена как N – шаговый процесс, описываемый соотношением:

$$X_{n+1} = \mathrm{f}\,(X_n, U_n, \mathrm{n}) \qquad (1)$$

где n – номер одного из множества возможных состояний систем, в которое она переходит по завершении n - ного шага; X_n – вектор состояния системы, принадлежащий упомянутому n-ному множеству; U_n – управление, выработанное на шаге n (шаговое управление), переводящее систему из возможного её состояния в n-ном множестве в одно из состояний (n + 1) – го множества. Чтобы это представить наглядно, следует обратиться к рис. 1.

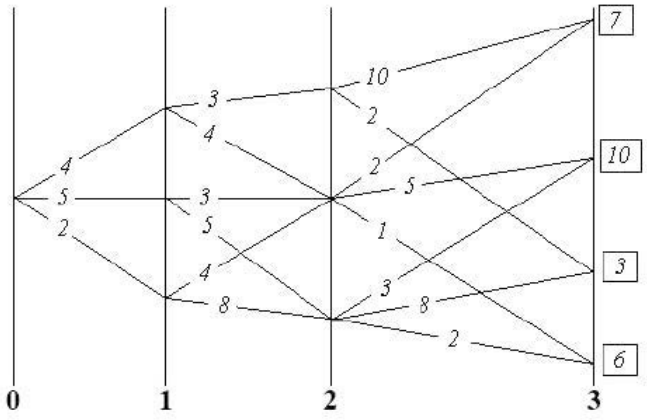


Рис. 1. Метод динамического программирования. Матрица возможностей [14]
Fig. 1. The dynamic programming method. Feature matrix [14]

При реализации метода сетевых моделей, комплекс задач может быть представлен в графическом виде, при этом роль вершин графа могут играть события, определяющие начало и окончание отдельных работ, а дуги в этом случае будут соответствовать работам. Такую сетевую модель принято называть сетевой моделью с работами на дугах (*Activities on Arrows,* AoA). В то же время, возможно, что в сетевой модели роль вершин графа играют работы, а дуги отображают соответствие между окончанием одной работы и началом другой. Такую сетевую модель принято называть сетевой моделью с работами в узлах (*Activities on Nodes,* AoN).

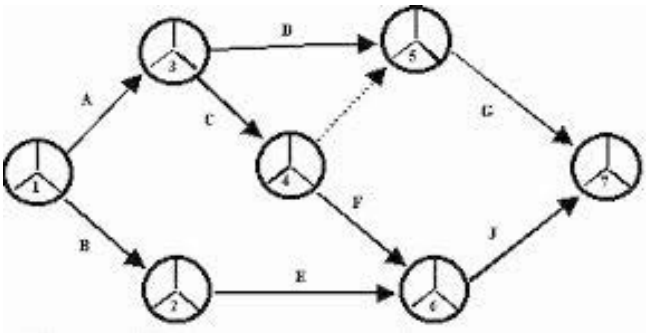


Рис. 2. Пример сетевого графика модели типа AoA [15]
Fig. 2. An example of a network schedule model "AoA" type [15]

Сетевая модель может быть представлена: 1) сетевым графиком, 2) в табличной форме, 3) в матричной форме, 4) в форме диаграммы на шкале времени.

Частным случаем сетевой модели является система (метод) PERT (*Program (Project) Evaluation and Review Technique*) – метод оценки и анализа программ (проектов), который используется при управлении проектами. PERT – это способ анализа задач, необходимых для выполнения проекта. В особенности, анализа времени, которое требуется для выполнения каждой отдельной задачи, а также определение минимального необходимого времени для выполнения всего проекта.

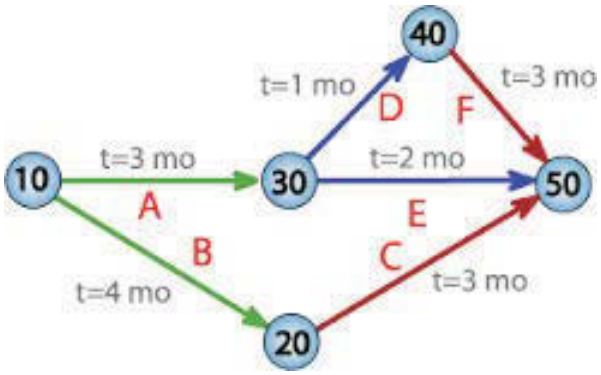


Рис. 3. Пример сетевой диаграммы PERT для проекта продолжительностью в семь месяцев с пятью промежуточными точками (от 10 до 50) и шестью деятельностями (от A до F) [16]
Fig. 3. An example of network diagram "PERT" for a seven-month project with five intermediate points (from 10 to 50) and six durations (from A to F) [16]

5. Современные стандарты и средства программно-целевого планирования

Кроме того, в настоящее время существует ряд аппаратно-программных средств, позволяющих выполнять большую часть операций по созданию и распределению базовых документов по управлению временем, стоимостью и ресурсами программы. Среди них можно выделить следующие:

- Microsoft Project;
- SureTrack, Project Planner, Expedition, Monte Carlo (Primavera);
- TimeLine (Symantec);
- Artemis ProjectView/TrackView/CostView/GlobalView;
- OpenPlan (Welcom Corp.);

- Project Scheduler (Scitor);
- TurboProject (IMSI).

Наличие опыта практического применения программно-целевого планирования и прогнозирования, в течение многих десятилетий в разных странах мира привело к созданию различных национальных стандартов (методик) управления проектами, в качестве примера можно привести следующие: PMBOK (США), NASA Project Management (США), BSI BS 6079 (Великобритания), APM Body of Knowledge (Великобритания), OSCEng (Великобритания), DIN 69901 (Германия), V-Modell (Германия), VZPM (Швейцария), AFITEP (Франция), Hermes method (Швейцария), ANCSPM (Австралия),CAN/CSA-ISO 10006-98 (Канада), P2M (Япония), C-PMBOK (Китай),South African NQF4 (ЮАР), CEPM (Индия), PROMAT (Южная Корея) и др., [17, 18, 19, 20].

Рис. 4. Разработка плана управления проектом согласно стандарта PMBOK [21]
Fig. 4. Development of Project Management Plan according to the standard PMBOK [21]

В 2012 году в Российской Федерации также утверждены национальные стандарты управления проектами [22,23,24]. При этом в 2012 году Россия, США и страны Евросоюза на государственном уровне через International Standard Organization ISO ввели в действие стандарт по управлению проектами ISO 21500. Общая структурная схема данного управления представлена на рис. 5.

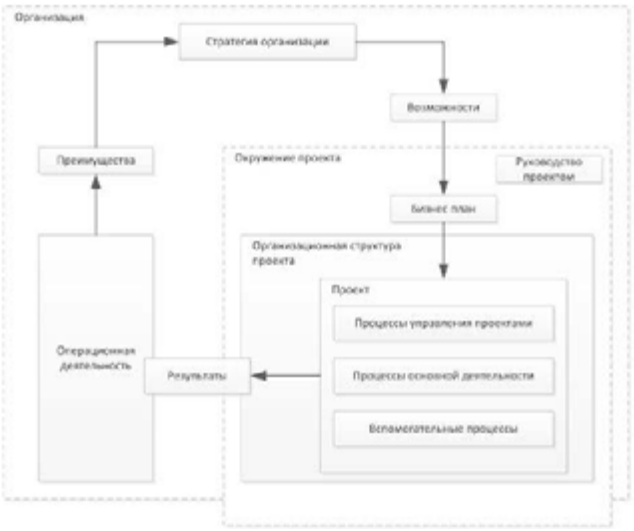


Рис. 5. Основные элементы управления программой и их взаимосвязь [25]
Fig. 5. Basic elements of project management and dependencies between them [25]

6. Заключение

Таким образом, основываясь на проведенном анализе различных методических подходов к управлению проектами, целесообразно, с методологической точки зрения, рассмотреть вопрос о необходимости применения современных методов разработки и управления проектами (программами) при разработке и выполнении федеральных целевых программ в области пожарной безопасности с использованием международного опыта, а также опыта российских ученых [26].

Список литературы

1. Federalnyie celevye programmy Rossii [elektronnyi resurs], Ministerstvo ekonomicheskogo razvitiia RF: http://fcp.economy.gov.ru [data obrashcheniia: 18.02.2013).
2. Federalnyie celevye programmy Rossii [elektronnyi resurs], URL: http://www.programs-gov.ru/ (data obrashcheniia: 24.04.2013).
3. Postanovlenie Pravitelstva RF ot 26.12.1995 N 1275 „O Federalnoi celevoi programme „Pozharnaia bezopasnost i socialnaia zashchita na 1995-1997 gody".
4. Rasporiazhenie Pravitelstva RF ot 22.04.1997 N 555-p „O prodlenii do 2000 goda sroka realizacii federalnoi celevoi Programmy „Pozharnaia bezopasnost i socialnaia zashchita na на 1995-1997 gody".
5. Postanovlenie Pravitelstva RF ot 05.09.98 N 1044 „O Federalnoi celevoi programme „Pozharnaia bezopasnost i socialnaia zshchita na period do 2000 goda".
6. Postanovlenie Sakhalinskoi oblastnoi dumy ot 16.04.1997 № 8/117-2 „Ob oblastnoi celevoi programme „Pozharnaia bezopasnost i socialnaia zashchita na 1996 god i na period do 2000 goda".
7. Postanovlenie Administracii Voronezhskoi obl. ot 10.02. 1998 N 113 „Ob. oblastnoi celevoi programme „Pozharnaia bezopasnost i socialnaia zashchita na 1998-2000 gody".
8. Postanovlenie Administracii Tiumenskoi oblasti ot 20.11.1996 N81 „Ob. oblastnoi celevoi programme „Pozharnaia bezopasnost i socialnaia zashchita na 1997-2000 gody".
9. Postanovlenie Pravitelstva RF ot 29.12.2007 N 972 „O Federalnoi velevoi programme „Pozharnaia bezopasnost v Rossiiskoi Federacii na period do 2012 goda"".
10. Rasporiazhenie Pravitelstva RF ot 31.10.2007 N 1532-p „O Koncepcii Federalnoi celevoi programmy „Pozharnaia bezopasnost v Rossiiskoi Federacii na period do 2012 goda".
11. Zhukovskii A.I., Vasilev S.V., Shtreis D.S., *Razrabotka, realizaciia i ocenka regionalnykh celevykh program (na osnove Kanadskogo opyta): Ushebno-metodogicheskoe posobie*, Ottava, Moskva, Velikii Novgorod, 2006.
12. *Issledovanie operacii: v 2-kh tomakh*, per. s. ang, pod red. Moudera Dzh., Elmagrabi S., M:Mir, 1981, T. 1, s. 9.
13. *Issledovaniie operacii: v 2-kh tomakh*., per. s. ang., pod red. Moudera Dzh., Elmagrabi S., M:Mir, 1981, T. 2 677, s. 10.
14. Postanovochnye materialy uchebnogo kursa fakulteta prikladnoi matematyki – processov upravleniia Sankt-Peterburskogo gosudarstvennogo universiteta (1997-2003 gg.), VP SSSR, versiia 1992 s utochneniiami po 22.06.2004.
15. Efremov V.S., *Proektnoe upravlenie: modeli i metody priniatiia reshenii, „Menedzment v Rossii i za rubezhom"*, Issue 6, 1998.
16. Bovteev S.V., Chaika Iu.O., Veroiatnostnoie planirovanie stroitelstva obektov, „Mir stroitelstva i nedvizhimosti".
17. ICB-IPMA Competence Baseline, Version 2.0 IPMA, ed. Caupin G, Knopfel H, Morris P., Motzel I., Pannendacker O.-Bremen:Eigenverlag, 1999.
18. IPMA Competence Baseline Version 2.0. IPMA Editorial Committee, Bremen: Eigenverlag, 1999.
19. ISO/TR 10006:1997 (E). Quality Management Guidelines to quality in project management.

DOI: 10.12845/bitp.35.3.2014.2

20. Mikheev V.N., Tovb A.S., *Mezhdunarodnye i nacionalnye standarty po upravleniiu proektami, menedzhmentu proektov i professionalnoi kompetentnosti menedzherov proektov*, v: *sb. Trudov vserossiiskoi prakticheskoi konferencji „Standarty v proektakh sovremennykh informacionnykh system*", M, 2002, s. 33-37.
21. GOST R 54869–2011 Proektnyi menedzhment. Trebovaniia k upravleniiu proektom.
22. GOST R 54870–2011 Proektnyi menedzhment. Trebovaniia k upravleniiu portfelem proektov..
23. GOST R 54871–2011 Proektnyi menedzhment. Trebovaniia k upravleniiu programmoi.
24. Whitty, S.J.,Schulz, M.F., *THE PMBOK CODE – 20th IPMA World Congress on Project Management*, 1, 466-472, 2006.
25. ISO 21500:2012 Rukovodstvo po menedzhmentu proektirovaniia.
26. Makhutov N.A., Reznikov D.O., Petrov V.P., *Ocenka uspeshnosti realizacji infrastrukturnykh proektov s uchetom faktorov neopredelennosti i mnogokriterialnosti priniatiia reshenii*, Nauchno-prakticheskii zhurnal „Problemy analiza riska", Vol. 10, Issue 3, 2003, pp. 32-45.

Новиков Андрей Сергеевич – старший лейтенант вн. службы, научный сотрудник научно-исследовательского центра мониторинга чрезвычайных ситуации на критически важных объектах ФГБУ ВНИИПО МЧС России. В 2009 году закончил (с отличием) Академию ГПС МЧС РФ. Специализируется в области программно-информационного обеспечения управления ликвидацией чрезвычайных ситуаций на критически важных объектах Российской Федерации.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.3

dr inż. **Barbara KACZMARCZYK**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 05.09.2013;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 29.07.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

TYPOLOGIA ZAGROŻEŃ

Classification of Threats

Классификация угроз

Abstrakt
Cel: Zaprezentowanie podziału zagrożeń według kryteriów w szczególności podmiotowego, przedmiotowego, przestrzennego.
Metody: W celu realizacji zadania wyodrębniono kryteria podziału i zastosowano metody teoretyczne służące wyodrębnieniu grup zagrożeń.
Wyniki: Rozważania na temat zagrożeń są złożone. Zagrożenia towarzyszą człowiekowi w różnym wymiarze i formie od lat i będą pojawiać się zawsze. Zmienia się jedynie ich nasilenie i rodzaj. Powyższa sytuacja jest wynikiem zmieniającej się między innymi sytuacji na arenie międzynarodowej, jak również krajowej. Przeciwdziałanie zagrożeniom wymaga prowadzenia ciągłych badań. Skuteczność badań możliwa jest poprzez m.in. skuteczne klasyfikowanie tychże zagrożeń. Zmienność środowiska bezpieczeństwa powodować będzie zmianę kryteriów typologicznych zagrożeń. Zmieniać się będzie charakter a zatem zmieniać się będą kryteria podziału zagrożeń. Tylko część z obecnie wyodrębnianych nie będzie podlegać tym zmianom. Należeć do nich będą najprawdopodobniej podmiot, przedmiot i czas. Zmienność ta wymaga monitorowania tychże zagrożeń a na tej podstawie prowadzenia procesów poznawczych. Prowadząc rozważania na temat typologii zagrożeń, wciąż poszukuje się kryteriów, których suma umożliwi pełnie jej przedstawienie. Do kryteriów tych zaliczyć należy: źródło pochodzenia zagrożenia, miejsce pochodzenia źródła zagrożenia, obecność czynnika militarnego, aktualność zagrożeń, wiedzę o zagrożeniu, czas, częstotliwość, intensywność, zasięg, symptomy, liczbę czynników zagrażających oraz stopień i zakres destrukcji. Katalog kryteriów stale podlega weryfikacji i jest uzupełniany w zależności od zmieniającego się środowiska. Proces poznawczy w tym zakresie wciąż trwa.
Wnioski: Prowadząc badania zagrożeń, dokonuje się ich podziałów przy uwzględnieniu wyodrębnionych kryteriów. Powyższe stosowane jest w celu dokładniejszego zbadania obszaru zagrożeń. Jest to proces trudny i złożony, jednak nie niemożliwy. Dyskusje w powyższym zakresie mieszczą się w wielu dziedzinach i dyscyplinach naukowych. Wskazuje to na interdyscyplinarny charakter tej problematyki. Naukowa eksploracja problematyki związanej z zagrożeniami nie pozwala dziś wyodrębnić wspólnych kryteriów w wielu dziedzinach i dyscyplinach naukowych, które w sposób jednoznaczny pozwoliłyby na wprowadzenie do nauki wspólnej typologii zagrożeń. Powyższe nie zwalnia jednak z obowiązku poszukiwania takich rozwiązań. Niniejszy artykuł jest próbą takiej przeglądowej eksploracji. U podstaw tego stanowiska znajdują się rozwiązania wykorzystane w artykule będące wnioskami z badań prowadzonych przez ekspertów różnych dziedzin i dyscyplin naukowych. Uwidacznia się wyraźna potrzeba konsolidacji wysiłków ekspertów w wielu zakresach bezpieczeństwa. Przedstawione w artykule treści to jedynie głos w dyskusji, który może stanowić inspirację do dalszych rozważań w przedmiotowym zakresie.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, zagrożenie, typologia
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Abstract
Aim: To categorise threats according to given criteria, in particular: subjective, objective and time related.
Method: In order to achieve the desired purpose, categories were exposed and theoretical approaches harnessed to differentiate threat groups.
Results: The discourse concerning threats is complex. Threats emerged in the past, occur now and will prevail in the future. They accompanied humans in different forms and scale for many years. One element which is changing concerns the intensity of threats. The aforementioned scenario is the consequence of the changing environment, at national and international level. A pre-requisite to the eradication of threats is the conduct of research. The changing state of security in the environment will contribute towards a change in classification of threat criteria. There will be changes in the nature of threats and, correspondingly, threat categorisation criteria will also vary. Only a part of today's model will be unaffected by such variations. Most probably subjective, objective and time related threats will prevail as they are. Any variability will require monitoring and, on that basis, will call for the conduct of cognitive processes. The

[1] Regionalne Centrum Badań nad Bezpieczeństwem w Bielsku-Białej; ul. A. Frycza Modrzewskiego 12, 43-300 Bielsko-Biała, Polska; barbara.kaczmarczyk1979@gmail.com; Regional Safety Research Centre, Poland;

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.3

processes involving classification of risks requires constant updating to the extent where the aggregate of classes will represents the whole. The criteria list should incorporate the following: source of threat, location of the source of threat, presence of a military factor, verity of threat, knowledge of threat, time, frequency, intensity, range, symptoms, number of threat elements as well as the degree and range of destruction. The criteria list is constantly exposed to validation and updating, in tandem with the changing environment. This identification process is continuous.
Conclusions: Research of threats is accompanied by identification and classification of discrete criteria. This is necessary so that the extent of a threat can be examined further. The process is complex and difficult, but not impossible. Discourse concerning this issue is found in a range of scientific research disciplines. Consequently, this indicates an interdisciplinary character of the problem. Scientific exploitation of problems associated with threats, does not allow for fragmentation of criteria which, are common to many fields of science and which, could benefit from a common approach to the classification of threats. Encountered difficulties, do not relieve researches from an obligation to search for solutions. The review contained in this article, provides an attempt at such an exploitation. The basis for such a view is contained in solutions exposed by the article which, reproduces research conclusions determined by experts from a range of science disciplines. This article highlights a clear need for a joint expert approach in many areas dealing with safety. Presented material is simply a voice in a discussion which, may provide a springboard for further research of the topic.

Keywords: safety, threat, classification
Type of article: review article

Аннотация
Цель: Представление классификации угроз в особенности по субъектным, предметным и пространственным критериям.
Методы: С целью реализации задачи были выделены критерии классификации и применены теоретические методы для выделения групп угроз.
Результаты: Размышления на тему угроз есть достаточно сложны. Угрозы всегда были, есть и будут. Они сопровождают человека в разном масштабе и форме на протяжении многих лет. Меняется только их интенсивность и вид. Вышеуказанная ситуация является результатом меняющейся, среди прочего, ситуации на международной и национальной аренах. Их предотвращение всегда требовало, требует и будет требовать исследований. Эффективность исследований возможна благодаря, например, успешной классификации тех самых угроз. Нестабильность среды безопасности может вызвать изменения критериев классификации угроз. Изменениям будет подвергаться их характер, затем будут меняться также критерии классификации угроз. Только часть из существующих угроз не будет подвергаться этим изменениям. К ним, вероятнее всего, можно отнести субъект, предмет и время. В условиях таких изменений необходим мониторинг этих угроз и на основе этого проведение познавательных процессов. В процессе проведения исследований на тему классификации угроз, проходит постоянный поиск критериев, сумма которых позволит её полностью представить. К этим критериям следует отнести: источник происхождения угрозы, место происхождения источника угрозы, наличие милитарного фактора, актуальность угроз, знания об угрозе, времени, частоте, интенсивности, диапазоне, симптомах, числе угрожающий факторов, а также степени и области деструкции. Каталог критериев постоянно проверяется и пополняется в зависимости от меняющейся окружающей среды. Процесс познания в этой области постоянно продолжается.
Выводы: При проведении исследования угроз, проводится их разделение с учётом выделенных критериев. Вышеуказанные принципы применяется для более точного исследования области угроз. Это трудный и сложный процесс, однако он возможен. Дискуссии в вышеуказанной сфере происходят во многих областях и сферах науки. Это указывает на интердисциплинарный характер этой проблематики. Научное представление проблематики, связанной с угрозами, не позволяет в данный момент выделить общие критерии во многих научных областях и отраслях, которые однозначно позволили бы ввести в науку общую классификацию угроз. Однако вышеуказанное не освобождает от необходимости поиска таких решений. Данная статья является попыткой такого обзорного представления. В основе этого положения лежат решения, которые использовались в статье и являются выводами в исследованиях, проведённых экспертами, принадлежащими к разным научным отраслям и областям. Это показывает четкую необходимость консолидации усилий специалистов во многих областях безопасности. Представленная в статье информация является только голосом в дискуссии, который может стать вдохновением для дальнейших размышлений в данной области.

Ключевые слова: безопасность, угроза, классификация
Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Dynamicznie zmieniająca się sytuacja na arenie krajowej i międzynarodowej, w szczególności przystąpienie Polski do Unii Europejskiej, a następnie do strefy Schengen spowodowało, że występowanie niektórych zagrożeń nasiliło się, a innych zmniejszyło. Nie ma dziś organizacji międzynarodowej ani instytucji państwowej, która nie realizowałaby zadań w zakresie bezpieczeństwa. Nie oznacza to, że wszystkim tym podmiotom przyświeca troska o bezpieczeństwo. Oznacza to natomiast, że w gąszczu powierzonych im obowiązków realizują zadania w zakresie bezpieczeństwa zgodnie ze swą właściwością. Nie dotyczy to oczywiście takich organizacji i instytucji realizujących zadania na rzecz bezpieczeństwa tych, którzy powołali je do życia. Czym zatem jest bezpieczeństwo? Najprostsza odpowiedź brzmi, że jest ono stanem niezagrożenia lub spokoju. Zdarza się, że określane jest również jako proces. W przedstawionych rozważaniach bezpieczeństwo rozpatrywane będzie wyłącznie jako negacja zagrożenia. Zarysowana powyżej sytuacja problemowa wymuszała konieczność podejmowania działań zmierzających do pełnego rozpoznania, diagnozowania i monitorowania oraz prognozowania tychże zagrożeń. Od zawsze realizacja wyżej wymienionych przedsięwzięć była możliwa wyłącznie w warunkach podziału. Oznaczało to zarówno w teorii, jak i w praktyce, że zjawisko, którym się zaj-

mowano, podlegało dekompozycji. W myśl tej zasady dokonywano podziału zagrożeń, co pozwalało poprzez rozproszone zainteresowania i badania na pełne skonsolidowane działania w zakresie badań nad zagrożeniami[2]. Dyskusja w powyższym zakresie wciąż trwa. Obserwuje się stosowanie pewnego rodzaju swobody definiowania pojęcia „zagrożenie", co umożliwia tworzenie wielu zbiorów typologicznych, pozwalających na swobodną klasyfikację i postrzeganie. Powyższe sprawia również, że funkcjonujące typologie zmieniają się wraz z sytuacją geopolityczną, dostosowując się jednocześnie do rzeczywistości.

2. Zagrożenie – pojęcie i istota

Rozważania w powyższym zakresie należałoby rozpocząć od zdefiniowania terminu „zagrożenie", które w literaturze przedmiotu nie jest jednoznacznie określane. Z całą pewnością można stwierdzić, że omawiane pojęcie jest mocno związane z obawą człowieka dotyczącą utraty wartości takich jak: zdrowie, życie, swoboda, wolność czy dobra materialne [1] bądź szerzej za Stanisławem Śladkowskim jest to sytuacja, w której zachodzi możliwość zaistnienia obrażeń człowieka, a także powstania szkód materialnych w środowisku lub ich kombinacji spowodowanych przez czynniki materialne lub ich zespoły: obciążenia, zaburzenia, zniszczenia, zanieczyszczenia i skażenia. Konsekwencją powyższej sytuacji jest przede wszystkim obniżenie poziomu egzystencji społeczeństwa.

Stanisław Dworecki, autor zajmujący się od wielu lat problematyką zagrożeń, przedstawia zagrożenie jako „taki splot zdarzeń wewnętrznych lub w stosunkach międzynarodowych, w którym z dużym prawdopodobieństwem może nastąpić ograniczenie lub utrata warunków do niezakłóconego bytu i rozwoju wewnętrznego bądź naruszenie lub utrata suwerenności państwa oraz jego partnerskiego traktowania w stosunkach międzynarodowych – w wyniku zastosowania przemocy politycznej, psychologicznej, ekonomicznej, militarnej itp."[2, 3]

Cechą charakterystyczną prezentowanej powyżej definicji jest przedstawianie zagrożeń wyłącznie w warstwie społecznej. Definicja ta nie obejmuje kwestii związanych z zagrożeniami odnoszącymi się do sił przyrody oraz rozwoju cywilizacyjnego. Czy to oznacza, że ta definicja jest niepełna? Nie. Została ona sporządzona na potrzeby zdefiniowania zagrożeń w kontekście konfliktów społecznych.

Analiza powyższej definicji pozwala stwierdzić, w najogólniejszy sposób, że zagrożenie to taka sytuacja, podczas której istnieje duże prawdopodobieństwo wystąpienia zjawiska stwarzającego znaczne trudności. Trudności, o których mowa powyżej, jak zauważa Stanisław Koziej, to wyzwania globalne związane „przede wszystkim z napięciami i niestabilnością wywoływanymi przez terroryzm międzynarodowy i proliferację broni masowego rażenia, a także nieprzewidywalną politykę reżimów autorytarnych i zjawisko „państw w stanie rozkładu"[4]. W związku z powyższym wspomniany autor wskazuje, że „Polska jako członek wspólnoty euroatlantyckiej jest narażona bezpośrednio na wynikające z tego zagrożenia"[4]. Interesujące jest to, że przywołany autor pisze o zagrożeniach, które mogą być konsekwencją wyzwań. Wynika to z tego, że wyzwania przedstawione przez niego mają zabarwienie pejoratywne, a mogą przecież pojawiać się i takie wyzwania w środowisku bezpieczeństwa, które spowodują działania zwieńczone sukcesem dla człowieka, instytucji, organizacji.

Od wielu lat ludzie nauki i praktyki podejmowali szereg prób odpowiedzi na pytanie, czym jest zagrożenie. Powyższe definicje wskazują na to, że zagrożenie można rozpatrywać w znaczeniu węższym i szerszym. Pierwsze ma miejsce wtedy, gdy „[…] w człowieku rodzi się obawa o utratę wysoko cenionych wartości, z własnym życiem na pierwszym miejscu" [5]. Zatem zagrożenie rozumiane jest jako sytuacja uświadamiana przez podmiot [6]. Z kolei w znaczeniu szerszym „[…] zagrożenia obejmują także sytuacje, które nie są przez podmiot uświadamiane" [6]. Istnieją też definicje, które scalają powyższe dwie. Przykładowo według Włodzimierza Fehlera „zagrożenie to towarzyszące ludzkiej cywilizacji zdarzenia i procesy występujące w różnych konfiguracjach powodujące naruszenie równowagi (lub też uniemożliwiające uzyskanie tej równowagi). Dotyczą one nie tylko będących w stałych powiązaniach lub wchodzących w przejściowe korelacje różnych podmiotów społeczno-politycznych (jednostek, grup społecznych, państw, związków państw), lecz także wszystkich składników, które tworzą materialne i duchowe środowisko życia człowieka. Wspomniane procesy i zdarzenia przybierają konkretne formy – kataklizmów, katastrof, epidemii, wojen, patologii społecznych oraz wielu innych zawierających destruktywny potencjał zjawisk – tworzą istotne przeszkody dla skutecznej ochrony wartości tworzących fundamenty bezpieczeństwa (życia, zdrowia, wolności, jakości egzystencji, perspektyw rozwoju)" [7].

Z uwagi na kompleksowość podejścia Włodzimierza Fehlera zarówno w ujęciu podmiotowym, jak i przedmiotowym, a w tych zakresach również wieloaspektowym, na potrzeby niniejszego opracowania przyjęto właśnie tę definicję zagrożenia.

3. Podział zagrożeń – kryteria i determinanty

Szeroko rozumiane zagrożenie stwarza potrzebę definiowania różnych jego typologii. Często uznaje się, że zagrożenie jest niepodzielną kategorią. Podejmując próby odpowiedzi na szereg pytań dotyczących różnych obszarów zagrożeń, dokonuje się jego podziału.

Zagrożenie dzielić można na wiele sposobów, stosując różnorodne typologie. Sposoby i kryteria, o których mowa powyżej, pozwalają na wprowadzenie typologii bezpieczeństwa. *Słownik języka polskiego* termin „typologia" określa jako [8]:

- „naukę o typach, badanie porównawcze typów w zakresie różnych nauk";
- „podział czegoś według określonych zasad";
- „zbiór zasad umożliwiających grupowanie poszczególnych osób, przedmiotów, zjawisk itp. według określonych typów".

[2] dotyczy to również bezpieczeństwa.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.3

Klasyfikacja zagrożeń jest niezwykle trudna i złożona ze względu na subiektywność poczucia zagrożenia, a także na złożoność występujących zjawisk. Niewątpliwie charakterystyczną cechą zagrożeń jest ich zmienność. Obserwuje się, że występujące niegdyś zjawiska były zagrożeniami, które dziś już nimi nie są. Natomiast sytuacje, które nie były niebezpieczne, stały się aktualnie dużym problemem. Zauważa się również, że wraz z upływającym czasem siła występowania zagrożeń ulegać będzie zmianie, bowiem zagrożenia słabną lub się nasilają [9].

Coraz bardziej złożony charakter bezpieczeństwa sprawia, że niezbędne jest rozszerzenie obszarów penetracji naukowej przez inne dyscypliny i subdyscypliny naukowe. Według Włodzimierza Chojnackiego są nimi [10]: filozofia, literatura, religia, sztuki piękne i muzyka; antropologia, pedagogika i psychologia w odniesieniu do percepcji zagrożeń. Określając obszar bezpieczeństwa, dookreśla się za pomocą zwrotów – osobiste, publiczne, narodowe, energetyczne, gospodarcze, regionalne, lokalne i społeczne. Współcześnie bezpieczeństwo jest gwarantem rozwoju społeczeństwa i jego przetrwania, jest stanem (nietrwałym, wymagającym ciągłej troski), który daje poczucie pewności, gwarantuje jego zachowanie oraz daje szansę na przyszły rozwój [11].

Paweł Tyrała przedstawia listę aspektów mogących być przedmiotem rozważań. Są nimi: bezpieczeństwo ekonomiczne, bezpieczeństwo finansowe i bankowe, bezpieczeństwo prawne, bezpieczeństwo jako wartość, bezpieczeństwo w turystyce, bezpieczeństwo trafnych decyzji, bezpieczeństwo edukacyjne, bezpieczeństwo modelowania i projektowania technologicznego, bezpieczeństwo interpersonalne, bezpieczeństwo psychologiczne, bezpieczeństwo regionalne, bezpieczeństwo informatyczne, bezpieczeństwo ekologiczne, bezpieczeństwo osób i mienia, bezpieczeństwo cywilne, bezpieczeństwo publiczne, bezpieczeństwo państwowe, bezpieczeństwo polityczne, bezpieczeństwo obronne, bezpieczeństwo socjologiczne, bezpieczeństwo międzynarodowe, bezpieczeństwo mniejszości narodowych i obcokrajowców, bezpieczeństwo socjalne, bezpieczeństwo zdrowotne i sanitarne, bezpieczeństwo informacji i danych, bezpieczeństwo przestrzeni powietrznej i morskiej, bezpieczeństwo surowcowe, bezpieczeństwo transportowe i komunikacyjne, bezpieczeństwo żywnościowe, inne aspekty bezpieczeństwa [12] takie jak na przykład: bezpieczeństwo ekonomiczne, bezpieczeństwo międzynarodowe, socjologia bezpieczeństwa, etyka bezpieczeństwa, bezpieczeństwo w cyberprzestrzeni.

Dość często stosowanym kryterium w typologii zagrożeń bezpieczeństwa jest kryterium przedmiotowe przedstawione w opracowaniu *Bezpieczeństwo narodowe Polski w XXI wieku,* w którym zagrożenia bezpieczeństwa dzielą się na [13]:

- zagrożenia polityczne;
- zagrożenia militarne;
- zagrożenia gospodarcze;
- zagrożenia społeczne (społeczno-kulturowe);
- zagrożenia ekologiczne;
- terroryzm.

Z kolei Włodzimierz Fehler typologię zagrożeń według tego samego kryterium przedstawia następująco [14]:

- zagrożenia polityczne;
- zagrożenia ekonomiczne;
- zagrożenia militarne;
- zagrożenia ekologiczne;
- zagrożenia społeczne;
- zagrożenia kulturowe;
- zagrożenia informacyjne.

W obydwu podziałach występują elementy wspólne. Jednak są one na tyle odmienne, że każdy z osobna ukazuje swój charakter. Powyższe dowodzi, że wyżej przedstawiony katalog jeszcze długo będzie otwarty.

Zdaniem Włodzimierza Fehlera wyżej wymienioną typologię należałoby uzupełnić o inny podział taki jak [15]:

- zagrożenia militarne i niemilitarne;
- zagrożenia realne i potencjalne;
- zagrożenia wewnętrzne i zewnętrzne.

Zagrożenia dotyczą innych obszarów życia społecznego, które nabierają na znaczeniu wraz z rozwojem cywilizacji. Dlatego też w zależności od podmiotu, którego żywotne interesy są zagrożone, mówi się o zagrożeniach państwowych (narodowych) i zagrożeniach międzynarodowych.

Rozważania na temat zagrożeń narodowych rozpatrywane są w dwóch aspektach: wewnętrznym (zagrożenia wewnętrzne) i zewnętrznym (zagrożenia zewnętrzne). Podsumowując powyższy podział, należy stwierdzić, za Stanisławem Dworeckim, że „zagrożenie bezpieczeństwa państwa może powstać na tle uwarunkowań wewnętrznych i (lub) zewnętrznych oraz militarnych i (lub) niemilitarnych. Każde z tych uwarunkowań może występować niezależnie (osobno) lub w dowolnej konfiguracji, przyczyniając się do powstania – wewnątrz państwa lub w jego najbliższym otoczeniu – sytuacji konfliktogennej. Może tu wystąpić tak daleko idące przenikanie przyczyn i wzajemnych uwarunkowań zagrożenia bezpieczeństwa państwa, że jednoznaczne ich zakwalifikowanie (zidentyfikowanie) staje się wręcz niemożliwe. Dlatego zagrożenia powinno się rozpatrywać na wielu płaszczyznach i pod różnym kątem, aby ustalić (wychwycić) wszystkie możliwe związki przyczynowo-skutkowe" [16]. Przy czym warto zaznaczyć, że identyfikacji zagrożeń powinno towarzyszyć podejście całościowe, obecnie powszechnie dominujące w świecie, albowiem klasyczny podział na wewnętrzne i zewnętrzne aspekty bezpieczeństwa stanowi niemalże już historię. Dla nikogo nie powinno być tajemnicą, że w zglobalizowanym świecie zagrożenia tzw. klasyczne (na przykład groźba wojny prowadzonej tradycyjnymi metodami militarnymi) ustępują pola zagrożeniom nietypowym, których źródłem stają się często trudne do zidentyfikowania podmioty pozapaństwowe. Ponadto w warunkach globalizacji i internacjonalizacji wszystkich aspektów życia społecznego granica między bezpieczeństwem wewnętrznym i zewnętrznym jest rozmyta, a szereg zagrożeń, między innymi terroryzm międzynarodowy, handel narkotykami, a także katastrofy

ekologiczne lub wywołane siłami przyrody, trudno przywiązać do jednego – zewnętrznego lub wewnętrznego – źródła.

Literatura przedmiotu wskazuje również, że za zagrożenia zewnętrzne bezpieczeństwa państwa można uznać naruszenie przez inne państwo, w stosunku do Polski, którejkolwiek z niżej wymienionych zasad [17]:

- suwerenna równość, poszanowanie praw nieodłącznych od suwerenności;
- powstrzymanie się od groźby użycia siły lub samego jej użycia;
- nienaruszalność granic;
- integralność państwa;
- pokojowe załatwienie sporów;
- nieingerencja w sprawy wewnętrzne;
- poszanowanie praw człowieka i podstawowych wolności, łącznie z wolnością myśli, sumienia, religii lub przekonań;
- równouprawnienie i prawo narodów do samostanowienia;
- partnerska współpraca między państwami;
- wykonywanie w dobrej wierze zobowiązań wynikających z prawa międzynarodowego.

Natomiast za „zagrożenia wewnętrzne bezpieczeństwa państwa uważa się zespół uwarunkowań, których źródłem są elementy jego struktury doprowadzające do destabilizacji sytuacji naruszenia podstawowych wartości takich jak:

- wola przetrwania (państwa, narodu);
- terytorialna integralność;
- niezależność polityczna, suwerenność wyboru ustroju społeczno-politycznego oraz podejmowania decyzji z zakresu polityki wewnętrznej i zewnętrznej;
- jakość i warunki życia (zachowanie odpowiedniego standardu życiowego społeczeństwa i perspektyw wszechstronnego ustroju)" [18].

Dynamicznie zmieniająca się sytuacja, o której była mowa na wstępie niniejszego artykułu, spowodowała, że typologie zagrożeń były konstruowane w odmienny sposób. Często dokonuje się podziałów, przyjmując kryterium przyczyny powstawania. Taki podział uwzględnia zagrożenia powstałe w wyniku działania zjawisk atmosferycznych oraz wywołane działalnością człowieka. Podział ten wydaje się być przejrzysty i najlepiej oddający katalog zagrożeń występujących w XXI wieku. Zaznaczyć należy, że w tym przypadku zaistnieje taka sytuacja, że konkretne zagrożenie takie np. jak pożar zostanie umiejscowione w obydwu kategoriach. Sytuacja ma miejsce, ponieważ przyczyną jego powstania mogą być zarówno zjawiska atmosferyczne, jak i działalność człowieka. Są też takie zagrożenia, które trudno zakwalifikować do którejkolwiek ze wspomnianych wyżej kategorii. Dlatego też ciekawy podział zagrożeń proponują Witold Lidwa, Wiesław Krzeszowski oraz Wojciech Więcek. Uwzględnia on [19]:

- zagrożenia naturalne – wszelkie groźne zjawiska związane z naturą;
- zagrożenia techniczne – związane z cywilizacyjnym i gospodarczym rozwojem
- społeczeństw;
- terroryzm;
- inne zagrożenia:
- proliferację broni masowego rażenia;
- masowe migracje;
- niepokoje społeczne;
- zbiorowe akty zakłócenia porządku publicznego;
- przestępczość zorganizowana;
- awarie urządzeń technicznych.

Podejmowanie czynności mających na celu przewidywanie wystąpienia na danym terenie zagrożeń, unikanie ich czy podejmowanie takich działań, które zminimalizują skutki ich występowania są dzisiaj sprawą priorytetową społeczeństw i instytucji zajmujących się zapewnieniem bezpieczeństwa. Dotychczasowe postrzeganie zagrożeń, wyniesione z doświadczeń XX wieku, jednoznacznie utożsamianych właśnie z konfliktem zbrojnym, wojną totalną i groźbą użycia broni masowego rażenia, na początku XXI wieku zostało istotnie, a nawet zasadniczo zmienione [20]. Stąd też w literaturze można spotkać następujące rodzaje zagrożeń bezpieczeństwa państwa [21]:

- zagrożenia militarne [22]:
  - zyskiwanie siły przez państwa rewizjonistyczne;
  - technologiczna przewaga ataku nad obroną;
  - rozprzestrzenianie broni masowego rażenia;
  - nadmierna rozbudowa sił zbrojnych;
  - nieprzestrzeganie zobowiązań w dziedzinie kontroli zbrojeń;
- zagrożenia polityczne:
  - podważanie suwerenności i terytorialnej integralności państw przez państwa trzecie;
  - słabość rządów prawa i struktur społeczeństwa obywatelskiego;
  - spory na tle etnicznym dotyczące dążeń do suwerenności;
  - dążenie do hegemonii, tworzenie sfer wpływów lub regionalnej dominacji;
  - korupcja, powiązania elementów przestępczych ze strukturami państwowymi;
  - akty terrorystyczne przeciwko instytucjom państwa;
- zagrożenia ekonomiczne:
  - kryzysy systemu finansowego;
  - pogorszenie się standardów życia, wzrost bezrobocia i inflacji;
  - zubożenie i marginalizacja grup społecznych;
  - nadmierne różnice gospodarcze pomiędzy państwami i regionami;
  - nieudane reformy gospodarcze;
  - zerwanie dostaw surowców energetycznych lub energii;
- zagrożenia społeczne:
  - dyskryminacja z powodu przynależności do mniejszości narodowych;
  - naruszenia praw człowieka i podstawowych wolności;
  - niekontrolowana migracja;

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.3

  - zorganizowana przestępczość, narkotyki;
  - ograniczanie wolności mediów;
- zagrożenia ekologiczne:
  - klęski ekologiczne;
  - nieodpowiedzialne wykorzystywanie bogactw naturalnych;
  - nieodpowiednie standardy bezpieczeństwa w produkcji przemysłowej;
  - zanieczyszczenie terenów odpadami nuklearnymi i chemicznymi;
  - erozja gleby poprzez zbyt intensywną produkcję rolniczą [23].

Analiza literatury przedmiotu pozwala stwierdzić, że dokonanie jednolitego podziału zagrożeń jest niezwykle trudne. Powyższa sytuacja ma miejsce głównie z powodu dynamicznie zmieniającej się sytuacji międzynarodowej. Bardzo często pojawiają się nowe wyzwania i zagrożenia o bardzo dużej skali, co też uświadamiają różne wydarzenia począwszy od ataków terrorystycznych w 2001 roku, a skończywszy na katastrofach budowlanych, powodziach i pożarach w ostatnich latach. Niezwykle istotne jest, by dokonując charakterystyki zagrożeń bezpieczeństwa państwa, wybrać te, które faktycznie jego dotyczą. W typologiach dostrzega się ujmowanie zagrożeń, które dotyczą i nie dotyczą poszczególnych podmiotów. Zdaniem Romana Kuźniara „[...] percepcja zagrożeń, diagnoza stanu bezpieczeństwa oraz dyrektywy dla praktyki politycznej są w wielu krajach kształtowane przez pryzmat różnych wewnętrznych interesów politycznych, finansowych czy przemysłowych, a zatem posiadają ograniczoną użyteczność dla innych państw" [23].

Jak zauważa Romuald Gocki niezwykle ważne jest poznanie charakteru zagrożenia, sposobów jego powstawania, prawdopodobieństwa zaistnienia danego zagrożenia na określonym obszarze, a w konsekwencji również opracowanie działań zapobiegających zdarzeniu lub zminimalizowaniu jego skutków. Dlatego też wspomniany autor proponuje podział zagrożeń ze względu na źródło i sposób powstawania. Zagrożenia dzieli na [24]:

- zagrożenia naturalne:
  - geologiczne (np. trzęsienia ziemi, tsunami, erupcje wulkanów, osuwiska);
  - klimatyczne (powodzie, susze, ulewne deszcze, upały, huragany, śnieżyce).
- zagrożenia techniczne:
  - awarie urządzeń technicznych;
  - katastrofy;
  - pożary.
- inne zagrożenia:
  - terroryzm;
  - działania militarne;
  - epidemie;
  - wydarzenia społeczne – zamieszki, narkotyki, alkoholizm, ubóstwo, bezrobocie;
  - wyniki błędu człowieka;
  - szkody wyrządzone przez owady, gryzonie.

Podziału zagrożeń dokonuje się również według określonych potrzeb. Przykładem powyższego może być podział na przykład dokonany w Polsce przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa, które wskazuje, że Polska pomimo iż leży w strefie klimatu umiarkowanego stale, jest narażona na różnego rodzaju zjawiska naturalne, które mogą przybrać formę kataklizmu. Zaznacza również, że zarówno zmiany klimatyczne, rozwój cywilizacyjny (infrastruktury), który nie jest wolny od błędów, jak i otwartość granic zwiększają ryzyko występowania różnego rodzaju zagrożeń. W związku z powyższym zdefiniowano *Zagrożenia czasowe występujące w Polsce*, do których zalicza się [25]:

- powódź;
- osuwiska;
- wichury, trąby powietrzne;
- silne mrozy, zawieje i zamiecie śnieżne;
- lawiny śnieżne;
- upały;
- susze;
- pożary lasów;
- grypa;
- choroby roślin;
- choroby zwierząt.

Wieloaspektowość i wielowymiarowość zagrożeń sprawia, że niezwykle trudno jest zdefiniować jedną typologię, która spełniałaby oczekiwania wszystkich. Analiza literatury wskazuje na różne sposoby postrzegania powyższego zagadnienia. Zdaniem autorki w niżej przedstawionym podziale typologii odnaleźć można wiele elementów wspólnych prezentowanych wcześniej, w niniejszym artykule, typologii. Podział ten uwzględnia rodzaj, źródło oraz przyczynę zagrożenia. Ze względu na rodzaj, zagrożenia podzielono na militarne i niemilitarne. Ze względu na źródło, dokonano podziału na sześć zasadniczych grup takich jak: katastrofy naturalne (wszelkie groźne zjawiska związane z naturą), katastrofy techniczne (związane z cywilizacyjnym i gospodarczym rozwojem społeczeństw), katastrofy synergiczne, patologie społeczne oraz akty terroru mające swoje źródło w rozmyślnych destrukcyjnych poczynaniach ludzi. Część zjawisk, które trudno było zakwalifikować jednoznacznie do powyższych grup, zostało sklasyfikowanych jako inne [26].

Uszczegóławiając, poszczególne kategorie obejmują następujące zagrożenia:

- zagrożenia militarne: wojny, zbrojne konflikty lokalne, waśnie etniczne i religijne, spory graniczne;
- zagrożenia niemilitarne:
  - katastrofy naturalne (powodzie, silne wiatry, susze, ruchy tektoniczne, anomalie pogodowe, epidemie, plagi zwierzęce, wyładowania atmosferyczne);
  - katastrofy techniczne (pożary, awarie chemiczne, awarie i wypadki radiacyjne, katastrofy komunikacyjne, katastrofy budowlane, awarie urządzeń infrastruktury technicznej, katastrofy górnicze);
  - katastrofy synergiczne (niebezpieczne zanieczyszczenia atmosfery, niebezpieczne zanieczyszczenia wód, niebezpieczne zanieczyszczenia gleby, katastrofalne zatopienia, kwaśne deszcze, zanik war-

stwy ozonowej, efekt cieplarniany, wyniszczanie lasów, składowiska odpadów);
– akty terroru (podłożenia ładunków wybuchowych, umyślne spowodowanie katastrofy technicznej, umyślne skażenia, destrukcyjne działania grupy ludzi, sabotaż, bioterroryzm);
– patologie społeczne (alkoholizm, narkomania, prostytucja, przestępczość zorganizowana, przestępczość nieletnich, sekty, przemoc);
– inne (eksplozja demograficzna, wirusy komputerowe, konflikty lokalne o zróżnicowanym podłożu, choroby psychiczne i psychosomatyczne, choroby cywilizacyjne, niekontrolowana i nielegalna imigracja, starzejące się arsenały jądrowe i zawodne systemy ostrzegania, sfrustrowane armie, inne potencjalne wyzwania współczesnego świata).

Autorka świadoma tego, że dyskusja, której istota odzwierciedlona została w tytule niniejszego opracowania, trwać będzie jeszcze długo, podjęła próbę przedstawienia własnej autorskiej typologii, która wykorzystuje w sposób twórczy wszystkie przedstawione do tej pory rozważania. Nie można wykluczyć, że zaprezentowana poniżej typologia zostanie uznana za niepełną. Zmienność środowiska bezpieczeństwa, o której mowa w sytuacji problemowej, sprawia, że kryteria służące wyodrębnieniu rodzajów i kategorii poszczególnych zagrożeń stanowią zbiór otwarty. Dyskutować jednak trzeba. I głosem w tej dyskusji jest przedstawiony poniżej podział.

Zdaniem autorki podział zagrożeń powinien uwzględniać takie kryteria jak:
- podmiot;
- przedmiot;
- zakres;
- przestrzeń;
- czas;
- skutek;
- sposób postrzegania;
- efekt działania;
- zależności od poznającego podmiotu;
- zasięg;
- ze względu na znaczenie podmiotu;
- sposób organizowania;
- źródło.

4. Zakończenie

Wskazane powyżej przykłady typologii zagrożeń wskazują na to, że główne kryteria to: źródło, zasięg, podmiot, czas, symptomy, a także częstotliwość występowania. Podsumowujące wydaje się być stwierdzenie Włodzimierza Fehlera, który uważa, że „w miarę pełną typologię można sporządzić, stosując kryteria: źródła pochodzenia zagrożeń, miejsca pochodzenia źródła zagrożeń, obecności czynnika militarnego, aktualności zagrożeń, wiedzy o zagrożeniu, czasu, częstotliwości, intensywności, zasięgu, symptomów, liczby czynników zagrażających oraz stopnia i zakresu destrukcji" [27]. Prezentowane podejście jest interesujące i stanowi inspirację do prowadzenia badań pod tym kontem, co ma swoje uzasadnienie w potrzebie ich prowadzenia ze względu na nieprzemijającą aktualność zagadnień z obszaru zagrożeń i ich typologii. Przyczyną powyższej sytuacji jest stale zmieniająca się sytuacja w kraju oraz poza jego granicami. Pomimo faktu istnienia wielu definicji zagrożeń, a także ich typologii, należy spodziewać się powstawania kolejnych dostosowywanych do rzeczywistości. Powyższe będzie miało miejsce, ponieważ jest to wciąż aktualny problem, który dotyczy każdego człowieka. Dyskusje w tym zakresie przeprowadza się coraz częściej. Przyjmują one nieco inny charakter niż do tej pory, ponieważ zaprasza się do nich również społeczeństwo. Przykładem może być debata społeczna na temat bezpieczeństwa zorganizowana przez międzynarodowe Regionalne Centrum Badań nad Bezpieczeństwem w Bielsku-Białej w maju 2013 roku. Przyczyną takiego podejścia do tematu jest chęć wypracowania skutecznych rozwiązań w trakcie wymiany poglądów pomiędzy ludźmi nauki, funkcjonariuszami formacji umundurowanych, pracownikami administracji samorządowej i rządowej oraz obywatelami, czyli wszystkimi tymi, którzy są odpowiedzialni za bezpieczeństwo. Jest to przedsięwzięcie trudne i złożone, gdyż niejednokrotnie wręcz niemożliwe staje się wypracowanie jednego zadawalającego wszystkie grupy rozwiązania. Jednak nie zwalnia to z obowiązku poszukiwania optymalnych rozwiązań. Przedstawione w niniejszym artykule typologie zagrożeń nie są ostatecznym rozwiązaniem, a jedynie głosem w dyskusji, który może stać się inspiracją do prowadzenia dalszych rozważań w powyższym zakresie.

Literatura

1. Wiśniewski B., Falecki J., *System zarządzania kryzysowego państwa, w tym Sił Zbrojnych RP*, Wyższa Szkoła Administracji, Bielsko-Biała 2008, s. 17.
2. Dworecki S., *Zagrożenia bezpieczeństwa państwa,* AON, Warszawa 1996, s. 89.
3. *Słownik terminów z zakresu bezpieczeństwa narodowego,* AON, Warszawa 1969, s. 89.
4. Koziej S., S*trategie bezpieczeństwa narodowego Rzeczypospolitej Polskiej z 2003 i z 2007 – skrypt internetowy,* Warszawa 2008, s. 7.
5. Hołyst B., *Wiktymologia*, PWN, Warszawa 2000, s. 64-65.
6. Hołyst B., *Wiktymologia, PWN*, Warszawa 2000, s. 65.
7. Fehler W., *Percepcja zagrożeń* [w:] *Bezpieczeństwo w teorii i badaniach naukowych*, B. Wiśniewski (red.), WSPol, Szczytno 2011, s.25.
8. *Słownik języka polskiego*, PWN, Warszawa 2006, s. 412.
9. Stankiewicz M.J., *Konkurencyjność przedsiębiorstw a wzrost gospodarczy* [w:] *Czynniki wzrostu gospodarczego*, M. Haffer (red.), UMK, Toruń 2004, s. 17.
10. Chojnacki W., *Integracyjne i dezintegracyjne podejścia do bezpieczeństwa* [w:] *Bezpieczeństwo w teorii i badaniach naukowych*, B. Wiśniewski (red. nauk.), WSPol, Szczytno 2011, s. 47.
11. *Słownik terminów z zakresu bezpieczeństwa narodowego*, AON, Warszawa 2002, s.13.
12. Tyrała P., *Zarządzanie bezpieczeństwem w warunkach gospodarki rynkowej* [w:] *Zarządzanie bezpieczeństwem*, P. Tyrała (red.), Kraków 2000, s. 23.
13. *Bezpieczeństwo narodowe Polski w XXI wieku. Wyzwania i strategie*, R. Jakubczaka, J. Flisa (red.), Warszawa 2006, s. 110-114.
14. Fehler W., *Zagrożenie – kluczowa kategoria teorii bezpieczeństwa* [w:] Współczesne postrzeganie bezpieczeństwa, K. Jałoszyński, B. Wiśniewski, T. Wojtuszek (red.), WSA, Bielsko-Biała 2007, s. 38-39.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.3

15. Fehler W., *Zagrożenie – kluczowa kategoria teorii bezpieczeństwa* [w:] *Współczesne postrzeganie bezpieczeństwa*, K. Jałoszyński, B. Wiśniewski, T. Wojtuszek (red.), WSA, Bielsko-Biała 2007, s. 42.
16. Dworecki S., *Od konfliktu do wojny,* AON, Warszawa 1996, s. 18-19.
17. Dworecki S., *Zagrożenia bezpieczeństwa państwa,* AON, Warszawa 1996, s. 24-25.
18. Dworecki S., *Zagrożenia bezpieczeństwa państwa,* AON, Warszawa 1996, s. 28.
19. Lidwa W., Krzeszowski W., Więcek W., *Zarządzanie w sytuacjach kryzysowych*, Warszawa 2010, s. 7-23.
20. *Ochrona ludności w czasie pokoju oraz w okresie kryzysu i wojny*, A. Skrabacz (red. nauk.), Centralna Biblioteka Wojskowa, Warszawa 2010, s. 29.
21. *Ochrona ludności w czasie pokoju oraz w okresie kryzysu i wojny*, A. Skrabacz (red. nauk.), Centralna Biblioteka Wojskowa, Warszawa 2010, s. 14.
22. *Zasadnicze problemy zagrożeń bezpieczeństwa narodowego Polski w kontekście przygotowań obronnych Państwa*, B. Wiśniewski (red.), Bielsko-Biała 2008, s. 8.
23. Dębski S., Górka-Winter B., *Kryteria bezpieczeństwa międzynarodowego państwa*, Warszawa 2003, s. 22-23.
24. Grocki R., *Vademecum zagrożeń,* Bellona, Warszawa 2003, s. 9-10.
25. *Zagrożenia okresowe występujące w Polsce*, RCB, Warszawa 2010, s. 2.
26. Dawidowicz A., Janusz M., Sawczak S., *Źródła zagrożeń i ich charakterystyka*, UWr,Wrocław 2007, s. 6-8.
27. Fehler W., *Podział zagrożeń* [w:] *Bezpieczeństwo w teorii i badaniach naukowych*, B. Wiśniewski (red. nauk.), WSPol, Szczytno 2011, s. 31.

nadkom. dr inż. Barbara Kaczmarczyk – absolwentka Politechniki Wrocławskiej (studia inżynierskie) we Wrocławiu, Akademii Obrony Narodowej w Warszawie (studia magisterskie i doktoranckie) oraz Uniwersytetu Warszawskiego w Warszawie (studia podyplomowe). Autorka i redaktorka naukowa opracowań publikowanych w kraju oraz w Niemczech, Czechach, Słowacji i Ukrainie w zakresie bezpieczeństwa, zarządzania, zarządzania kryzysowego (komunikacja, kooperacja, ćwiczenia) oraz edukacji dla bezpieczeństwa. Prowadzi zajęcia w uczelniach z zakresu bezpieczeństwa, zarządzania kryzysowego, edukacji dla bezpieczeństwa. Sekretarz Regionalnego Centrum Badań nad Bezpieczeństwem w Bielsku-Białej, Członek Polskiego Towarzystwa Nauk Politycznych, *European Association for Security* oraz rady programowo-naukowej kwartalnika „Śląska Policja". Funkcjonariuszka Straży Granicznej od 2002 do 2012 roku. Od 2012 ekspert Sekcji Operacji Policyjnych i Zarządzania Kryzysowego w Sztabie Policji Komendy Wojewódzkiej Policji we Wrocławiu.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.4

st. kpt. dr inż. **Mariusz PECIO**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 17.02.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 21.08.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

SPOŁECZNO-EKONOMICZNE KOSZTY POŻARÓW

Socio-Economic Costs of Fires

Социально-экономические потери от пожаров

Abstrakt
Cel: Opracowanie ma na celu szacunkowe wyznaczenie społeczno-ekonomicznych kosztów pożarów w Polsce.
Wprowadzenie: W Polsce nie były do tej pory prowadzone programy badawcze oraz statystyczne związane z tematyką opracowania. Niewątpliwie jest to obszar wymagający głębszych studiów, niemniej jednak wyniki analizy przedstawione w opracowaniu mogą stanowić podstawę do wykorzystania przy prowadzonych w Polsce projektach i programach badawczych oraz być punktem wyjścia do prowadzenia dalszych badań w przedmiotowym obszarze. Pokazane w opracowaniu koszty mają charakter szacunkowy, opracowanie zawiera analizę przeprowadzoną według przyjętych założeń charakteryzujących się pewnymi uproszczeniami i uogólnieniami.
Metodologia: W trakcie przeprowadzania analizy kosztów pożarów przeprowadzono autorską analizę dostępnych danych statystycznych i prognoz oraz wykorzystano dopracowaną i szczegółową metodę PANDORA'2013 służącą do oceny kosztów wypadków i kolizji drogowych. W celu ustalenia kosztów ofiar śmiertelnych pożarów zostały oszacowane przyszłe straty budżetu państwa poprzez określenie utraty jednostkowego produktu krajowego brutto (na jedną osobę aktywną zawodowo). Analizie został poddany wskaźnik dotyczący liczby pracowników, czyli liczba wszystkich obywateli pomniejszona o odsetek ludzi poza wiekiem produkcyjnym i dodatkowo pomniejszona o stopę bezrobocia. Dodatkowo uwzględniono, iż ofiara pożaru może być kobietą lub mężczyzną (uśrednienie wieku emerytalnego) i przeanalizowano utracony dochód budżetu państwa w przyszłości związany z utratą osoby (kobiety lub mężczyzny) aktywnej zawodowo.
Wnioski: Z przeprowadzonej analizy wynika, iż szacowanie kosztów pożarów jest procesem bardzo złożonym i długotrwałym. Wymaga dostępu do pełnych i solidnych danych statystycznych oraz ciągłej aktualizacji przyjętej metodologii. Jednocześnie uzyskane wyniki potwierdzają znaczny wpływ kosztów pożarów na koszt funkcjonowania państwa i utratę przyszłych dochodów gospodarki krajowej. Działania związane ze zmniejszaniem liczby ofiar pożarów mogą mieć wpływ na ograniczanie przyszłych utraconych dochodów budżetu państwa, co powoduje możliwości poszukiwania dodatkowych źródeł finansowania (w budżecie centralnym) tego typu działań. Każde działanie powodujące ograniczenie liczby pożarów oraz liczby ofiar i liczby osób rannych jest niewątpliwie efektywne ekonomicznie, chociaż nie jest to ani jedyny, ani najważniejszy argument za prowadzeniem tego typu przedsięwzięć.

Słowa kluczowe: koszty pożarów, straty pożarowe, ofiary pożarów, utrata dochodów, koszty akcji ratowniczej
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Abstract
Aim: The purpose of this study is to estimate socio-economic costs of fires in Poland.
Introduction: In Poland, to date, no research programme was conducted or statistical calculations produced to estimate the socio-economic impact of fires. Undoubtedly, this area requires a deeper examination but results revealed in this study provide a basis for use in projects and a starting point for further research in this area. Illustrated costs are estimates and calculations incorporate assumptions which are characterised by some simplifications and generalisations.
Methodology: During the cost analysis process the author made use of existing statistical data and estimates, and accessed an established cost calculation model for road traffic accidents and collisions – PANDORA'2013. In order to determine the costs of fire fatalities, future losses for the state budget were estimated by determining the loss of gross domestic product per individual (for one economically active person). The analysis applied an indicator relating to the number of people in employment, that is: the number of all citizens reduced by the proportion of people beyond the working age and further reduced by the unemployment level. Additionally, it was accepted that the victim of a fire may be either male or female (with appropriate averaging of the retirement age) and analyzed the future loss of revenue to the state budget caused by the loss of a professionally active person (male or female).
Conclusions: The analysis shows that the cost estimation of fires is a long and complicated process. It requires access to complete and reliable statistical data and continuous updating of applied methodology. At the same time, obtained results confirm the significant

[1] Szkoła Główna Służby Pożarniczej, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa; e-mail: mariusz.pecio@gmail.com / The Main School of Fire Service, Warsaw, Poland;

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.4

impact of fires on the cost of state performance and loss of future income for the national economy. Actions which influence a reduction in the number of fire victims may affect the reduction of future lost revenue to the state budget. This, in turn, may influence a search for additional resources (from the state budget) to finance activities which bring about such a reduction. Any action resulting in a decrease in the number of fires and culminating in a reduced number of victims and injured people is undoubtedly cost-effective, even though it is not the sole or most important reason for conducting this type of activity.

Keywords: costs of fires, fire loss, fire victims, loss of income, rescue costs
Type of article: review article

Цель: Целью исследования является оценка социально-экономических потерь от пожаров в Польше.
Введение: В Польше до сих пор не проводили исследовательских и статистических программ, связанных с тематикой исследования. Несомненно, данная область требует более глубокого изучения, хотя результаты анализа, представленные в статье, могут стать основой для проводимых в Польше проектов и испытательных программ, а также стать точкой выхода для проведения дальнейших испытаний в рассматриваемой области. Указанные в исследовании затраты приблизительны, разработка содержит проведённый согласно принятым предположениям анализ, для которого характерные некоторые упрощения и обобщения.
Методология: Во время проведения анализа потерь от пожаров, проведён авторский анализ имеющихся статистических данных и прогнозов, а также использован доработанный подробный метод PANDORA '2013, предназначенный для оценки потерь из-за аварий и ДТП. С целью определения возможных потерь связанных с летальным исходом во время пожаров, были определены будущие потери госбюджета методом потенциального уменьшения ВВП (на одного занятого человека).
Был проанализирован показатель, касающийся числа работающих граждан, то есть число всех граждан было уменьшено на процент профессионально неактивных людей из-за возрастного показателя и дополнительно на показатель уровня безработицы. Дополнительно было учтено, что жертвой пожара может быть как женщина, так и мужчина (средняя пенсионного возраста) и был проанализирован будущий недополученный доход госбюджета, связанный с утратой профессионально активного человека (женщины или мужчины).
Выводы: С проведённого анализа следует, что оценка потерь от пожаров является очень сложным и длительным процессом. При проведении такой оценки необходим доступ к полным и надёжным статистическим данным и постоянной актуализации принятой методологии. Одновременно полученные результаты подтверждают значительное влияние потерь от пожаров на государственные расходы и на снижение будущих доходов национальной экономики. Действия, связанные с сокращением числа жертв пожаров могут повлиять на сокращение будущих потерь доходов госбюджета, что дает возможности поиска дополнительных источников финансирования (в центральном бюджете) такого рода действий. Каждое действие, которое способствует ограничению числа пожаров, а также числа жертв и раненых, несомненно, экономически полезно, хотя не является единственным либо самым главным аргументом для проведения такого рода мероприятий.

Ключевые слова: потери от пожаров, убытки от пожаров, жертвы пожаров, потери доходов, расходы на спасательные акции
Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Głównym celem opracowania jest szacunkowe wyznaczenie społeczno-ekonomicznych kosztów pożarów w Polsce przy wykorzystaniu dostępnej w literaturze metodologii, analizy dostępnych danych statystycznych oraz autorskiego podejścia do określenia wpływu liczby ofiar pożarów na utratę przyszłych dochodów budżetu państwa. W trakcie analizy danych wejściowych do niniejszego opracowania przyjęto założenie, iż w sumarycznych kosztach pożarów występują składowe, które należy szacować osobno. Należą do nich koszty związane z utratą bliskiej osoby, koszty działalności instytucji i służb państwowych, utrata przyszłych dochodów państwa oraz bezpośrednie straty materialne. Przedstawiona analiza pokazuje koszty ponoszone przez państwo wynikające z występowania pożarów, zarówno w wyniku przeprowadzania przyjętych procedur administracyjnych, jak i utraconych dochodów.

Przedstawione w opracowaniu koszty mają charakter szacunkowy, opracowanie zawiera analizę przeprowadzoną według przyjętych założeń charakteryzujących się pewnymi uproszczeniami i uogólnieniami, co jest w pewnym stopniu wynikiem innowacyjności wybranych aspektów analizy. W Polsce nie były do tej pory prowadzone programy badawcze oraz statystyczne związane z tematyką opracowania. Niewątpliwie jest to obszar wymagający głębszych studiów, niemniej jednak wyniki analizy przedstawione w opracowaniu mogą stanowić podstawę do wykorzystania przy prowadzonych w Polsce projektach i programach badawczych oraz być punktem wyjścia do prowadzenia dalszych badań w przedmiotowym obszarze. W trakcie przygotowywania materiału do analizy zauważono, iż tematyka związana z szacowaniem kosztów pożarów w Polsce może stanowić ważny element w procesie przygotowywania i realizacji projektów oraz programów zmierzających do poprawy bezpieczeństwa pożarowego, szczególnie na etapie ich uzasadniania. Do przeprowadzenia analizy kosztów ofiar pożarów wykorzystano dostępne dane statystyczne oraz prognozy gromadzone i przygotowywane przez Komendę Główną PSP, Ministerstwo Finansów, Główny Urząd Statystyczny oraz Zakład Ubezpieczeń Społecznych oraz dopracowaną i szczegółową metodę PANDORA'2013 służącą do oceny kosztów wypadków i kolizji drogowych realizowaną w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów.

2. Dane statystyczne i metodologia

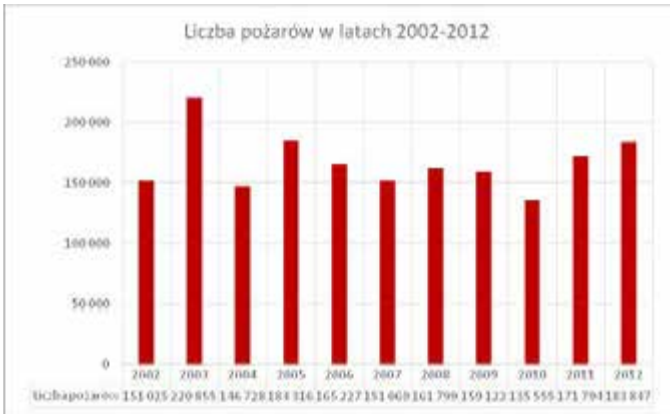
2.1. Liczba pożarów

Liczba pożarów w Polsce w latach 2002-2012 została przedstawiona na ryc. 1. Można zauważyć, iż w ostatnich latach zmiana liczby pożarów ma tendencję wzrosto-

wą, chociaż nie występują znaczne odchylenia od średniej z ostatnich 11 lat (166.485).

2.2. Liczba ofiar pożarów

Liczbę poszkodowanych w pożarach w latach 2002-2012 pokazano na ryc. 2. Z przedstawionych danych wynika, iż liczba ofiar śmiertelnych pożarów w ostatnich latach utrzymuje się na podobnym poziomie, średnia liczba ofiar z ostatnich 11 lat wynosi 559 osób, podobnie jest w przypadku osób rannych (średnia 3.438 osób). Niekorzystne statystyki utrzymują się od lat, mimo poprawy sytuacji sprzętowej PSP oraz postępującego procesu rozwoju rynku biernych i czynnych zabezpieczeń przeciwpożarowych. Na podstawie dostępnych publikacji można przytoczyć powtarzające się wnioski, według których wraz z rozwojem technologicznym gospodarki zwiększa się również spektrum prawdopodobnych niekorzystnych scenariuszy zdarzeń, w tym pożarów.



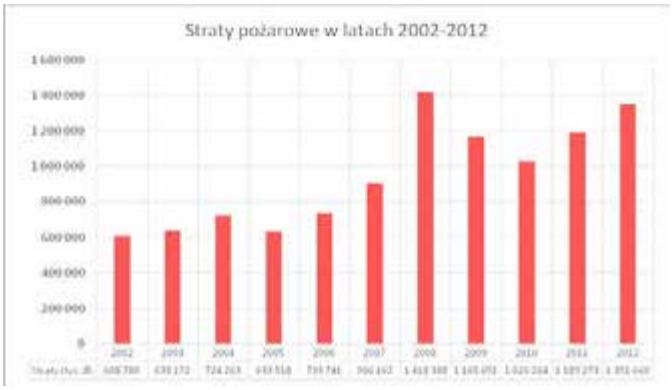
Ryc. 1. Liczba pożarów w latach 2002-2012 [1]
Fig. 1. Number of fires in the years 2002-2012 [1]

Ryc. 2. Liczba poszkodowanych (ofiar śmiertelnych i rannych) w pożarach w latach 2002-2012 [1]
Fig. 2. Number of victims (killed and injured) in fires in the years 2002-2012 [1]

2.3. Straty pożarowe

Straty pożarowe można podzielić na kilka kategorii. Straty majątkowe obciążają obywateli (również pośrednio zakłady ubezpieczeniowe) oraz budżet państwa. Straty istotne z punktu widzenia zmniejszenia obciążeń działalności instytucji państwowych i utraty przyszłych dochodów budżetu państwa wynikające z ograniczenia liczby ofiar śmiertelnych to koszty administracyjne, działań operacyjnych i utrata dochodu narodowego w przyszłości.

Na ryc. 3 pokazano dane dotyczące wielkości materialnych strat pożarowych.



Ryc. 3. Straty pożarowe w latach 2002-2012 [1]
Fig. 3. Fire losses in the years 2002-2012 [1]

2.4. Postać ogólna kosztów pożarów

Ogólna postać kosztów pożarów przedstawiona w poniższym rozdziale wykorzystuje między innymi metodologię opracowaną i rozwijaną w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów [2], który od wielu lat prowadzi dokładne badania dotyczące szacowania kosztów zdarzeń drogowych. Teoretyczne uwarunkowania szacowania kosztów zdarzeń niekorzystnych, w których uruchamiane są procedury postępowania służb ratowniczych oraz procedury administracyjnie z nimi związane są zbliżone przy wypadkach drogowych i pożarach.

„Podstawę oszacowania kosztów zdarzeń stanowią:

- określona liczba wszystkich pożarów według statystyk,
- jednostkowe koszty zdarzeń na jeden pożar, według następujących kategorii:
  - koszty medyczne,
  - koszty utraconej mocy produkcyjnej (utracona produkcja),
  - ocena utraconej jakości życia (strata dobra z powodu wypadków),
  - koszty uszkodzenia mienia,
  - koszty administracyjne.

Według teorii na koszty zdarzeń składają się bezpośrednie i pośrednie koszty ekonomiczne, wartość bezpieczeństwa *per se* oraz koszty dodatkowe:

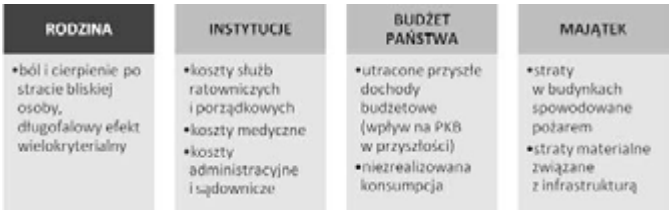
- Bezpośrednie koszty ekonomiczne są postrzegane jako wydatek dziś albo w przyszłości. Głównymi kosztami bezpośrednimi pożarów są:
  - koszty medyczne i rehabilitacji związane z okresem niezdolności do pracy pacjenta;
  - koszty administracyjne pożaru, na które składają się: koszty straży pożarnej, koszty policji, koszty śledztw dotyczących pożaru, koszty sądowe i koszty administracyjne ubezpieczeń;
  - koszty służb ratowniczych i porządkowych, które dotyczą pomocy w nagłych wypadkach;
  - koszty uszkodzenia mienia, które obejmują m.in. uszkodzenia budynków i otoczenia budynków.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.4

- Pośrednie koszty ekonomiczne jako utracony produkt krajowy brutto oraz niezrealizowana konsumpcja w wyniku przedwczesnej śmierci.
- Wartość bezpieczeństwa *per se* jako gotowość do płacenia WTP (ang. *Willingness to Pay*) za redukcję prawdopodobieństwa przedwczesnej śmierci w wyniku pożaru, niezależnie od zdolności produkcyjnej. Gotowość do płacenia sygnalizuje preferencje zmniejszania ryzyka bycia rannym albo nawet śmierci w pożarze. W szacunkach ten aspekt jest nazywany wartością bezpieczeństwa *per se*, który zostaje wyznaczony empirycznie, jako wartość statystycznego życia (*Value of a Statistical Life* – VSL) i wartość statystycznego urazu (*Value of a Statistical Injury* – VSI). Szacunek gotowości do płacenia za redukcję prawdopodobieństwa przedwczesnej śmierci i zmniejszenia ryzyka bycia rannym opiera się na podstawie zrealizowanych badań naukowych. W Polsce takie badania w aspekcie ryzyka pożaru nie były jeszcze prowadzone.
- Koszty dodatkowe, które wynikają z pośrednich efektów takich jak straty czasu, zwiększenie zużycia paliwa i zwiększona emisja spalin z powodu zatłoczenia spowodowanego przez pożar. Te koszty na ogół nie są uwzględniane, ponieważ trudno je oszacować" [2, s. 20-21].

2.6. Założenia do przyjętej metody szacowania kosztów ofiar pożarów

W celu przeprowadzenia analizy koszty pożarów zostały podzielone na cztery składowe, z których możliwe do oszacowania są jedynie trzy (ryc. 4). Na koszty ofiar pożarów mogą się składać koszty dotyczące rodziny, instytucji, budżetu państwa i majątku.



Ryc. 4. Składowe koszty pożarów

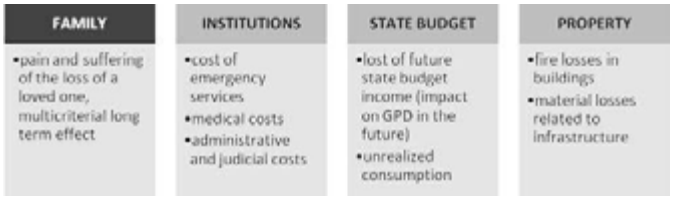


Fig. 4. Components of the cost of fires

Koszty związane z utratą bliskiej osoby, opisane jako „Rodzina" na ryc. 4, są niemożliwe do oszacowania w wymiernych kategoriach finansowych. Mając na uwadze cele programów i projektów badawczych oraz cele statutowe Państwowej Straży Pożarnej, są one wystarczające do uzasadnienia każdych działań zmierzających do poprawy bezpieczeństwa pożarowego i ograniczenia liczby ofiar pożarów.

2.6. Metoda PANDORA'2013

Wieloletnie badania prowadzone w Instytucie Badawczym Dróg i Mostów mogą stanowić wzorzec, według którego będą realizowane podobne badania dotyczące strat pożarowych w przyszłości. W celu dokonania analizy szacunkowych kosztów strat związanych z ofiarami pożarów zostaną wykorzystanie niektóre wyniki otrzymane podczas badań realizowanych według programu PANDORA.

„Publikacja *Metoda oraz wycena kosztów wypadków i kolizji drogowych na sieci dróg w Polsce na koniec roku 2012, z wyodrębnieniem średnich kosztów społeczno-ekonomicznych zdarzeń drogowych na sieci TEN-T* przedstawia koszty wypadków drogowych i kolizji, które zdarzyły się w 2012 roku na sieci wszystkich dróg w Polsce. W celach porównawczych wycenę kosztów przeprowadzono dwoma metodami opracowanymi w Zakładzie Ekonomiki Instytutu Badawczego Dróg i Mostów – podstawową i rozszerzoną. Podstawowa metoda badań kosztów zdarzeń drogowych, zwana obecnie PANDORĄ'1993, została wypracowana w Zakładzie Ekonomiki IBDiM w latach 90. ubiegłego wieku pod kierunkiem prof. Haliny Chrostowskiej w ramach prac nad *Instrukcją oceny efektywności ekonomicznej inwestycji drogowych i mostowych*. Metoda PANDORA'1993 obejmuje wycenę kosztów wypadków drogowych bez wyceny kosztów kolizji.

Od 2011 roku w związku z prowadzeniem badań przez ZE IBDiM metoda PANDORA'1993 jest poddawana stałej weryfikacji i modyfikacji. Z tego względu w opracowaniu przedstawiono założenia metodyczne do PANDORY'1993, które stanowią punkt wyjściowy do prowadzonych aktualizacji, oraz zaprezentowano nową metodę PANDORA'2013, w pierwszym stadium jej modyfikacji [2, str. 4].

„Ostatecznie koszty wypadku uwzględniające powyższe straty wg PANDORA'2013 grupuje się w trzy kategorie, jak w PANDORZE'1993 (wyszczególniono jedynie koszty, które zostały wykorzystane do analizy kosztów ofiar i poszkodowanych w pożarach):

Koszty ofiar śmiertelnych:

- koszty administracyjne udziału jednostek operacyjnych (policja, straż pożarna, służby chemiczne itp.),
- koszty administracyjne ratownictwa medycznego (karetka pogotowia, śmigłowiec medyczny),
- koszty leczenia zmarłych w okresie do 30 dni po wypadku,
- koszty administracyjne związane z sekcją zwłok,
- koszty zasiłku pogrzebowego wyrównanego do średniej rynkowej ceny pogrzebu,
- koszty sądownictwa,
- koszty więziennictwa,
- koszty rent rodzinnych wypłaconych z ZUS,
- koszty zadośćuczynień i odszkodowań dla rodzin zmarłego,
- koszty rent rodzinnych wypłaconych przez ubezpieczyciela sprawcy wypadku,
- strata produktywności wynikająca ze śmierci ofiar wypadków drogowych,
- straty pracodawcy.

Koszty rannych:
- koszty administracyjne udziału jednostek operacyjnych (policja, straż pożarna, służby chemiczne, itp.),
- koszty administracyjne ratownictwa medycznego,
- koszty leczenia ciężko rannych,
- koszty sądownictwa,
- koszty więziennictwa,
- koszty rent powypadkowych i rodzinnych wypłaconych z ZUS, na skutek trwałego kalectwa ofiary rannej w wypadku,
- koszty zadośćuczynień i odszkodowań dla ofiary poszkodowanej,
- koszty rent wypłaconych przez ubezpieczyciela sprawcy wypadku, tytułem utraconych zarobków, obniżenia stopy życiowej poszkodowanego i jego bliskich,
- koszty leczenia, zakupu sprzętu pokrywane przez ubezpieczyciela sprawcy,
- strata produktywności wynikająca z czasowej bądź całkowitej niezdolności do pracy poszkodowanego,
- straty pracodawcy" [2, str. 23-24].

W celu oszacowania kompleksowych kosztów ofiar śmiertelnych pożarów do dalszej analizy zostaną wykorzystane dane z programu PANDORA dotyczące jednostkowych kosztów ofiar śmiertelnych oraz osób rannych w wypadkach drogowych pomniejszone o straty budżetu państwa wynikające z utraty produktywności. Ta część kosztów (związana z budżetem kraju) jest przedmiotem osobnej autorskiej analizy przeprowadzonej w kolejnym rozdziale opracowania.

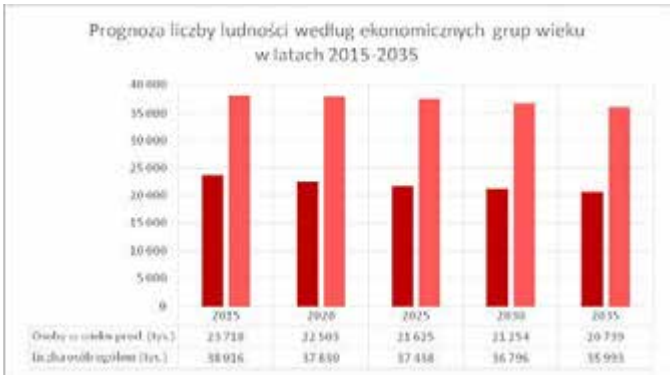
Obliczony według programu PANDORA jednostkowy koszt śmiertelnych ofiar wypadków drogowych, pomniejszony o straty związane z utratą produktywności wynosi 826.608 zł, natomiast koszt jednostkowy osób rannych w wypadkach wynosi 114.598 zł.

2.7. Utracone dochody budżetu państwa

Z punktu widzenia wielkości strat finansowych wynikających z liczby ofiar śmiertelnych pożarów najistotniejszym składnikiem kosztów pożarów są utracone przyszłe dochody budżetu państwa. Są one wynikiem zmniejszenia populacji o określoną liczbę osób w wieku produkcyjnym. W tym celu należy zdefiniować pojęcia „wiek produkcyjny" i „produkt krajowy brutto" oraz wyliczyć prognozowany udział jednostki w PKB w latach przyszłych.

„Wiek produkcyjny – ludność wykonująca pracę przynoszącą dochód oraz bezrobotni; przedział wiekowy przyjęty w statystyce dla potrzeb ekonomii. Według metodologii Głównego Urzędu Statystycznego w wieku produkcyjnym znajdują się:
- mężczyźni pomiędzy 18. a 67. rokiem życia,
- kobiety pomiędzy 18. a 65. rokiem życia" [3].

„Produkt krajowy brutto, PKB – pojęcie ekonomiczne oznaczające jeden z podstawowych mierników dochodu narodowego stosowanych w rachunkach narodowych. PKB opisuje zagregowaną wartość dóbr i usług finalnych wytworzonych na terenie danego kraju w określonej jednostce czasu (najczęściej w ciągu roku)" [5].



Ryc. 5. Prognoza liczby ludności według ekonomicznych grup wieku w latach 2015-2035 [4]
Fig. 5. Forecast of population by economic age groups in the years 2015-2035 [4]

Dane statystyczne oraz prognozy, które zostaną wykorzystane do przeprowadzenia tej części analizy kosztów ofiar pożarów, przedstawione zostały na ryc. 5-9.

W celu ustalenia kosztów ofiar śmiertelnych pożarów w tej części analizy zostaną oszacowane przyszłe straty budżetu państwa poprzez określenie utraty jednostkowego produktu krajowego brutto (na jedną osobę aktywną zawodowo). Nie można w tym celu wykorzystać dostępnych w danych statystycznych wskaźników „PKB per capita", ponieważ jest to iloraz PKB oraz liczby mieszkańców kraju. Analizie musi zostać poddany wskaźnik dotyczący liczby pracowników, czyli liczba wszystkich obywateli pomniejszona o odsetek ludzi poza wiekiem produkcyjnym i dodatkowo pomniejszona o stopę bezrobocia (na potrzeby opracowania ten wskaźnik został nazwany „PKB per operando").

Ryc. 6. Prognozowana stopa bezrobocia oraz liczba osób aktywnych zawodowo w latach 2015-2035 [6]
Fig. 6. Expected rate of unemployment and the number of economically active people in the years 2015-2035 [6]

Wykres pokazany na ryc. 8 jest efektem analizy danych zawartych na wykresach pokazanych na ryc. 6 i 7. Warto zwrócić uwagę na fakt, iż będzie malała zarówno ogólna liczba mieszkańców Polski, jak i liczba osób w wieku produkcyjnym. Prognozy Ministerstwa Finansów pokazują jednocześnie wzrost PKB. Te dwie prognozy pozwalają wysnuć wniosek, iż z upływem lat bę-

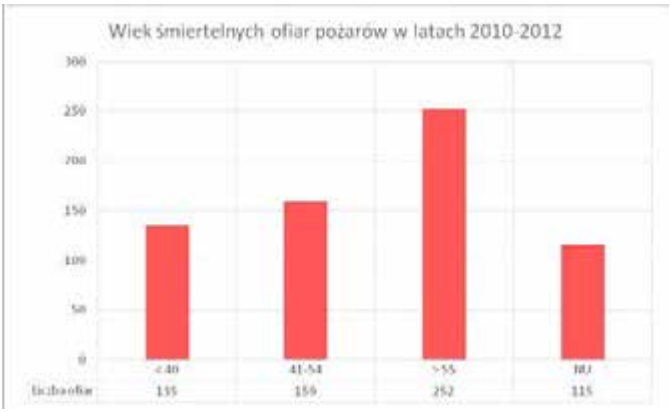
DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.4

dzie wzrastał udział pojedynczego pracownika w PKB, a w konsekwencji również utrata każdego pracującego będzie powodowała coraz wyższe koszty utraconych dochodów państwa w przyszłości.

Na ryc. 9 przedstawiono wiek ofiar śmiertelnych pożarów w latach 2010-2012. Stosunkowo krótki okres, którego dotyczą dostępne dane, oraz duży odsetek osób o wieku „nieustalonym" wymaga przeprowadzenia bardziej szczegółowej analizy tego zagadnienia w przyszłości. Jednak z uwagi na ogólny charakter prowadzonej analizy można założyć, iż obliczony według dostępnych danych średni wiek ofiary pożaru (46 lat) może być przyjęty do dalszej analizy.

Ryc. 7. Prognoza PKB na lata 2013-2035 [7]
Fig. 7. GDP forecast for the years 2013-2035 [7]

Ryc. 8. Prognoza PKB per operando na lata 2015-2035
Fig. 8. Forecast GDP per operando for the years 2015-2035



Ryc. 9. Wiek ofiar śmiertelnych pożarów w latach 2010-2012 [1]
Fig. 9. Age of fire victims in the years 2010-2012 [1]

3. Koszty pożarów w Polsce

Oszacowanie kosztów pożarów związanych z utratą przyszłych dochodów budżetu państwa zostało zrealizowane po wykonaniu analizy danych zawartych w punkcie 2.7 oraz przeprowadzeniu odpowiednich obliczeń:

- średni wiek ofiary pożaru – 46 lat,
- pozostały okres aktywności zawodowej (uśredniony dla kobiet i mężczyzn) – 20 lat,
- średni PKB per operando w pozostałym okresie aktywności zawodowej – 131.370 zł.

Iloczyn liczby lat pozostałego okresu aktywności zawodowej oraz średniego PKB per operando w tym okresie będzie wskazywał wymiar utraty przyszłych dochodów państwa na skutek śmierci ofiary pożaru. Obliczony w ten sposób jednostkowy koszt ofiary pożaru związany z utratą przyszłych dochodów budżetu państwa wynosi 2.627.400 zł. Koszt ten nie zawiera udziału jednostki w tzw. spożyciu prywatnym. Średnie wydatki gospodarstw domowych na jedną osobę według prognoz w przyjętym do analizy pozostałym okresie aktywności zawodowej wyniosą 356.243 zł. Należy koszt tych wydatków odjąć od kosztu jednostkowego ofiary pożaru wynikającego z utraty dochodów państwa. Skorygowany jednostkowy koszt ofiary pożaru związany z utratą przyszłych dochodów budżetu państwa wyniesie 2.271.157 zł przy założeniu, że każda śmiertelna ofiara pożaru będzie osobą pracującą. Współczynnik korygujący wynikający z prognoz stopy bezrobocia (obliczony w prognozie 20-letniej) został uwzględniony po analizie prognoz ZUS i wynosi 0,936. Ostatecznie jednostkowy koszt ofiary pożaru związany z utratą przyszłych dochodów budżetu państwa wyniesie 2.125.803 zł.

W celu ustalenia kosztów jednostkowych ofiar pożarów należy dokonać sumowania kosztów jednostkowych ofiar pożarów związanych z działalnością instytucji państwowych oraz kosztów jednostkowych ofiar pożarów związanych z utratą przyszłych dochodów budżetu państwa (tabela 1 i 2).

Tabela 1

Koszty jednostkowe pożarów w Polsce w 2012 roku

Rodzaj kosztów	Wartość
Koszt jednostkowy ofiary śmiertelnej (w odniesieniu do kosztów działania instytucji i służb państwowych)	**826.608 zł**
Koszt jednostkowy ofiary śmiertelnej (w odniesieniu do utraty przyszłych dochodów budżetu państwa)	**2.125.803 zł**
Koszt jednostkowy osoby rannej (w odniesieniu do kosztów działania instytucji i służb państwowych)	**114.598 zł**
Koszt jednostkowy osoby rannej (w odniesieniu do utraty przyszłych dochodów budżetu państwa)	**nie szacowano**

Table 1

Unit costs of fires in Poland in 2012

Type of costs	Value
Unit cost of fire victim (in relation to the cost of the institution and state services)	**826.608 PLN**
Unit cost of fire victim (in relation to the loss of future income of the state budget)	**2.125.803 PLN**
Unit cost of person injured (in relation to the cost of the institution and state services)	**114.598 PLN**
Unit cost of person injured (in relation to the loss of future income of the state budget)	**not estimated**

Tabela 2

Sumaryczny koszt pożarów w Polsce w 2012 roku

Rodzaj kosztów	Wartość
Pośrednie, w tym:	**2.147.819.443** zł
- Koszty ofiar śmiertelnych	467.033.520 zł
- Koszty osób rannych	479.707.228 zł
- Straty budżetu państwa	1.201.078.695 zł
Bezpośrednie (straty materialne)	**1.351.660.000 zł**
Razem:	**3.499.479.443** zł

Table 2

Total costs of fires in Poland in 2012

Type of costs	Value
Indirect, including:	**2.147.819.443 PLN**
- Cost of fire victims	467.033.520 PLN
- Cost of people injured	479.707.228 PLN
- Loss of state budget	1.201.078.695 PLN
Direct (property damage)	**1.351.660.000 PLN**
Total	**3.499.479.443 PLN**

4. Podsumowanie

Sumaryczny koszt pożarów w Polsce według danych za rok 2012, dostępnych danych statystycznych oraz prognoz wynosi 3.499.479.443 zł. Jest to suma kosztów jednostkowych działalności instytucji państwowych (administracyjnych i operacyjnych) oraz kosztów związanych z utratą przyszłych dochodów budżetu państwa. Oszacowany w ten sposób koszt nie zawiera strat związanych z ludzkim bólem i cierpieniem po utracie bliskiej osoby oraz strat związanych z utratą dochodów państwa i pracodawców na skutek czasowej niezdolności do pracy osób rannych w wyniku pożaru.

5. Wnioski

Z przeprowadzonej analizy wynika, iż szacowanie kosztów pożarów jest procesem bardzo złożonym i długotrwałym. Wymaga dostępu do pełnych i solidnych danych statystycznych oraz ciągłej aktualizacji przyjętej metodologii. Jednocześnie uzyskane wyniki potwierdzają znaczny wpływ kosztów pożarów na koszt funkcjonowania państwa i utratę przyszłych dochodów gospodarki krajowej. Każde działanie powodujące ograniczenie liczby pożarów oraz liczby ofiar i liczby osób rannych jest niewątpliwie efektywne ekonomicznie, chociaż nie jest to ani jedyny, ani najważniejszy argument za prowadzeniem tego typu przedsięwzięć.

W związku z powyższym należy stwierdzić, iż bardzo oczekiwanym w przyszłości działaniem byłoby wdrożenie programu badawczego w zakresie szczegółowego analizowania kosztów pożarów. Efektem programu badawczego, realizowanego w istniejących instytucjach PSP lub w ramach wyodrębnionego zespołu (np. wzorowanego na Krajowej Radzie Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego), byłoby wdrożenie właściwej metodologii szacowania kosztów pożarów oraz okresowe publikacje raportów z prowadzonych prac.

Publikacja powstała w ramach projektu nr DOBR-BIO4/050/13009/2013 pt. „Opracowanie systemowych rozwiązań wspomagających prowadzenie dochodzeń popożarowych wykorzystujących nowoczesne technologie w tym narzędzia techniczne i informatyczne” finansowanego przez NCBiR.

Literatura

1. Dane statystyczne KG PSP, www.kgpsp.gov.pl.
2. *Metoda oraz wycena kosztów wypadków i kolizji drogowych na sieci dróg w Polsce na koniec roku 2012, z wyodrębnieniem średnich kosztów społecznoekonomicznych zdarzeń drogowych na sieci TEN-T*, (Umowa nr TRD/15/13 z dnia 18.07.2013 r.), Jaździk-Osmólska A. (kier.), Instytut Badawczy Dróg i Mostów, Zakład Ekonomiki, Warszawa, sierpień 2013.
3. *Wiek produkcyjny* [w:] *Wikipedia. Wolna encyklopedia*, http://pl.wikipedia.org/wiki/ Wiek_produkcyjny [dostęp 16 stycznia 2014].
4. Prognoza ludności Polski na lata 2008-2035*,* Główny Urząd Statystyczny, Departament Badań Demograficznych.
5. *Produkt krajowy brutto* [w:] *Wikipedia. Wolna encyklopedia*, http://pl.wikipedia.org/wiki/ Produkt_krajowy_brutto [dostęp 16 stycznia 2014].
6. Prognoza wpływów i wydatków funduszu emerytalnego do 2060 roku, Zakład Ubezpieczeń Społecznych, Departament Statystyki, Warszawa, marzec 2010 r.
7. *Wytyczne dotyczące założeń makroekonomicznych na potrzeby wieloletnich prognoz finansowych jednostek samorządu terytorialnego*, Ministerstwo Finansów, Warszawa, 5 listopada 2013 r.

mł. bryg. dr inż. Mariusz Pecio – absolwent studiów II stopnia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego SGSP. W 2008 roku obronił doktorat w Akademii Finansów w Warszawie (praca na temat ryzyka pożarowego w ubezpieczeniach ogniowych). Od 2001 roku zatrudniony na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego SGSP, obecnie na stanowisku adiunkta. Autor wielu publikacji, referatów na konferencjach naukowych, uczestnik programów i projektów badawczych o zasięgu krajowym i międzynarodowym.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.5

mł bryg. mgr inż. **Robert MAZUR**[1]
st. bryg. mgr. inż. **Piotr GUZEWSKI**[2]

Przyjęty/Accepted/Принята: 17.11.2013;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 15.07.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

OCENA STOPNIA BEZPIECZEŃSTWA W ASPEKCIE STATYSTYK ZDARZEŃ ZA LATA 2000-2012. ANALIZA STATYSTYCZNA PRZYPUSZCZALNYCH PRZYCZYN POŻARÓW OBIEKTÓW MIESZKALNYCH W SKALI KRAJU I MIASTA[3]

Assessment of Safety Levels in the Context of 2000-2012 Statistics. A Statistical Analysis of Residential Building Fires Causes at the National and City Level

Оценка степени безопасности относительно статистики событий за 2000-2012 гг. Статистический анализ возможных причин пожаров жилых объектов на государственном и городском уровнях

Abstrakt

Cel: Artykuł jest ostatnią częścią cyklu publikacji pt. *Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń PSP,* zamieszczonych na łamach kwartalnika „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" CNBOP-PIB. Celem publikacji jest przegląd metodologii opisu przypuszczalnych przyczyn pożarów (PPP) w systemach raportowych straży pożarnych wybranych krajów Unii Europejskiej (UE). Artykuł dodatkowo przedstawia wyniki badań rozkładu PPP zarejestrowanych w *Informacjach ze zdarzeń PSP* za lata 2000-2012, dotyczących pożarów obiektów mieszkalnych w skali kraju (Polska) i miasta (Warszawa).

Wprowadzenie: Wstęp do wprowadzenia to najistotniejsze wnioski z poprzedzających bieżący artykuł publikacji nt. oceny stopnia bezpieczeństwa w aspekcie pożarów [2], miejscowych zagrożeń [3] i czasowo-przestrzennej charakterystyki pożarów obiektów mieszkalnych (POM) Warszawy [4]. Wprowadzenie zawiera przegląd struktury opisu PPP wraz z dodatkowymi danymi dotyczącymi przyczyn pożarów, zawartymi w raportach polskiej, brytyjskiej, szwedzkiej, fińskiej, węgierskiej i rumuńskiej straży pożarnej. Dodatkowo zawiera zarys wybranych funkcjonalności systemów wspomagających raportowanie w Polsce, Szwecji i Finlandii.

Metodologia: Badaniom poddano wyselekcjonowane z systemu raportowego PSP (SWD-ST) *Informacje ze zdarzeń* za lata 2000-2012 dotyczące wyłącznie POM. Wyselekcjonowane zdarzenia poddano procesowi geokodowania i wizualizacji w skali kraju – na podkładzie siatki kartograficznej 25 km – oraz aglomeracji warszawskiej – na podkładzie siatki kilometrowej. Przedstawiono ranking powiatów (miast) z największą i najmniejszą liczbą POM. Opisano strukturę PPP zagregowanych do poziomu kraju i Warszawy. Zbadano częstości występowania 37 PPP w stosunku do liczby POM. Przyczyny zgrupowano do kategorii czynnika ludzkiego (spowodowane przez człowieka działającego w sposób bezpośredni lub pośredni), czynnika technicznego (wady urządzeń, instalacji lub innych elementów konstrukcyjnych budynku) i nieznanych.

Wnioski: Wyniki badań wskazują na odmienną strukturę informacyjną systemów raportowych straży pożarnych UE w aspekcie przyczyn pożarów, jak również klasyfikacji zdarzeń. Na podstawie badań wnioskuje się, że najprawdopodobniej około 60% POM

[1] Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej; ul. Podchorążych 38, 00-463 Warszawa, rmazur@kgpsp.gov.pl / The National Headquarters of the State Fire Service, Warsaw, Poland;
[2] Polskie Towarzystwo Ekspertów Dochodzeń Popożarowych, ul. Iłłakowiczówny 15, 60-789 Poznań, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, Józefów / Polish Association of Fire Investigators (PAFI), Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland;
[3] Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.5

na poziomie kraju i 73% na poziomie miasta spowodowanych jest działaniem czynnika ludzkiego. Udział czynników technicznych kształtuje się odpowiednio na poziomie 19% i 11%, a nieznanych 21% i 16%.

Słowa kluczowe: pożary, bezpieczeństwo pożarowe, zagrożenia pożarowe, pożary obiektów mieszkalnych, statystyka pożarowa, przyczyny pożarów, dochodzenie popożarowe
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Abstract
Aim: This paper is the last in a series of research articles on the "Assessment of safety levels in the context of fire statistics of the Polish State Fire Service" (PSFS) published in "Safety & Fire Service Techniques" quarterly journal. The main purpose of the paper is to present an overview of methodology used to describe possible fire causes (PPP) in selected fire incident reporting systems of EU member states. The article also classifies causes in residential building fires, registered in the Polish State Fire Service reports for the years 2000-2012. The study involves examination of residential fires which, occurred nationally (Poland) and at city level (Warsaw).
Introduction: The starting point for this paper is provided by the most important conclusions from previous papers on the assessment of safety levels in context of fires [2], local hazards [3] and time and space related characteristics of residential building fires (POM) in the geographical information system (Warsaw case study) [4]. The introduction incorporates a review of PPP and data about causes of fires contained in reports produced by the Polish, British, Swedish, Finnish, Hungarian and Romanian Fire Services. This is followed by the authors' description of the main functionality of the Polish and Swedish incident reporting software.
Methodology: An analysis of data was performed for selected residential building fire incidents (POM), registered in the State Fire Service fire reporting system (SWD-ST) for the years 2000-2012. Data was geo-encoded and mapped on a 25 km cartography grid for national incidents and 1 km grid for the city of Warsaw. A ranking list of Administrative Districts (towns) was created, to reveal the highest and lowest number of residential fires (POM). The authors described the structure of PPP, contained in the Polish State Fire Service fire reporting system and explored the frequency distribution for each of them. The cause of fire was identified against one of three categories: human factor (caused directly or indirectly by humans), technical (caused by faulty devices, domestic appliances or other building structure defects) and unknown (unspecified).
Conclusions: The results indicate differences in the fire cause description structure for EU fire services reporting systems and emergency calls classification. Based on research, it is presumed that probably 60% of residential building fires at national level and 73% in Warsaw were caused by the human factor. Technical factors were attributed to 19% and 11% incidents correspondingly, and other factors were attributed to 21% and 16% of incidents correspondingly.

Keywords: fires, fire safety, fire hazards, residential builing fires, fire statistics, fire causes, fire investigation
Type of article: original scientific article

Аннотация
Цель: Статья является последней частью цикла публикаций под названием „Оценка степени безопасности относительно статистики событий" Государственной Пожарной Службы, опубликованных на страницах ежеквартального журнала „Безопасность и Пожарная Техника" CNBOP-PIB. Целью публикации является обзор методологий описания возможных причин пожаров (PPP) в системах отчётов пожарных служб в выбранных странах ЕС. Статья представляет также результаты исследований распределения возможных причин пожаров (PPP), зарегистрированных в „Сведениях о событиях PSP" за 2000-2012 годы, касающихся пожаров жилых зданий на уровне государства (Польша) и на городском уровне (Варшава).
Введение: Введение начинается с указания самых важных выводов из предшествующих этой статье публикаций на тему оценки безопасности относительно пожаров, местных угроз и временно-пространственной характеристики пожаров жилых зданий (POM) города Варшавы. Во вступлении представлен обзор структуры описаний возможных причин пожаров (PPP), содержашихся в отчётах польской, британской, шведской, финской, венгерской и румынской пожарных служб, вместе с дополнительными данными, касающимися их причин. Дополнительно, введение содержит очерк выбранных функциональностей систем, помогающих в составлению отчётов в Польше, Швеции и Финляндии.
Методология: Исследования проводили на основе выборки из системы отчётов PSP (SWD-ST) „Сведений о событиях" за 2000-2012 годы, касающихся исключительно пожаров жилых зданий (POM). Отобранные события были подверждены процессу геокодирования и визуализации на уровне страны – на основе картографической сетки площадью 25 км – а также варшавской агломерации – на основе километровой сетки. Представлен рейтинг районов (городов) с наибольшим и наименьшим числом пожаров жилых зданий (POM). Описана структура возможных причин пожаров (PPP) совокупных до уровня государства и Варшавы. Исследования провели над частотой появления 37 возможных причин пожаров (PPP) по отношению к числу пожаров жилых зданий. Причины были погруппированы по категориям человеческого, (пожары вызванные человеком, действующим непосредственно или специально), техногенного (дефекты устройств, инсталяций или других конструкционных элементов зданий) и неизвестного факторов.
Выводы: Результаты исследований показывают различную информационную структуру как систем отчётов пожарных служб ЕС относительно причин пожаров, так и классификации событий. Из исследований следует, что, вероятно, около 60% пожаров жилых зданий (POM), случившихся на уровне государства и 73% – на уровне города возникает вследствие воздействия человеческого фактора. Доля техногенных факторов исходится соответственно на уровне 19% и 11%, а неизвестных – 21% и 16%.

Ключевые слова: пожары, пожарная безопасность, пожарные угрозы, пожары жилых зданий, статистика пожаров, причины пожаров, расследование причин пожара
Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wprowadzenie

Bezpieczeństwo pożarowe, w szerokim tego słowa znaczeniu, stanowi przedmiot gorących dyskusji społecznych, naukowych i badawczych. Na przestrzeni ostatnich kilku lat pojawił się szereg publikacji poruszających wieloaspektową charakterystykę bezpieczeństwa pożarowego. Jedną z nich, będącą inspiracją do napisania niniejszego artykułu, jest pozycja P.G. Halborna, P.F. Nolana i J. Golta, w której autorzy podejmują rozważania nad wpływem źródła zapłonu, miejsca inicjacji pożaru, typu materiału ulegającego zapaleniu w początkowej jego fazie, przypuszczalnych przyczyn i wielu innych, na liczbę ofiar pożarów obiektów mieszkalnych w Londynie [1].

Niniejsza publikacja stanowi kontynuację, a jednocześnie zamyka cykl czterech artykułów nt. *Oceny stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń za lata 2000-2012,* opublikowanych na łamach kwartalnika „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" CNBOP-PIB. Autorzy ocenili w nich poziom bezpieczeństwa przez pryzmat pożarów [2], miejscowych zagrożeń w skali kraju [3] oraz czasowo-przestrzennej charakterystyki zagrożeń pożarowych obiektów mieszkalnych (POM) Warszawy [4].

Najistotniejsze wnioski publikacji [2] i [3], zaobserwowane dla okresu 2007-2012, to 47% pożarów pojawiających się w klasie innych obiektów oraz 22% w uprawach i rolnictwie[4]. Zdecydowana większość zdarzeń generowana jest odpowiednio przez pożary śmietników, zsypów, wysypisk śmieci, traw na poboczach dróg i szlaków komunikacyjnych oraz pożary nieużytkowanych powierzchni rolnych, upraw, łąk, rżysk. Istotnym wnioskiem jest fakt, że pożary w obiektach mieszkalnych stanowią ok. 17% ogółu pożarów, zaś odsetek rannych i ofiar śmiertelnych sięga odpowiednio ok. 75% i 81% poszkodowanych we wszystkich pożarach [2].

Konkluzja analizy statystycznej miejscowych zagrożeń (MZ) to ok. 31% ogółu zdarzeń koncentrujących się na obiektach mieszkalnych (39% inne obiekty, 20% środki transportu). Liczba interwencji generowana jest odpowiednio uwalnianiem osób z mieszkań, wind, podejrzeniem zatrucia tlenkiem węgla, pomocy policji w otwarciu mieszkań (usuwanie skutków anomalii pogodowych – wiatrołomy, intensywne opady deszczu – w innych obiektach; wypadki w komunikacji drogowej, kolejowej, lotniczej, awaryjne lądowania – w środkach transportu). Wskaźniki wypadkowości MZ w obiektach mieszkalnych osiągają ok. 8% wszystkich rannych i 22% wszystkich ofiar śmiertelnych (inne obiekty: 4% rannych, 25% śmiertelnych; środki transportu: 86% rannych, 49% śmiertelnych) [3].

Najważniejsze postulaty czasowo-przestrzennej charakterystyki POM Warszawy, za okres 2000-2012, to tendencje do tworzenia się skupień w miejscach o zwartej zabudowie mieszkalnej z przewagą starych kamienic i osiedli „z wielkiej płyty". Liczba pożarów nasila się w godzinach 7-20, osiągając maksimum pomiędzy godziną 18-20, a następnie w godzinach od 21 do 4 rano jednostajnie spada, osiągając minimum pomiędzy godziną 5-6. Trudno wyróżnić dni tygodnia, w których częstość zdarzeń ma charakter dominujący, jednakże w czwartki, piątki, soboty i niedziele zauważa się niewielką tendencję rosnącą. Do miesięcy o największej liczbie interwencji zaliczamy: grudzień, styczeń, luty – mające związek z okresem grzewczym – oraz czerwiec, lipiec, sierpień – miesiące o wzmożonym ruchu dzieci i młodzieży (pożary śmieci, zsypów, szybów windowych, klatek schodowych, kanałów wentylacyjnych, pustostanów itp.) [4].

2. Metodologia opisu przypuszczalnych przyczyn pożarów

Polska

W nomenklaturze krajowej „Przypuszczalna Przyczyna Pożaru" (PPP) rozumiana jest jako subiektywna ocena najbardziej prawdopodobnej przyczyny powstania pożaru, określana przez Kierującego Działaniami Ratowniczymi. Jej umocowanie prawne znajduje się w załączniku nr 6 rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji [6], gdzie zamieszczono wzór *Informacji ze zdarzenia* (IZ) wraz z objaśnieniami do jej sporządzenia. Punkt 29 instrukcji zawiera wykaz PPP oznaczonych kodami 01÷37 dla pożarów (Tabela 3) i 01÷38 dla miejscowych zagrożeń. Dodatkowo wzór dopuszcza krótki opis przyczyny powstania zdarzenia. Wykaz PPP znajduje się w części „Rezultaty badań".

Informatyczną implementacją IZ jest moduł EWID systemu SWD-ST[5], umożliwiający m.in. tworzenie, przeglądanie, edycję, filtrowanie „meldunków", generowanie wstępnych zestawień statystycznych, dystrybucję i eksport danych. Wraz z funkcjonalnie powiązanym modułem Zestawienia-ST, gdzie zaimplementowane są zestawy tabel stałych, dodatkowych, zestawień użytkownika, z możliwością konfiguracji filtrów Ewid-Stat, stanowią one podstawowe narzędzie obróbki statystycznej danych. Innymi istotnymi elementami systemu są:

- Rejestr wyjazdów (filtrowanie Informacji ze zdarzeń; wyszukiwanie sił i środków; przeglądanie kart zdarzeń),
- Baza sił i środków (baza teleadresowa jednostek; baza sił i środków z wykazem ludzi, pojazdów, sprzętu ratowniczego, logistycznego, środków gaśniczych, neutralizatorów; odwodów operacyjnych),
- Centrum informacyjne systemu (bramka SMS; komunikator; archiwum wiadomości; terminarz; grafik),
- Raporty (obsad osobowych; ze służby; duża informacja dobowa) [6-8].

[4] Wg rozporządzenia [6] miejsce prowadzenia działań ratowniczych dzieli się na: obiekty użyteczności publicznej, mieszkalne, produkcyjne, magazynowe, środki transportu, lasy (państwowe i prywatne) i inne. Do klasy innych obiektów zalicza się m.in.: śmietniki wolnostojące, zsypy, pomieszczenia zsypowe, śmietniki wewnątrz budynków, garaże, warsztaty samochodowe poza budynkami i wewnątrz budynków, trawy, trawniki na terenach nierolniczych, poboczach dróg i szlaków, ulic. W uprawach i rolnictwie uwzględniono np.: nieużytkowane powierzchnie rolnicze, uprawy rolne oraz łąki, rżyska i pożary powstałe podczas zbiorów tych upraw, sterty, stogi, brogi. Obiekty mieszkalne to m.in.: hotele, noclegownie, domy dziecka, internaty, domy studenckie, domy emerytów, schroniska, budynki jednorodzinne, w tym bliźniaki, zabudowa szeregowa, budynki wielorodzinne itp.

[5] System Wspomagania Decyzji PSP działający obecnie w wersji 2.5 w Komendach Powiatowych (Miejskich) PSP oraz 3.0 w Komendach Wojewódzkich i Komendzie Głównej PSP.

BiTP Vol. 35 Issue 3, 2014, pp. 47-59
DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.5

Wielka Brytania

PPP zawarte w systemie raportowym IRS (ang. *Fire and Rescue Service Incident Recording System*)[6] Straży Pożarnej Wielkiej Brytanii opisuje jeden z 5 motywów (ang. *motive*), do których zalicza się: przypadkowe powstanie pożaru (ang. *accidental*), celowe na własności (ang. *deliberate – own property*), celowe na cudzej własności (ang. *deliberate – others property*), celowe na własności osoby nieznanej (ang. *deliberate – unknown owner*), nieznane (ang. *not known*)[7]. Na podstawie dostępnych dowodów motyw doprecyzowany jest jedną z 34 przyczyn (ang. *cause*), ujętych w formie słownika katalogowego. Wśród nich znajdują się m.in.:

- wady urządzeń dostarczających gaz, elektryczność, produkty paliwowe,
- wady wyposażenia lub sprzętu gospodarstwa domowego,
- gotowanie – sprzęt do smażenia/frytkownice,
- zaniedbania w użyciu wyposażenia, sprzętu gospodarstwa domowego,
- zabawa z ogniem lub innymi źródłami ciepła,
- nieuważne obchodzenie się – spowodowane snem lub brakiem świadomości,
- palne produkty zbyt blisko źródeł zapłonu lub pożaru (i odwrotnie),
- wypadek lub kolizja pojazdu,
- pożary kominowe,
- ognisko pożaru wydostające się poza kontrolę,
- próba samobójcza: samopodpalenie,
- próba morderstwa: podpalenie innych osób,
- nagromadzenie się materiałów palnych itp.

Motyw wraz z przyczyną definiowane są w miarę możliwości przez dowodzącego w początkowej fazie organizacji działań dla pożarów pierwszorzędnych (ang. *Primary Fires*), drugorzędnych (ang. *Secondary Fire*s)[8] i pożarów kominowych (ang. *Chimney Fires*) [9].

Istotnym elementem różniącym zawartość informacyjną polskiego i brytyjskiego systemu ewidencjonowania działań ratowniczo-gaśniczych jest określanie w raportach brytyjskich:

- przedziału wiekowego osoby powodującej pożar: Dziecko (0-9); Młodzież (10-17); Dorośli (18-64); Seniorzy (65 plus) itp.;
- czynnika ludzkiego wpływającego na powstanie zdarzenia: niepełnosprawność; tymczasowy brak poczytalności; czynniki medyczne; choroba; zaśnięcie itp.;
- źródła zapłonu (ok. 80 pozycji katalogowych), wg kategorii: urządzenia do gotowania/pieczenia – kuchenka gazowa, elektryczna, piec, mikrofalówka, toster, itp.; inne urządzenia/sprzęt domowy – lodówka, TV, DVD, pralka, itp.; oświetlenie – światła punktowe, fluorescencyjne itp.;
- pierwszego materiału ulegającego zapłonowi (ok. 40 pozycji katalogowych) wg kategorii: roślinność – drzewa, uprawy, słoma, itp.; wyposażenie wnętrza – łóżko/materac, zasłony, rolety itp.;
- miejsca powstania pożaru (ok. 25 pozycji dla obiektów mieszkalnych), np. łazienka, sypialnia, korytarz, pokój gościnny itp. [9].

W stosunku do zdarzeń, w których pojawiła się przynajmniej 1 ofiara śmiertelna, na miejsce zdarzenia wzywana jest specjalna grupa dochodzeniowa[9] [1].

Ustalanie przyczyn pożarów odbywa się na trzech poziomach. Poziom pierwszy to dochodzenia podstawowe prowadzone przez Kierującego Działaniami Ratowniczymi, czasami wspierane przez oficera z przygotowaniem kierunkowym. Większość pożarów drugorzędnych o niedużej powierzchni, które nie stworzyły istotnych zagrożeń, są ustalane na pierwszym poziomie. Poziom drugi to dochodzenia prowadzone przez przeszkolone i zorganizowane grupy, w skład których wchodzi strażak oraz policjant. Na tym poziomie ustalane są przyczyny pożarów, w których podejrzewa się, że mogło dojść do podpalenia lub też wystąpiły duże straty oraz zagrożenie dla ludzi i mienia. Poziom trzeci to dochodzenia zaawansowane prowadzone z udziałem grup specjalistów z różnych dziedzin nauki, których udział jest niezbędny do ustalenia okoliczności powstania i rozprzestrzenienia się pożaru. Dochodzenia na trzecim poziomie prowadzone są w przypadku dużych pożarów, wystąpienia znacznych strat, ofiar oraz w przypadkach, gdy dochodzenie na drugim poziomie jest nieskuteczne i wymaga wsparcia zespołu eksperckiego [19].

Szwecja

Na przestrzeni 1988-1995 roku szwedzkie służby ratownicze opracowywały statystyki działań na bazie papierowych kwestionariuszy, po czym przesyłały je w systemie rocznym do straży pożarnych poziomu miejskiego. Brak wspólnych terminów, definicji, pojęć, procedur raportowych był największym wówczas problemem, stąd też stał się motywem do opracowania formy raportu krajowego. Zadania podjęły się stowarzyszenia Oficerów Pożarnictwa, Władz Lokalnych oraz Agencja Służb Ratowniczych. W 1996 r. wprowadzono wzór raportu w formie papierowej, jak również informatycznego system reago-

[6] System raportowania działań brytyjskiej Straży Pożarnej (dodatkowe informacje patrz [10]).

[7] *Accidental:* zainicjowanie pożaru przypadkowe lub przez nieuwagę. Pożary przypadkowo wymykające się spod kontroli, np. zainicjowane przez paleniska lub kominki, dzieci, chyba że są dowody, aby sądzić inaczej. *Deliberate – own property*: zainicjowane umyślnie. Własność odnosi się do zwykłych użytkowników, włączając w to dzieci w ich własnych mieszkaniach. *Deliberate – others property:* zainicjowane celowo przez osobę niebędącą właścicielem własności. Pożary obiektów niemieszkalnych, w które właściciel nie jest zaangażowany, np. pożary obiektów biurowych, samochodów. *Deliberate – unknown owner:* zainicjowane celowo, gdzie nie można określić właściciela. *Not known:* używane w przypadkach, gdy jest to absolutnie konieczne i zachodzi ogólna wątpliwość dot. przyczyny, motywu pożaru (tłum. własne na podstawie [9]).

[8] *Primary Fires:* pożary budynków, pojazdów, innych konstrukcji, jak również te, w których pojawiły się ofiary, a działania ratownicze prowadzone były przez 5 i więcej zastępów. *Secondary Fires:* pożary nieujęte w klasie *Primary*, niebędące pożarami kominowymi obiektów mieszkalnych, niezawierające poszkodowanych i prowadzone przez cztery lub mniej zastępów (tłum. własne na podstawie [9]).

[9] London Fire Brigade Fire Investigation Unit (LFB) [1].

wania i raportowania. W 2008 roku na rynku funkcjonowały trzy systemy agregujące i integrujące dane przez *Swedish Civil Contingencies Agency* (MSB)[10] na poziomie krajowym [11].

Według stanu na 2012 rok w Szwecji funkcjonuje zintegrowany system wspomagania decyzji w obszarze prewencji i zarządzania kryzysowego – RIB[11]. Na moduły funkcjonalne systemu składają się:

- baza danych substancji niebezpiecznych z informacją nt. parametrów fizyko-chemicznych, doświadczeń uzyskanych z akcji z udziałem substancji, numerami telefonów ekspertów,
- baza sił i środków służb ratowniczych, firm, organizacji z funkcją wyszukiwarki i wizualizacji na mapie kraju,
- moduł wspomagania operacyjnego umożliwiający rejestrację zdarzeń, decyzji, zasobów zaangażowanych w działania, taktykę działań,
- moduł analityczno-statystyczny.

RIB to również dostęp do programów zarządzania ryzykiem, skutków (RISKERA), dowodzenia i monitorowania zgłoszeń alarmowych (LUPP), szacowania rozprzestrzeniania się substancji chemicznych w glebie (CHEMICAL SPILL) i powietrzu (BFK), symulacji emisji gazów propan-butan (LPG) i 13 innych [12], [14].

Oprócz systemu RIB, w celu prowadzenia wspólnej świadomości operacyjnej służb ratowniczych i zarządzania kryzysowego, MSB uruchomiło system WIS[12] i RAKEL.

Według raportu rocznego MSB zgłoszenia alarmowe klasyfikowane są jako: alarmy fałszywe (AF) związane z pożarami, generowane przez pożarowe/gazowe techniczne systemy zabezpieczeń (ang. *False Fire Call – apparatus*); AF związane z pożarami w dobrej/złej wierze, generowane przez osoby postronne (ang. *False Fire Call – good intent/malicious*); AF w dobrej/złej wierze, związane z działaniami ratowniczymi (ang. *False Rescue Call – good intent/malicious*); pożary obiektów budowalnych (ang. *Building Fire*); pożary inne niż pożary obiektów budowlanych (ang. *Non-Building Fire*); wypadki w komunikacji (ang. *Traffic Accident*); emisja substancji niebezpiecznych (ang. *Emission of Dangerous Substance*), utonięcia (*ang. Drowning*); inne działania ratownicze (*ang. Other Rescue*) [11].

Bezpośrednia przyczyna pożaru definiowana jest jako akcja lub fizyczny/chemiczny proces prowadzące do rozwoju pożaru. Statystyki PPP bazują na opinii dowodzącego, określane są po powrocie do jednostki, dlatego nie są tak wiarygodne jak rezultaty dochodzeń popożarowych prowadzonych przez policję lub straż pożarną. Raport statystyczny MSB rozróżnia PPP obiektów budowlanych mieszkalnych i przemysłowych, zgodnie z wykazem Tabeli 1 [11].

Tabela 1.
Klasyfikacja przyczyn pożarów obiektów mieszkalnych i przemysłowych w Szwecji

Table 1.
Residential and industrial fire causes of ignition in Sweden

Przyczyny pożarów obiektów mieszkalnych (Housing fire cause of ignition)	**Przyczyny pożarów obiektów przemysłowych (Industrial fire cause of ignition)**
Pożary kominowe Chimney fires	Wady techniczne Technical faults
Sprzęt kuchenny pozostawiony bez opieki Cooking appliance left on	Transfer ciepła Heat transfer
Wady techniczne Technical faults	Tarcie Friction
Podpalenie Arson	Iskry Sparks
Transfer ciepła Heat transfer	Prace pożarowo niebezpieczne Hot works
Palenie produktów tytoniowych Smoking tobacco products	Samozapłon Spontaneous combustion
Świece Candles	Podpalenie Arson
Iskry Sparks	Eksplozja Explosion
Samozapłon Spontaneous combustion	Sprzęt kuchenny pozostawiony bez opieki Cooking appliance left on
Nieostrożność dzieci w posługiwaniu się ogniem Children playing with fire	Ponowne zapalenie Re-ignition
Fajerwerki Fireworks	Inne Other
Inne Other	Nieznane Unknown
Nieznane Unknown	–

Źródło: Opracowano na podstawie [11 s. 19-22].
Source: Compiled based on [11 pp. 19-22].

Finlandia

Od 2000 roku w Finlandii funkcjonuje system PRONTO, działający na zasadzie przeglądarki internetowej, opracowany przez Ministerstwo Spraw Wewnętrznych, a rozwijany i utrzymywany od 2006 roku przez *Emergency Services College*. System, z którego w Finlandii korzysta ok. 4100 użytkowników, umożliwia pozyskiwanie danych m.in. na temat [14]:

[10] Od stycznia 2009 MSB przejęła kontrolę nad pracami: Agencji Służb Ratowniczych (ang. *the Swedish Rescue Services Agency*), Agencji Zarządzania Kryzysowego (ang. *the Swedish Emergency Management Agency*), Krajowej Rady Bezpieczeństwa Obrony Psychologicznej (ang. *the Swedish National Board of Psychological Defence*). Zakres odpowiedzialności MSB to sprawy związane z ochroną ludności, zarządzaniem kryzysowym i obroną cywilną [11], [12].

[11] RIB (ang. *Integrated Decision Support System*) – Zintegrowany System Wspomagania Decyzji [13].

[12] WIS (ang. Web-based Information System) – działający na zasadzie przeglądarki internetowej krajowy system opracowany w celu współdzielenia informacji pomiędzy służbami ratowniczymi, zarządzania kryzysowego przed, w trakcie i po interwencjach kryzysowych. RAKEL – krajowy, cyfrowy system telekomunikacyjny służb ratowniczych, podmiotów ochrony ludności, bezpieczeństwa publicznego, ratownictwa medycznego i ochrony zdrowia [12], [13].

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.5

- zgłoszeń alarmowych (data i czas zgłoszenia, adres, koordynaty, dane o pojazdach uczestniczących w zdarzeniach, statusach, itp.),
- zdarzeń, podejmowanych działań (lokalizacja, rozmiar pożaru, przyczyna pożaru, liczba ofiar w ludziach, poziom zaangażowania służb ratowniczych),
- informacji o obiekcie (dane podstawowe, konstrukcja nośna, liczba wyjść ewakuacyjnyc, wyposażenie przeciwpożarowe;, szacunkowe straty, inne uwagi nt. poprawy bezpieczeństwa pożarowego obiektu itp.),
- typu działań operacyjnych (pożary obiektów mieszkalnych jedno- i wielorodzinnych, biurowych, handlowych, pojazdów, lasów, traw, nieużytków, wypadków drogowych, zdarzeń z udziałem materiałów niebezpiecznych, alarmów fałszywych, itp.).
- przypuszczalnych przyczyn powstania pożaru.

System raportowania klasyfikuje PPP obiektów budowlanych, (ang. *structural fires*), rozumianych jako obiekty mieszkalne jedno-, wielorodzinne, apartamenty, bloki, obiekty biurowe, centra handlowe, jak również lasów, upraw, nieużytków (ang. *wildfire*) wg struktury danych zawartych w tabeli 2 [14].

Węgry

System zbierania danych o interwencjach na Węgrzech zakłada wypełnianie raportu ze zdarzenia na poziomie miejscowej straży pożarnej, a następnie przesyłanie go do właściwego, Powiatowego Dyrektoriatu Zarządzania Kryzysowego. Zbiorcze informacje dystrybuowane są w systemie miesięcznym do Centrum Informacyjnego Głównego Dyrektoriatu Zarządzania Kryzysowego, gdzie poddawane są kwartalnym, rocznym agregacjom.

Na Węgrzech na mocy ustawy o ochronie przeciwpożarowej dochodzenia w sprawach o pożary należą do obowiązków węgierskiej straży pożarnej. Obowiązek prowadzenia dochodzenia popożarowego spoczywa na właściwym terenowo komendancie straży pożarnej. Ogólne zasady prowadzenia dochodzeń zostały ujęte w Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych. Rozporządzenie wymienia interwencje, które nie są kwalifikowane jako pożary z perspektywy procesu dochodzeniowego i z tego też powodu w odniesieniu do nich nie muszą być prowadzone czynności wyjaśniające zaistnienie. Są to na przykład zdarzenia, w których:

- powstały szkody na skutek emisji ciepła od uszkodzonych urządzeń elektrycznych pod warunkiem, że do-

Tabela 2.

Przypuszczalne przyczyny pożarów obiektów budowlanych, lasów, upraw, nieużytków w Finlandii

Table 2.

Causes of buildings fires and wildfires in Finland

Przyczyny pożarów obiektów budowlanych (Causes of building fires)		**Przyczyny pożarów lasów, upraw, nieużytków (Causes of wildfires)**	
Podpalenie Arson		Podpalenie Arson	
Pożary otwarte	zabawa ogniem przez dzieci children playing with fire	Pożary otwarte	zabawa ogniem przez dzieci children playing with fire
	prace pożarowo niebezpieczne hot works		prace pożarowo niebezpieczne hot works
	zapałki i inne źródła ognia matches and other sources of fire		zapałki i inne źródła ognia matches and other sources of fire
	papierosy, inne produkty tytoniowe cigarettes, other tobacco products		papierosy, inne produkty tytoniowe cigarettes, other tobacco products
	świece, świece zewnętrzne candles, outdoor candles		ogniska, grillowanie bonfires, barbecue
			pożary śmieci rubbish fires
maszyny, urządzenia, procesy: - urządzenia elektryczne machines, appliances, processes: - electrical appliances		maszyny, urządzenia, procesy: - urządzenia elektryczne machines, appliances, processes: - electrical appliances	
gorące przedmioty, popiół, iskry hot objects, ash, sparks		gorące przedmioty, popiół, iskry hot objects, ash, sparks	
kominki, przewody kominowe: - pożary kominowe fireplace, chimney flues: - chimney fires		kominki, przewody kominowe fireplace, chimney flues	
ciepło wydzielane od tarcia, samozapłon heat generated from friction, spontaneous combustion		ciepło wydzielane od tarcia, samozapłon heat generated from friction, spontaneous combustion	
zapalenie, wybuch ignition, explosion		zapalenie, wybuch ignition, explosion	
zjawiska naturalne natural phenomena		zjawiska naturalne: wyładowania atmosferyczne natural phenomena: atmospheric discharges	
inne znane przyczyny other known reasons		inne znane przyczyny other known reasons	
przyczyny nieznane unknown reasons		przyczyny nieznane unknown reasons	

Źródło: Opracowano na podstawie [14].
Source: Compiled based on [14].

szło tylko do uszkodzenia izolacji przewodów, a ogień nie rozprzestrzenił się poza urządzenie,
- doszło do przypalenia powierzchni tekstylnych od źródeł ciepła
- doszło do eksplozji fizycznych bez udziału ognia,
- doszło do pożaru, ale nie wystąpiły duże straty np. pożary suchych traw itp. [15].

Raporty ze zdarzeń dotyczące PPP sporządzane są przez specjalnie przeszkolonych funkcjonariuszy pionu prewencji węgierskiej straży pożarnej. W przypadku ich nieobecności Kierujący Działaniem Ratowniczym inicjuje dochodzenie popożarowe, wypełniając „meldunek" zawierający głównie dane na temat działań ratowniczo-gaśniczych (12 punktów) oraz 4 punkty dotyczące przyczyn pożaru. Zakres informacyjny raportu zawiera m.in. miejsce powstania pożaru, przedział czasowy, dział (rolnictwo, zakłady przemysłowe, budynki szkół, obiekty handlowe, hotele itp.), obiekt (lasy, produkty drewniane, towary magazynowane, łąki, pojazdy transportowe itp.). PPP zgrupowane są w 8 kategoriach związanych z:
- elektrycznością (wyładowania atmosferyczne, iskry elektryczne, elektrostatyczne, niewłaściwy obieg elektryczny, zwarcie, zwiększony opór elektryczny itp.),
- wybuchami (fizyczne zbiorników ciśnieniowych, gazowych; chemiczne eksplozje gazów palnych, zbiorników gazowych, pyłów, oparów; materiałów pirotechnicznych),
- działaniem otwartego ognia (spawanie gazowe, elektryczne; iskry mechaniczne; płomienie ognisk, ściółki, ściernisk, rżysk; płomienie pochodni, świec; przypalanie potraw),
- gwałtownymi zapłonami (produkty rolne; oleje; reakcje chemiczne),
- błędami technologicznymi (nadużycia, niedoskonałości technologiczne; błędy konstrukcyjne, instalacyjne, materiałowe; tarcia)
- ekspozycją na inne źródła ognia (wyposażenie cieplne – rozżarzony węgiel, popiół, wyciek rozgrzanego materiału, przegrzanie, transfer ciepła; suszarki przemysłowe w gospodarstwach rolnych; wyposażenie piekarni),
- palącymi się produktami tytoniowymi,
- innymi przyczynami (pożar choinek świątecznych; pożary pojazdów – błędy systemu dopływu paliwa, elektrycznego, kolizje, wypadki),
- nieznanymi przyczynami.

Dodatkowym elementem formularza statystycznego jest informacja, czy inicjatorem zdarzenia był czynnik ludzki (tak, nie), zakres odpowiedzialności (winny, niewinny) oraz przypuszczalny typ przestępstwa (wykroczenie kryminalne, niewielkie wykroczenie) [16].

Rumunia

Według Generalnego Inspektoratu Zdarzeń Kryzysowych Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji (GIZK) klasyfikacja interwencji służb ratowniczych obejmuje: pożary (7%), pomoc ludziom (2%)[13], niekontrolowane pożary traw, nieużytków z wyłączeniem pożarów lasów (7%), akcje związane z ochroną społeczeństwa (2%), asysty służb medycznych (79%), inne nagłe wypadki (3%).

Sposób raportowania zdarzeń zakłada wypełnienie przez Kierujących Działaniami Ratowniczymi określonej formy raportu, weryfikację poprawności sporządzenia przez oficera odpowiedzialnego za koordynację działań, a następnie przesłanie w trybie bezpiecznego połączenia internetowego do GIZK. W sytuacji gdy raport zawiera braki informacyjne, może zostać poddany korekcie na żądanie GIZK.

Dane statystyczne GIZK za lata 2003-2012 uwzględniają następujące okoliczności powstania pożarów: błędy w okablowaniu instalacji elektrycznych (20,6%); wady urządzeń grzewczych – źle wykonane lub pozostawione bez nadzoru (12,6%); osprzęt elektryczny pod napięciem – ogrzewanie elektryczne, elementy oświetlenia, pracujące źródła zasilania itp. (5,4%); nieoczyszczone, błędnie działające przewody kominowe (30,2%); popiół, rozżarzone produkty, iskry z systemów grzewczych (4,0%); dym (6,3%); podpalenie (6,1%); oddziaływanie płomieni (8,2%); inne okoliczności (6,6%) [20].

3. Metodologia badań

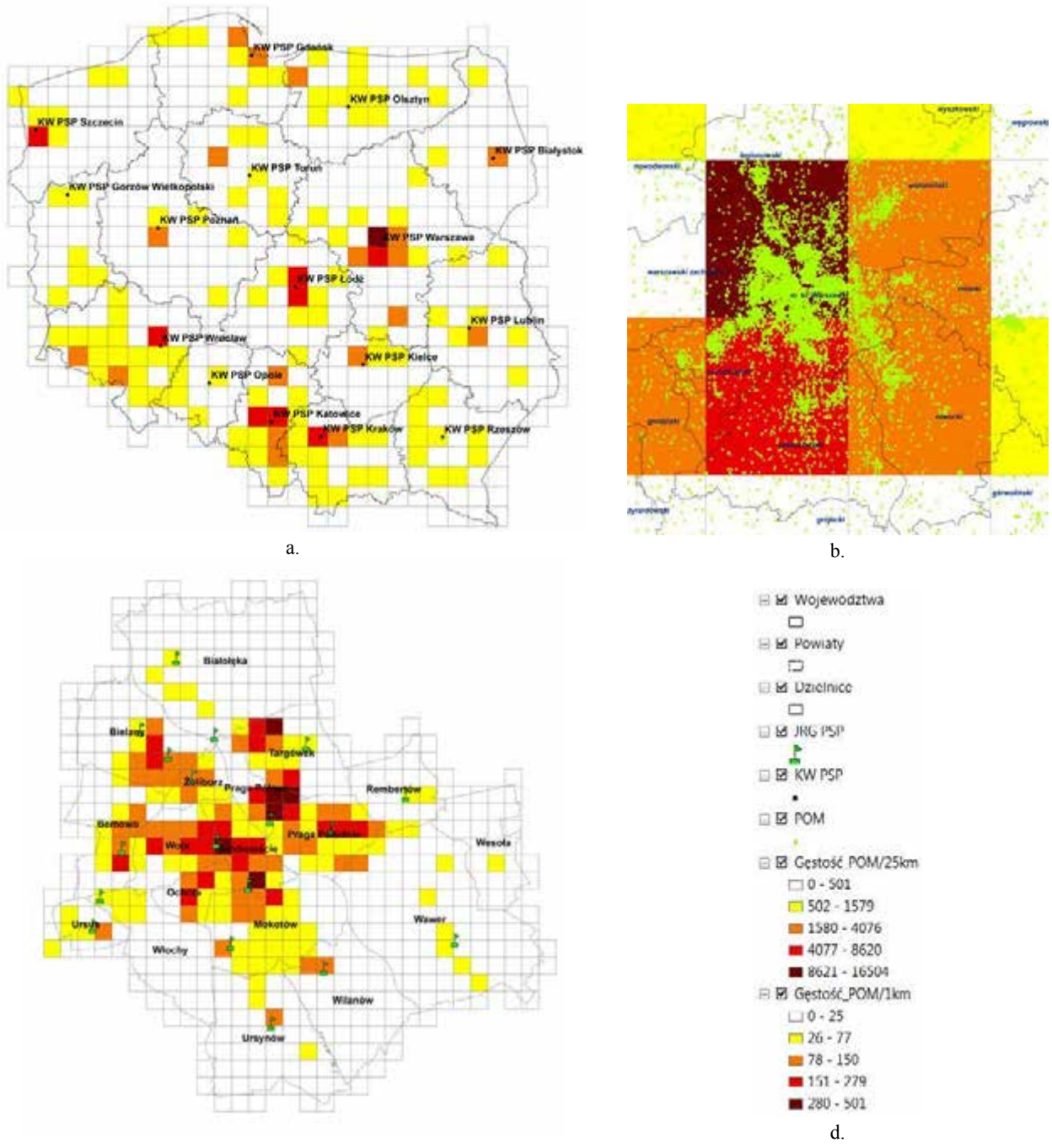
Analizie i ocenie poddano PPP obiektów mieszkalnych za lata 2000-2012. Liczba wszystkich pożarów w badanym okresie wynosi 2.078.245 w skali kraju (Warszawa: 75.814), z czego w przypadku 296.541 zdarzeń (Warszawa: 19.443) pożar pojawił się w budynkach mieszkalnych jednorodzinnych (bliźniaki, zabudowa szeregowa, kod 208), wielorodzinnych (kod 209) lub mieszkalnych w gospodarstwach rolnych (kod 210)[14]. Oznacza to, że udział pożarów „mieszkaniówki", w odniesieniu do wszystkich pożarów, wynosi ok. 14% dla kraju i ok. 25% w stolicy.

Statystyczną bazę referencyjną badań stanowią *Informacje ze zdarzeń* pobrane z bazy danych systemu SWD-ST (v. 2.0, 2000-2009; v. 3.0, 2010-2012) wraz z numerem jednostki ratowniczo-gaśniczej, w rejonie której powstał pożar, numerem „meldunku", długością i szerokością geograficzną, nazwą miejscowości, ulicą, obiektem, PPP, datą zgłoszenia do stanowiska kierowania PSP, poszkodowanymi (rannymi, ofiarami śmiertelnymi). Wyselekcjonowane raporty przeniesiono do systemu informacji przestrzennej (GIS) i poddano procesowi geokodowania na podstawie koordynat. W rezultacie otrzymano mapę wektorową w postaci punktów opisujących lokalizację POM wraz z powyższymi atrybutami. Na jej podstawie obliczono rozkład gęstości pożarów na podkładzie siatki 25 km dla kraju (ryc. 1a.) i kilometrowej dla stolicy

[13] Np. pomoc osobom z nadwagą w transporcie do szpitala, pomoc w otwarciu drzwi do mieszkania w przypadku zagubienia kluczy itp.

[14] Zgodnie z punktem 25 Informacji ze zdarzenia PSP obiekt (dział), rozumiany jest jako podstawowe lub dodatkowe miejsce powstania zdarzenia, oznaczony systemem kodowym od 101 – obiekty administracyjno-biurowe, banki (klasa obiektów użyteczności publicznej), do 819 – inne nietypowe obiekty, budynki, instalacje (klasa innych obiektów) [5-6].

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.5



Ryc. 1. Gęstość pożarów obiektów mieszkalnych za lata 2000-2012. a. Polska, b. aglomeracja warszawska, c. Warszawa, d. Legenda
Fig. 1. Residential building fires density in 2000-2012. a. Poland, b. Warsaw agglomeration, c. Warsaw, d. Legend
Źródło: Badania własne na podstawie danych statystycznych Komendy Głównej PSP (KG PSP), GIS Głównego Urzędu Geodezji i Kartografii, Biura Geodezji i Katastru Urzędu Miasta Stołecznego Warszawa.
Source: Own research based on the statistical data of The National Headquarters of the State Fire Service (HSFS), The Main Geodesy and Cartography Office and The Warsaw Geodesy and Cartography Bureau GIS data.

(ryc. 1c.)[15]. Należy podkreślić, że oszacowanie gęstości obarczone jest nieznacznym błędem statystycznym wynikającym z jakości koordynat. Z drugiej zaś strony, mając na uwadze cel badań, zakres i czasokres badanego zjawiska (prawo wielkich liczb)[16], zdaniem autorów, przyjęte modelowanie daje satysfakcjonujące wskaźniki.

4. Rezultaty badań

4.1. Pożary obiektów mieszkalnych

Zgodnie z przewidywaniami duża (4-8,6 tys.) i bardzo duża (8,6-16,5 tys.) gęstość POM dominuje w aglomeracjach charakteryzujących się zwartą zabudową mieszkalną, takich jak: Warszawa, Łódź, Katowice, Kraków, Wro-

[15] Analizy przestrzenne opracowano na podstawie systemu ArcGIS 10.0 firmy ESRI [18].
[16] „Z prawdopodobieństwem dowolnie bliskim 1 można się spodziewać, iż przy dostatecznie wielkiej liczbie prób częstość danego zdarzenia losowego będzie się dowolnie mało różniła od jego prawdopodobieństwa" (J. Bernoullie w książce *Ars Conjectandi,* rok 1713).

cław, Szczecin, Poznań, Gdańsk (Ryc. 1a.). Uzupełniająca analiza GIS dotycząca rankingu powiatów pod względem liczby POM, zagregowanych na podstawie przynależności koordynat do jednostek podziału administracyjnego, wskazuje, że najwięcej notuje się ich dla powiatów: m.st. Warszawa, m. Łódź, m. Wrocław, zaś najmniej dla skierniewickiego, leszczyńskiego i rawickiego. Listę rankingową 10 powiatów o największej i najmniejszej liczbie POM przedstawia Tabela 3.

Na szczególną uwagę zasługuje aglomeracja warszawska (Ryc. 1, a., b.), gdzie na powierzchni 2500 km^2 odnotowano blisko 9% wszystkich zdarzeń w kraju za okres 12 lat. Dla północno-zachodniej części aglomeracji gęstość pożarów kształtuje się na poziomie 8,5-16,5 tys. zdarzeń, południowo-zachodniej 4-8,5 tys., a wschodniej 1,5-4 tys.. Oszacowano, że w samej Warszawie i powiatach ościennych w 26062 przypadkach miejscem wystąpienia pożaru były właśnie obiekty mieszkalne.

W aglomeracji warszawskiej gęstość skupień zdarzeń wyraźnie uwypukla się dla wybranych dzielnic stolicy, miasta Pruszków, Legionowo, Wołomin, Piaseczno, Otwock (ryc. 1b.). Zdecydowana większość skupia się jednak w samej stolicy, osiągając 18.359 pożarów na powierzchni 597 km^2. Dominujące są tu dzielnice o wysokiej i starej zabudowie mieszkalnej, czyli przede wszystkim Targówek, Praga-Północ, Praga-Południe, Bielany, Żoliborz, Śródmieście, Mokotów, Wola, Ochota (ryc. 1c.). Szczegółową analizę czasowo-przestrzennej charakterystyki zagrożeń POM m.st. Warszawa przedstawia publikacja [4].

4.2. Przypuszczalne przyczyny pożarów obiektów mieszkalnych

Na 296.541 POM w krajowej bazie danych zarejestrowano 293.574 PPP, zaś dla Warszawy odpowiednio 19.443/16.701. Na potrzeby badań bazę 37 wartości słownikowych PPP podzielono na trzy grupy przypuszczalnych czynników powstania pożaru: czynnik ludzki, czynnik techniczny, nieznany (Tabela 4). Poprzez czynnik ludzki należy tu rozumieć człowieka działającego w sposób umyślny (bezpośredni) lub nieumyślny (pośredni). Do kategorii włączono m.in. nieostrożność osób dorosłych (NOD) lub nieletnich (NON) w posługiwaniu się otwartym ogniem (papierosy, zapałki), substancjami łatwopalnymi i pirotechnicznymi, przy wypalaniu pozostałości roślinnych na polach, prowadzeniu prac pożarowo niebezpiecznych, nieprawidłową eksploatację urządzeń grzewczych elektrycznych, na paliwo stałe, ciekłe, gazowe, urządzeń i instalacji elektrycznych, konstrukcji budowlanych, urządzeń mechanicznych, środków transportu. Do czynników technicznych zakwalifikowano wszelkie wady urządzeń i instalacji elektrycznych, ogrzewczych, piece, grzałki, kuchnie, na paliwo stałe, gazowe, ciekłe, wady procesów technologicznych, konstrukcji budowlanych, urządzeń mechanicznych, samozapalenia biologiczne, chemiczne, elektryczność statyczną, wyładowania atmosferyczne, następstwa miejscowych zagrożeń. Jako czynnik nieznany potraktowano przyczyny nieustalone i inne przyczyny.

Na podstawie rozkładu statystycznego zauważa się, że najprawdopodobniej ok. 60% wpływu na powstawanie pożarów w skali kraju ma czynnik ludzki, w tym nieostrożność osób dorosłych (NOD) i nieletnich (NON), w posługiwaniu się otwartym ogniem (NOD 18%, NON 1%), przy eksploatacji urządzeń ogrzewczych na paliwo stałe (16%), gazowe (2%), urządzeń i instalacji elektrycznych (1%), podpalenia (13%), NOD w pozostałych przypadkach (6%). W sumie udział czynnika technicznego szacuje się na 19%. Są to przede wszystkim wady urządzeń i instalacji elektrycznych (przewody, osprzęt oświetlenia itp. – 9%), urządzeń ogrzewczych na paliwo stałe (7%), gazowe (1%), elektryczne urządzenia grzewcze (piece, grzałki, kuchnie – 1%). Nieznane (nieustalone, nieznane) to ok. 21% (ryc. 2a.).

W przypadku Warszawy, z uwagi na charakterystykę przestrzenną miasta, udział czynnika ludzkiego zwiększył się do 73%. Najistotniejszy wpływ mają podpalenia (35%), NOD przy posługiwaniu się otwartym ogniem

Tabela 3.

Ranking powiatów wg liczby pożarów obiektów mieszkalnych za okres 2000-2012

Table 3.

The county ranking list on residential building fires amount in 2000-2012

Lp.	Powiat (County)	Liczba POM (The number of residential fires)	Lp.	Powiat (County name)	Liczba POM (The number of residential building fires)
1	m. st. Warszawa	18357	…	…	…
2	m. Łódź	10726	370	tarnobrzeski	196
3	m. Wrocław	7564	371	wieruszowski	180
4	m. Kraków	6637	372	żuromiński	173
5	m. Szczecin	4531	373	radziejowski	173
6	m. Gdańsk	3716	374	wolsztyński	164
7	m. Poznań	3643	375	gostyński	161
8	m. Lublin	3602	376	grodziski (wlkp.)	149
9	m. Bydgoszcz	2822	377	rawicki	145
10	m. Bytom	2468	378	leszczyński	128
…	…	…	379	skierniewicki	105

Źródło: Badania własne na podstawie danych statystycznych KGPSP.
Source: Own research based on HSFS statistical data.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.5

Tabela 4.

Przypuszczalne przyczyny pożarów obiektów mieszkalnych w Polsce i Warszawie w latach 2000-2012

Table 4.

Residential building fire causes in 2000-2012, Poland, Warsaw.

Przyczyna (Cause)	Liczba (Amount)		Czynnik (Factor)
	Kraj (Country)	Warszawa (Warsaw)	
Nieostrożność Osób Dorosłych (NOD) przy posługiwaniu się ogniem otwartym, w tym papierosy, zapałki Adult carelessness (NOD) when using open fire, including cigarettes, matches	17,7%	15,0%	CzL
Nieprawidłowa eksploatacja urządzeń ogrzewczych na paliwo stałe Improper use of solid fuel heating devices	16,0%	1,4%	
Podpalenia (umyślne) w tym akty terroru Deliberate fire-setting, including acts of terrorism	12,8%	34,6%	
Nieustalone Unspecified	11,4%	9,6%	Nieznane
Inne przyczyny Other causes	9,5%	6,3%	
Wady urządzeń i instalacji elektrycznych, w szczególności przewody, osprzęt oświetlenia, odbiorniki bez urządzeń grzewczych Faults of electric intallations, especially wires, lighting equipment, receivers without heating appliances	9,2%	8,3%	CzT
Wady urządzeń ogrzewczych na paliwo stałe Faults of solid fuel appliances	6,6%	1,1%	
NOD w pozostałych przypadkach Adult carelessness (NOD) in other cases	6,4%	17,3%	CzL
Nieprawidłowa eksploatacja urządzeń ogrzewczych na paliwo gazowe Improper use of gas heating appliances	1,7%	0,9%	
Nieprawidłowa eksploatacja urządzeń i instalacji elektrycznych Improper use of electric appliances and installations	1,4%	0,9%	
Nieostrożność Osób Nieletnich (NON) przy posługiwaniu się ogniem otwartym, w tym papierosy, zapałki Juvenile carelessness when using open fire, including cigarettes, matches	1,1%	0,6%	
Wady konstrukcji budowlanych Faults of building constructions	0,8%	0,1%	CzT
Wady elektrycznych urządzeń ogrzewczych, w szczególności: piece, grzałki, kuchnie Faults of heating appliances, especially: furnances, immersion heaters, cookers	0,8%	0,7%	
Wady urządzeń ogrzewczych na paliwo gazowe Faults of gas heating appliances	0,8%	0,5%	
NOD przy prowadzeniu prac pożarowo-niebezpiecznych Adult carelessness (NOD) when doing fire-dangerous work	0,7%	1,1%	CzL
Wyładowania atmosferyczne Atmospheric discharges	0,6%	0,1%	Nieznane
Nieprawidłowa eksploatacja elektrycznych urządzeń ogrzewczych Improper use of electric heating appliances	0,6%	0,4%	CzL
Nieprawidłowa eksploatacja konstrukcji budowlanych Improper use of building constructions	0,6%	0,0%	
NON w pozostałych przypadkach Juvenile carelessness in other cases	0,3%	0,4%	
NOD przy posługiwaniu się substancjami łatwopalnymi i pirotechnicznymi Adult carelessness (NOD) when using flammable and pyrotechnical substances	0,3%	0,3%	
Nieprawidłowa eksploatacja urządzeń ogrzewczych na paliwo ciekłe Improper use of liquid fuel heating appliances	0,2%	0,0%	
Wady urządzeń ogrzewczych na paliwo ciekłe Faults of liquid fuel heating appliances	0,2%	0,0%	CzT
NON przy posługiwaniu się substancjami łatwopalnymi i pirotechnicznymi Juvenile carelessness (NON) when using flammable and pyrotechnical substances	0,1%	0,1%	CzL
Wady urządzeń mechanicznych Faults of mechanical appliances	0,1%	0,1%	CzT
Pożary jako następstwo innych miejscowych zagrożeń Fires resulted from other local threats	0,1%	0,1%	
NON przy prowadzeniu prac pożarowo-niebezpiecznych Juvenile carelessness (NON) when doing fire-dangerous work	0,0%	0,0%	CzL

Przyczyna (Cause)	Liczba (Amount)		Czynnik (Factor)
	Kraj (Country)	Warszawa (Warsaw)	
Samozapalenia biologiczne Biological self-ignition	0,0%	0,0%	CzT
Wady środków transport Faults of means of transport	0,0%	0,0%	
Nieprzestrzeganie reżimów technologicznych Disobeying technological requirements	0,0%	0,0%	CzL
Samozapalenia chemiczne Chemical self-ignition	0,0%	0,0%	CzT
NOD przy wypalaniu pozostałości roślinnych na polach Adult carelessness (NOD) when burning vegetable waste on fields	0,0%	0,0%	CzL
Nieprawidłowe magazynowanie substancji niebezpiecznych Improper storage of hazardous substances	0,0%	0,0%	
Elektryczność statyczna Static electricity	0,0%	0,0%	CzT
Nieprawidłowa eksploatacja urządzeń mechanicznych Improper use of mechanical appliances	0,0%	0,0%	CzL
Nieprawidłowa eksploatacja środków transportu Improper use of means of transport	0,0%	0,0%	
Wady procesów technologicznych Faults of technological processes	0,0%	0,0%	CzT
NON przy wypalaniu pozostałości roślinnych na polach Juvenile carelessness (NON) when burning vegetable waste on fields	0,0%	0,0%	CzL
Suma	**293574**	**16701**	

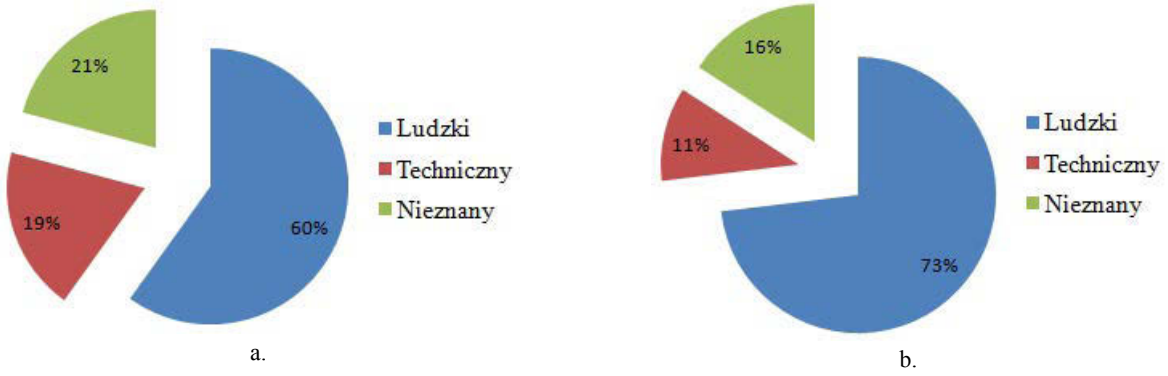
Źródło: Badania własne na podstawie danych statystycznych KGPSP.
Source: Own research based on HSFS statistical data.

(15%), NON 1%, nieprawidłowej eksploatacji urządzeń ogrzewczych na paliwo stałe (1%), gazowe (1%), urządzeń i instalacji elektrycznych (1%), NOD w pozostałych przypadkach (17%). Sumaryczny udział czynnika technicznego oszacowano na 11%, z przewagą wad urządzeń i instalacji elektrycznych (przewody, osprzęt oświetlenia itp. – 8%), urządzeń ogrzewczych na paliwo stałe (1%), elektrycznych urządzeń grzewczych (piece, grzałki, kuchnie – 1%). Nieustalone lub nieznane przyczyny wynoszą 16% (ryc. 2b.).

5. Podsumowanie

Ustalanie przyczyn pożarów w rozwiniętych państwach świata postrzegane jest jako jeden z elementów bezpieczeństwa wewnętrznego oraz bezpieczeństwa społeczności na poziomie lokalnym. Pożary z uwagi na żywiołowość i trudną do opanowania naturę nadal należą do jednych z głównych zagrożeń w środowisku człowieka. Nakłady ponoszone na szeroko pojmowaną prewencję pożarową w różnych obszarach funkcjonowania państwa są ogromne. Są to nie tylko koszty utrzymania służb ratowniczych, ale również koszty ponoszone na spełnienie wysokich wymagań bezpieczeństwa (w tym również pożarowego) jakie muszą spełniać współczesne obiekty mieszkalne, użyteczności publicznej oraz przemysłowe.

Przedstawione wyniki badań wskazują, że do blisko 60% przypadków (w skali kraju) pożarów obiektów mieszkalnych przyczynia się człowiek. Dla obszarów miejskich (na przykładzie Warszawy) wskaźnik wzrasta do ok. 73%. Na podstawie powyższego można przypusz-



Ryc. 2. Rozkład przypuszczalnych przyczyn pożarów obiektów mieszkalnych w latach 2000-2012 zagregowanych do czynnika ludzkiego, technicznego i nieznanego. a. Polska, b. Warszawa
Fig. 2. Probable residential buidlings fire causes distribution in 2000-2012. a. Poland, b. Warsaw
Źródło: Badania własne na podstawie danych statystycznych KG PSP.
Source: Own research based on HSFS statistical data.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.5

cząć, że udział czynnika ludzkiego w powstawaniu pożarów innych kategorii obiektów jest większy. Warto podkreślić, że ogień często wykorzystywany jest w celach przestępczych. Jeśli nie ma wdrożonych sprawnych mechanizmów ustalania przyczyn pożarów oraz ich sprawców, wówczas obserwuje się w ogólnej liczbie pożarów znaczny odsetek podpaleń. Takie tendencje występowały w wielu państwach, które nie przykładały wagi do roli, jaką odgrywa właściwe podejście do dochodzeń pożarowych. Odsetek pożarów spowodowanych celowym działaniem człowieka dochodził tam do poziomu 50-60% wszystkich przyczyn (dla Warszawy zauważamy ok. 35-proc. odsetek podpaleń). Dopiero wdrożenie sprawnego systemu ustalania przyczyn pożarów, procedur prowadzenia postępowań przyczyniał się do znacznego obniżenia liczby pożarów spowodowanych podpaleniami. Z uwagi na to, że pożary mają ścisły związek z niezachowaniem wymogów obowiązującego prawa, bardzo często są objęte postępowaniem prowadzonym przez organy procesowe: policję, prokuraturę i w dalszej kolejności rozpatruje się w postępowaniu sądowym. Z tego względu w naturalny sposób w wielu państwach to właśnie do zadań policji należy ustalanie przyczyny pożaru oraz sprawcy. System ten się jednak nie sprawdza się z uwagi na niski poziom przygotowania funkcjonariuszy tej służby do analizy zdarzeń pożarowych, w tym w szczególności do analizy rozwoju pożaru oraz badania śladów rozwoju pożaru na pogorzelisku. Główną przyczyną jest brak zainteresowania policji rozwijaniem oraz prowadzeniem badań w tej dziedzinie z uwagi na niski odsetek spraw pożarowych w odniesieniu do wszystkich innych spraw prowadzonych przez policję. Z tego względu w państwach, które zdecydowały się na poprawę standardu ustalania przyczyn pożarów oraz ich sprawców, wdrażano rozwiązania oparte na współpracy policji i straży pożarnej (np. Wielka Brytania) lub na przekazaniu dochodzeń popożarowych państwowej straży pożarnej (np. Węgry) lub na tworzeniu odrębnych wydziałów do prowadzenia dochodzeń pożarowych wyposażonych w uprawnienia procesowe (np. USA).

Oprócz podpaleń drugim wskaźnikiem ukazującym słabość systemu ustalania przyczyn pożarów jest wskaźnik liczby pożarów o nieustalonej przyczynie – im wyższy, tym gorszy stan w zakresie organizacji dochodzeń popożarowych w państwie. Wyniki badań wskazują, że w skali kraju mamy ok. 11,5% (Warszawa 9,6%) pożarów z nieustaloną przyczyną.

Kolejny istotny wniosek to odmienne podejście w zakresie klasyfikacji zdarzeń straży pożarnych Unii Europejskiej, jak również samej struktury informacyjnej raportów, w szczególności w aspekcie przypuszczalnych przyczyn pożarów. Jednym z ważniejszych zadań dochodzeń popożarowych jest właściwe ustalenie przyczyny pożaru. Jeśli są one sprawnie ustalane, wówczas możliwe jest wdrażanie programów naprawczych – oddziaływanie w sferze prewencji. Globalizacja, która objęła swym zasięgiem również technologie i urządzenia, spowodowała, że pożary w różnych miejscach świata mają podobne przyczyny, a zwłaszcza podobne uwarunkowania, które doprowadziły do ich powstania. Jeśli potrafimy prawidłowo ustalać przyczyny pożaru, to przy wdrożonym systemie wymiany informacji wielu pożarom można zapobiec. Przykładem dobrych praktyk w tym zakresie jest np. zamieszczanie na oficjalnych rządowych stronach internetowych informacji o wyrobach i produktach stwarzających zagrożenia pożarowe (np. system POWIADOMIENIA na stronie polskiego Urzędu Ochrony Konkurencji i Konsumentów, system RAPEX na obszarze UE, RECALLS w USA).

Literatura

1. Holborn P. G., Nolan P.F., Golt J., *An analysis of fatal unintentional dwelling fires investigated by London Fire Brigade between 1996 and 2000*, "Fire Safety Journal" Vol. 38 Issue 1, 2003.
2. Mazur R., Kwasiborski A., *Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń za lata 2007-2012. Pożary*, BiTP Vol. 30 Issue 2, 2013, pp. 17-22.
3. Mazur R., Marzec M., *Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń za lata 2007-2012. Miejscowe zagrożenia*, BiTP Vol. 31 Issue 3, 3013, pp. 49-58.
4. Mazur R., *Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń za lata 2000-2012. Czasowo-przestrzenna charakterystyka zagrożeń pożarowych obiektów mieszkalnych w systemie informacji przestrzennej (GIS), na przykładzie m.st. Warszawa*, BiTP Vol. 34 Issue 2, 2014, pp. 47-56.
5. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz. U. z 2011, Nr. 46, poz. 239 z póź. zm.).
6. Mazur R., *Badanie zakresu implementacji i stopnia wspomagania systemu „SWD-ST" na poziomie powiatu (miasta)*, BiTP Vol. 20 Issue 4, 2010, pp. 77-90.
7. Abakus Systemy Teleinformatyczne Sp. z o.o., *Podręcznik użytkownika Systemu SWD-ST 2.5*, [dok. elektr.] http://swdst.pl/index.php/baza-wiedzy/instrukcje [dostęp 12 listopada 2013]
8. Abakus Systemy Teleinformatyczne Sp. z o.o., *Instrukcja użytkownika Systemu SWD-ST 3.0*, Bielsko-Biała 2012.
9. Department for Communities and Local Government, *IRS Help and Guidance (Instrukcja do system IRS),* Wielka Brytania, 2012.
10. The Fire and Rescue Service Communities and Local Government, *Incident Recording System,* [dok. elektr.] http://www.frsonline.fire.gov.uk. [dostęp 07.09.2013].
11. McIntyre C., Lundqvist M., Hedman U., *Statistics and Analysis. The Swedish Rescue Services in Figures (2008),* Swedish Civil Contingencies Agency, 2010.
12. Bornström M., Swedish Civil Contingencies Agency, *The place of libraries in the development of decision support systems.* inFIRE Conference, Nowa Zealandia, 2012.
13. Portal internetowy Swedish Rescue Services Agency (MSB), https://www.msb.se [dostęp 12 listopada 2013].
14. Kokki E., *PRONTO - Statistical Data System for Finnish Rescue Services and Applications for Fire Prevention*, Emergency Services College, Finland, 2010.
15. Beda L., *Organizacja dochodzenia w sprawach o pożary na Węgrzech*, (w:) Guzewski P., *Badanie przyczyn powstawania pożarów – Research into the causes of fire*, Izba Rzeczoznawców SITP, Poznań, 2003.
16. Beda L., *Organizacja dochodzenia w sprawach o pożary na Węgrzech,* Uniwersytet Szent Istwan, Instytut Ochrony Przeciwpożarowej i Inżynierii Bezpieczeństwa, Węgry, 2012.
17. Generalny Inspektorat Zdarzeń Kryzysowych MSWiA Rumunii, *Dane statystyczne nt. okoliczności powstania pożarów za lata 2003-2012*. Materiały niepublikowane.
18. Strona internetowa ESRI, http://www.esri.com/software/arcgis/arcgis-for-desktop [dostęp 11. grudnia 2013].

19. Myers D., *Ograniczenie liczby podpaleń poprzez zastosowanie podejścia partnerskiego do dochodzeń popożarowych w Wielkiej Brytanii,* (w:) Guzewski P., *Badanie przyczyn powstawania pożarów – Research into the causes of fire*, Izba Rzeczoznawców SITP, Poznań, 2005.

mł. bryg. mgr inż. Robert Mazur – absolwent Studiów Inżynierskich (2002) oraz Uzupełniających Studiów Magisterskich (2004) na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Absolwent studiów podyplomowych Wyższej Polsko-Japońskiej Szkoły Technik Komputerowych na kierunku „Zaawansowane Multimedia w Internecie" (2006) oraz studiów trzeciego stopnia na Wydziale Cybernetyki Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie na kierunku Informatyka (2011). Ukończył szereg szkoleń z zakresu wykorzystania systemów informacji przestrzennej ArcGIS w bezpieczeństwie powszechnym oraz analityki na bazie danych ORACLE. W latach 2002-2011 asystent, kierownik laboratorium, wykładowca Szkoły Głównej Służby Pożarniczej (obecna Katedra Badań Bezpieczeństwa). Od 2011 roku starszy specjalista w Krajowym Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej. Na co dzień zajmuje się opracowaniami statystycznymi i analitycznymi z zakresu działalności PSP.

st. bryg. w st. spocz. mgr inż. Piotr Guzewski – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie (1988) i Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu (2003). Od ponad 20 lat ekspert ds. badań przyczyn pożarów. Pomysłodawca i organizator cyklu międzynarodowych konferencji „Research into the causes of fire" oraz warsztatów z dochodzeń popożarowych. Autor programu z zakresu metodyki ustalania przyczyn pożarów oraz szkoleń z tego zakresu w Szkole Aspirantów PSP w Poznaniu. Autor 5 i współautor 4 książek oraz licznych artykułów z dochodzeń popożarowych. Ukończył kursy: „Fire Science and Fire Investigation" (Uniwersytet w Edynburgu, Edynburg 2005); „Fire Investigator Course" (Fire Service College, Centrex NTC, Moreton-in-Marsh 2006); „The Principles of Electrical Fires Short Course", Interscience Communication Ltd, San Francisco 2009). Współzałożyciel i prezes Polskiego Towarzystwa Ekspertów Dochodzeń Popożarowych (od 2010).

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.6

dr inż. **Andrzej ZBROWSKI**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 06.05.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 15.06.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

INSTRUMENTARIUM BADAWCZE DO TESTÓW ZDERZENIOWYCH KONSTRUKCJI LOTNICZYCH

Research Instruments for Aircraft Impact Tests

Испытательная аппаратура для проведения тестов столкновения авиаконструкций

Abstrakt
Cel: Przedstawienie problemów związanych z prowadzeniem badań zderzeniowych konstrukcji lotniczych w tzw. „teście ptaka". Prezentacja instrumentarium badawczego umożliwiającego odtwarzanie warunków występujących podczas zderzenia statku powietrznego z ciałem obcym. Zidentyfikowanie charakterystycznych różnic konstrukcyjnych i konfiguracyjnych systemów zderzeniowych, stosowanych w zależności od badanego obiektu, rodzaju odtwarzanej kolizji i skali analizowanego zjawiska.
Wprowadzenie: Zjawisko uderzenia ciała obcego w szybko poruszający się statek powietrzny stanowi poważne zagrożenie dla bezpieczeństwa lotów maszyn cywilnych i wojskowych. W celu poznania procesów zachodzących w trakcie zderzenia zjawisko definiowane jako *Foreign Object Damage* (FOD) musi być badane empirycznie w warunkach laboratoryjnych z zastosowaniem odpowiednich metod. Ze względu na specyficzny charakter badań niezbędne jest stosowanie specjalnego instrumentarium umożliwiającego wierne odtworzenie warunków rzeczywistych oraz precyzyjne zarejestrowanie danych. Budowa i parametry systemu badawczego są uzależnione od rodzaju odtwarzanego zjawiska oraz parametrów energetycznych zderzenia. W prezentowanym artykule analizie poddano zidentyfikowane systemy zderzeniowe, wykorzystywane w naukowych oraz przemysłowych laboratoriach badań materiałów i konstrukcji lotniczych.
Metodologia: Opisano metody rozpędzania miotanych obiektów, problemy dotyczące struktury stanowisk umożliwiających właściwą ekspozycję badanej konstrukcji na oddziaływanie ciała obcego oraz sposoby budowy ciała obcego odwzorowującego prawdziwego ptaka. Przedstawiono zagadnienia związane z urządzeniami miotającymi umożliwiającymi rozpędzanie ciała obcego do wymaganej prędkości zderzeniowej. Zaprezentowano występujące rozwiązania dział pneumatycznych oraz omówiono ich wady i zalety. Przedstawiono konstrukcję stosowanych mechanizmów spustowych oraz ich wpływ na parametry energetyczne systemu miotającego. Scharakteryzowano urządzenia wylotowe przeznaczone do oddzielania miotanego obiektu od elementów sabotu umożliwiających rozpędzanie pocisku w lufie działa pneumatycznego. Podano przykłady sabotów dla systemów wielko- i małokalibrowych o różnym potencjale energetycznym.
Wnioski: Z przeprowadzonej analizy wynika, że podstawowe problemy badań zderzeniowych konstrukcji lotniczych dotyczą sposobów rozpędzania miotanego pocisku imitującego ciało obce. W tym celu najczęściej wykorzystywane są pneumatyczne układy miotające, tzw. działa pneumatyczne. Dotychczas większość wykorzystywanych systemów badawczych umożliwia odwzorowanie warunków kolizji, które występują na niskich pułapach lotu, gdzie najczęstszą przyczyną uszkodzeń są małe ptaki poruszające się pojedynczo lub w grupie. Ze względu na rosnące wymagania dotyczące bezpieczeństwa lotów w najbliższych latach niezbędny jest rozwój badań zderzeniowych ukierunkowanych na wierną odtwarzalność warunków panujących na dużych wysokościach rejsowych, gdzie dochodzi do zderzeń z największymi, ciężkimi ptakami.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo lotów, samoloty, ptaki, zderzenia, działo pneumatyczne
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Abstract
Objective: Presentation of problems related to impact (bird) tests and research instruments enabling true reconstruction of real collision conditions. Identification of characteristic structural and configuration differences between impact systems used for different test objects, types of reconstructed collisions and the scale of the analysed phenomenon.
Introduction: A collision of a fast moving aircraft with a foreign body poses a major threat to the safety of civil and military aircrafts. In order to fully understand the processes that take place at the time of collision, the Foreign Object Damage (FOD) phenomenon has

[1] Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Kazimierza Pułaskiego 6/10, Radom; andrzej.zbrowski@itee.radom.pl / Institute for Sustainable Technologies, Radom, Poland;

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.6

to be empirically investigated in laboratory conditions, and proper research methods need to be applied. Due to the specific character of these tests, the application of specialised research instruments enabling true reconstruction of real conditions and precise data recording, is required. The structure and the parameters of a test system depend on the type of the event reconstructed and the energy of impact. In the article the author analyses different impact systems used for scientific and industrial tests conducted in aviation research laboratories.

Methodology: The paper presents an analysis of problems related to the execution of bird tests and discusses the methods for the acceleration of objects thrown, the test stands enabling proper exposure of the tested structure to the influence of the foreign body, and the structure of the foreign body reflecting the shape and the size of a real bird. Additionally, the article presents the issues related to propellant devices enabling acceleration of a foreign body to the required impact velocity. Among them, solutions in the area of pneumatic guns are shown and their advantages and disadvantages are described. The paper also presents the structure of trigger mechanisms and their influence on the energy performance of the propellant system. The author characterises muzzles for the separation of the thrown object from the elements of the sabot, which enables the acceleration of the projectile in the barrel of the pneumatic gun. The examples of sabots for small and big calibre guns with different energy performance are also given.

Conclusions: The analysis indicates that the basic problems in impact tests concern the acceleration of projectiles used. For that purpose, pneumatic guns are most commonly applied. Majority of test systems used so far enable reconstruction of collisions taking place at low altitudes, where the most common cause for aircraft structure damage are small birds flying individually or in flocks. Due to growing flight safety demands, the development of impact tests aimed at true reconstruction of conditions at high altitudes, where collisions with bigger and heavier birds takes place, is therefore a must.

Keywords: flight safety, aircrafts, birds, collisions, pneumatic gun
Type of article: review article

Аннотация

Цель: Представление проблем, связанных с проведением испытаний столкновений авиаконструкций с использованием так называемого „удара птицы". Представление испытательной аппаратуры, позволяющей воспроизводить условия, которые характерны во время столкновения самолёта с инородным телом. Определение характеристических конструкционных и конфигурационных различий в системах для испытаний столкновений, используемых в зависимости от исследуемого типа объекта, вида представляемой коллизии и масштаба анализируемого явления.

Введение: Столкновение инородного тела с быстро летящим воздушным судном является очень опасной угрозой безопасности полётов гражданских и военных машин. Чтобы узнать процессы проходящие во время столкновения, так называемое явление *Foreing Object Damage* (FOD) должно быть эмпирически исследовано в лабораторных условиях, с применением соответствующих методов. В связи со специфическим характером испытаний, необходимо применять специальное оборудование, позволяющие верно отобразить реальные условия и точно зафиксировать данные. Состав и параметры испытательной системы зависят от вида отображаемого явления и энергетических параметров столкновения. В данной статье были проанализированы описанные выше системы для испытаний столкновений, используемые в научных и промышленных лабораториях для испытаний материалов и авиаконструкций.

Методология: Описаны методы разгона объектов метания, проблемы, касающиеся структуры установок, позволяющих правильно установить исследуемую конструкцию на воздействие инородного тела, а также методы построения инородного тела воспроизводящие реальную птицу. Представлены вопросы, связанные с устройствами для метания, позволяющими разгонять инородное тело до требуемой скорости столкновения. Представлены существующие решения пневматических стволов, а также рассмотрены их преимущества и недостатки. Представлена конструкция используемых ударно-спусковых механизмов и их влияние на энергетические параметры системы для метания. Охарактеризованы выводные устройства, предназначенные для отделения объекта метания от элементов поддома, позволяющих разгонять снаряд в стволе пневматической пушки. Указаны примеры поддомов для крупно и - мелкокалиберных систем различного энергетического потенциала.

Выводы: Вышеуказанный анализ показывает, что основные проблемы испытаний столкновений авиационных конструкций связаны со способами разгона метаемого снаряда, имитирующего инородное тело. Для этого, чаще всего используются пневматические системы метания, так называемые пневматические стволы. На сегодняшний день, большинство используемых исследовательских систем позволяет воспроизвести условия столкновений, происходящих при полете на низких высотах, где наиболее распространенной причиной повреждений являются мелкие птицы, движущиеся поодиночке или группами. В связи с увеличением требований к безопасности полетов, в ближайшие годы необходимо развивать испытания столкновений направленные на точное воспроизведение условий, характерных для полётов на большой высоте, где случаются столкновения с самыми большими, тяжелыми птицами.

Ключевые слова: безопасность полётов, самолёты, птицы, столкновения, пневматический ствол
Вид статьи: обзорная статья

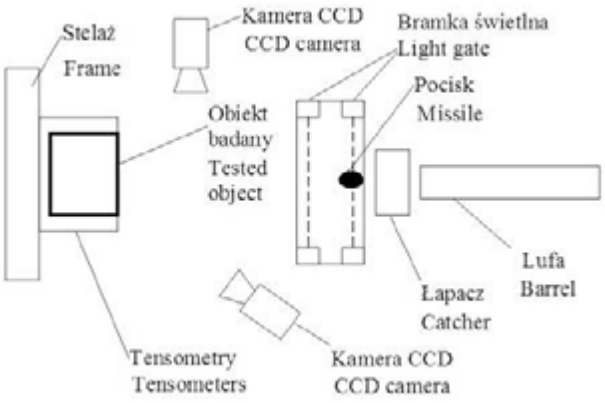
1. Wstęp

Podczas lotu statku powietrznego wiele elementów płatowca lub silników narażonych jest na niebezpieczeństwo kolizji z ptakiem [1-4]. W celu zapewnienia właściwego poziomu bezpieczeństwa w przypadku zderzenia elementów struktury samolotu z ciałem obcym (najczęściej z ptakiem) oraz zachowania wymaganych właściwości lotnych maszyny, międzynarodowe standardy organizacji lotniczych wymagają przeprowadzenia eksperymentalnych badań testowych odpowiednich elementów konstrukcyjnych [5]. Są to testy obowiązkowe zdefiniowane w przepisach amerykańskich FAR (*Federal Aviation Regulations*), europejskich JAR (*Jonit Aviation Requirements*) i CS (*Certification Standards*), oraz rosyjskich AP (*Aviacjonnyje Prawiła*) w rozdziałach 25, 29 i 33. Badania przeprowadzone w skali rzeczywistej mają

dokumentować spełnienie wspólnych wymagań określonych normami. Oznacza to, że ostateczna postać projektu dotyczącego struktury lotniczej oraz akceptacja osiągniętej wytrzymałości zderzeniowej zawsze zależy od wyników eksperymentalnych testów uderzeniowych. W warunkach laboratoryjnych odtworzenie zjawiska uderzenia ptaka w poruszający się samolot jest realizowane poprzez rozpędzanie ciała obcego do wymaganej prędkości w kierunku stacjonarnie posadowionego elementu płatowca lub silnika. Badane silniki podczas prób są uruchomione, a pociski podlegają wstrzeleniu we wlot powietrza pracującej jednostki napędowej [6]. Ze względu na specyficzny charakter badań niezbędne jest stosowanie specjalnego instrumentarium umożliwiającego wierne odtworzenie warunków rzeczywistych oraz precyzyjne zarejestrowanie danych. Aby zwiększać odporność statków powietrznych na kolizję z ptakami, niezbędny jest rozwój doświadczalnych metod badawczych pozwalających na odtwarzanie, symulowanie i rejestrację zachodzących zjawisk. Ich rozwój jest ściśle związany ze stale poszerzanym zakresem wymagań normatywnych oraz powstawaniem nowych rozwiązań konstrukcyjnych, wymagających prowadzenia nowych rodzajów badań. Systemy badań eksperymentalnych przyczyniają się także do lepszego poznania interakcji pomiędzy samolotem a obiektem, występującej podczas zderzenia. Uzyskane rezultaty umożliwiają weryfikację nowych rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych oraz pomagają w budowie doskonalszych modeli cyfrowych stosowanych w badaniach numerycznych, prowadzonych za pomocą metody elementów skończonych.

2. Struktura systemu badawczego

Metodą pozwalającą na pozyskanie najbardziej wiarygodnych rezultatów są testy zderzeniowe prowadzone w skali rzeczywistej. W badaniach zderzeniowych elementy konstrukcyjne są bombardowane obiektami rozpędzanymi do rzeczywistych prędkości występujących podczas kolizji samolotu z ptakami [7]. Następuje zatem odwrócenie naturalnego układu prędkości i zamiast szybko poruszającego się samolotu mamy do czynienia z szybko poruszającym się ptakiem lub innym ciałem obcym zmierzającym w kierunku nieruchomego samolotu. W testach wykorzystywany jest wyrzutnik pocisków umożliwiający właściwe rozpędzenie obiektu miotanego. W tym celu najczęściej stosowane są wyrzutniki pneumatyczne określane mianem działa pneumatycznego. Pomiar prędkości pocisku po opuszczeniu lufy realizowany jest z zastosowaniem układu bramek świetlnych lub za pomocą szybkiej kamery [8]. Ze względu na właściwości ciała ptaków lub pocisków imitujących oraz ze względów geometrycznych, rozpędzanie takiego nietypowego obiektu w lufie jest realizowane w sabocie. Sabot umożliwia właściwe uszczelnienie przewodu wylotowego oraz stabilizację ptaka w osi lufy podczas rozpędzania. Ładunek w postaci sabotu z pociskiem po wystrzale jest poddawany rozdzieleniu, podczas którego sabot jest zatrzymywany lub niszczony za pomocą urządzenia wylotowego – łapacza, zaś pocisk lub ptak przemieszcza się dalej w kierunku celu (ryc. 1).



Ryc. 1. Struktura stanowiska badawczego
Fig. 1. Structure of the test stand

Cel w postaci wydzielonej struktury lotniczej znajduje się w odległości ok. 2 m od wylotu lufy. Właściwe pozycjonowanie badanego obiektu umożliwia odpowiedni stelaż zapewniający jak najwierniejsze odtworzenie warunków zamocowania testowanej struktury w systemie płatowca lub silnika. Niezwykle skuteczne w poznawaniu zjawiska i poszukiwaniu nowych rozwiązań jest połączenie badań zderzeniowych z szybkimi, cyfrowymi metodami rejestracji obrazu oraz szybkimi, tensometrycznymi technikami pomiaru odkształceń. Analiza zderzenia zarejestrowanego z rozdzielczością 10 000 klatek/s pozwala na bardzo precyzyjną obserwację badanej konstrukcji i miotanego obiektu [9].

W najbardziej zaawansowanych konstrukcjach stosowane są dwie szybkie kamery. Jedna, ustawiona prostopadle do toru lotu pocisku, umożliwia precyzyjne wyznaczenie prędkości. Druga jest ustawiona w taki sposób, aby umożliwić rejestrację uderzenia pocisku w obiekt w widoku ukośnym [10].

3. Działo pneumatyczne

Działo pneumatyczne jest głównym elementem systemu badawczego i to jego parametry decydują o skuteczności odtworzenia zjawiska zderzenia [11]. Pierwsze rozwiązania z początku lat sześćdziesiątych XX w. bazowały na przerobionych wojskowych działach artyleryjskich, wykorzystujących do miotania ładunek prochowy. Składały się one z dodatkowej komory detonacyjnej, w której spalający się materiał pirotechniczny wytwarzał gazy prochowe niezbędne do rozpędzenia pocisku umieszczonego w lufie [12]. W celu zmniejszenia przyspieszenia pocisku komora detonacyjna łączyła się z zamkiem lufy za pomocą przewodu o odpowiednio dobranej średnicy. Średnica przewodu łączącego oraz ilość materiału pirotechnicznego definiowały prędkość i przyspieszenie oddziałujące na pocisk.

Problem właściwego przyspieszenia jest niezwykle istotny, gdyż w przypadku zbyt dużych wartości może dojść do zniszczenia miotanego obiektu na skutek działających przeciążeń. W przypadku, gdy miotane są rzeczywiste ptaki, to zagadnienie nabiera szczególnego znaczenia [13].

Wyrzutniki pirotechniczne zostały jednak zaniechane i obecnie w badaniach dominują działa z napędem reali-

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.6

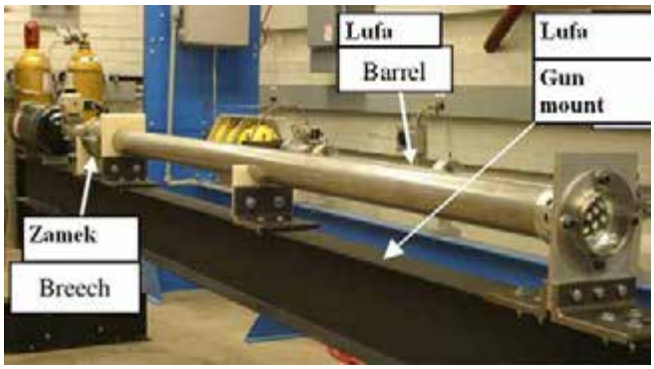
zowanym za pomocą sprężonego powietrza. Akumulator powietrza może stanowić przedłużenie przewodu lufy. Na drugim końcu znajduje się łapacz sabota (ryc. 2).

Ryc. 2. Działo pneumatyczne kalibru 250 mm z pojedynczym akumulatorem powietrza [14]
Fig. 2. Pneumatic gun, calibre 250 mm, with single air accumulator [14]

W konstrukcjach największego kalibru i energii strzału stosowane są dwa wysokociśnieniowe akumulatory połączone równolegle z lufą systemu miotającego (ryc. 3).

Ryc. 3. Działo pneumatyczne kalibru 250 mm z podwójnym akumulatorem powietrza [15]
Fig. 3. Pneumatic gun, calibre 250 mm, with double air accumulator [15]

Duże i ciężkie systemy są rozwiązaniami stacjonarnymi posiadającymi własne łoże w postaci platformy integrującej poszczególne moduły funkcjonalne. W działach mniejszego kalibru na wspólnym łożu spoczywa jedynie lufa i akumulator powietrza (Ryc. 4).



Ryc. 4. Działo pneumatyczne kalibru 79 mm [16]
Fig. 4. Pneumatic gun, calibre 79 mm [16]

Duże systemy posiadają własny zespół przygotowania sprężonego powietrza składający się ze sprężarki i osuszacza. Akumulatory w działach małego kalibru ładowane są z zewnętrznych butli ze sprężonym powietrzem (ryc. 4).

W działach pneumatycznych rzadko stosuje się układy oporopowrotne, ponieważ rozpraszanie energii odrzutu jest uzyskiwane za pomocą dużej masy własnej systemu miotającego. W układach aktywnych zmniejszenie oddziaływania odrzutu występującego po oddaniu strzału uzyskuje się dzięki zastosowaniu amortyzatorów hydraulicznych. W takich przypadkach lufa oraz zbiornik ciśnienia są przesuwnie posadowione na łożu, a tłumienie energii odbywa się za pomocą amortyzatora zamocowanego pomiędzy ramą a korpusem zbiornika.

4. Mechanizm spustowy

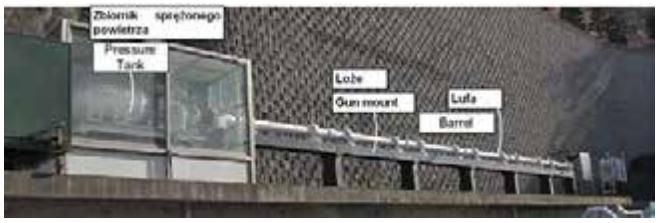
Zasadniczym elementem wyrzutnika pocisków jest mechanizm spustowy. Decyduje on o parametrach energetycznych pocisku, które zostaną osiągnięte na końcu lufy. Jego podstawowa cecha to szybkość działania.

W rozwiązaniach pirotechnicznych problem mechanizmu spustowego był w zasadzie nieistotny, ponieważ gazy prochowe powstawały w komorze detonacyjnej połączonej z komorą zamkową lufy. W przypadku takiej konstrukcji problem magazynowania sprężonego medium nie występuje, a wypełnienie lufy gazami prochowymi nawet z zastosowaniem tłumienia przepływu jest wystarczająco szybkie, aby kilkukilogramowe ładunki osiągały prędkość 300 m/s.

W urządzeniach pneumatycznych mechanizm spustowy łączący kanał lufy z akumulatorem sprężonego powietrza jest układem kluczowym. Nawet minimalne nadciśnienie w lufie powoduje niekontrolowany i niepotrzebny ruch pocisku w kierunku wylotu. W efekcie następuje szkodliwe skrócenie efektywnej długości lufy, w której rozpędza się pocisk. Im szybciej nastąpi pełne połączenie lufy z akumulatorem powietrza, tym mniejsze będą straty prędkości wywołane pełzaniem pocisku. Im większa będzie prędkość zadziałania, tym więcej zmagazynowanego powietrza zostanie skutecznie wykorzystane do rozpędzania pocisku w lufie.

Problem szybkości działania mechanizmu spustowego staje się coraz trudniejszy wraz ze wzrostem kalibru działa pneumatycznego. Musi on umożliwić jak najszybsze uzyskanie pełnoprzelotowego przepływu czynnika roboczego z akumulatorów do kanału lufy. Ze względu na długie czasy otwierania i zamykania typowych dużych zaworów pneumatycznych (np. o przelocie 250 mm), konieczne jest stosowanie konstrukcji specjalnych, indywidualnie przeznaczonych do dział pneumatycznych.

Najprostszym zabiegiem jest wydłużanie kanału lufy. Jeżeli lufa jest wystarczająco długa, wówczas przepływ pełnoprzelotowy i za pociskiem uzyskane zostanie wysokie ciśnienie w miejscu zapewniającym jeszcze możliwość dalszego rozpędzania pocisku (ryc. 5). W takich konstrukcjach stosuje się typowe motylowe zawory armaturowe z własnym napędem pneumatycznym. Ze względu na małą prędkość zaworu długość lufy dochodzi nawet do 23 m.



Ryc. 5. Działo pneumatyczne długolufowe – lufa 19 m [17]
Fig. 5. Long-barrel pneumatic gun – barrel 19 m [17]

Rozwiązania z krótką lufą spotyka się również w systemach badawczych, ale w przypadku niskiego ciśnienia

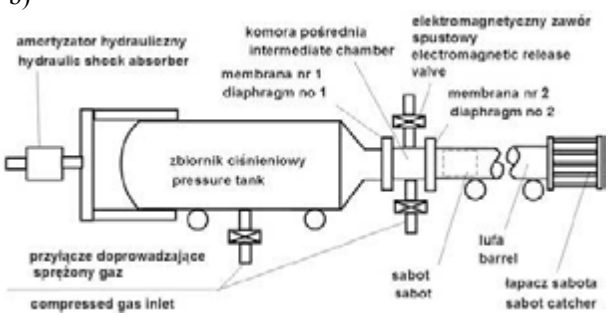
czynnika roboczego nie zapewniają one uzyskania wysokich parametrów energetycznych (ryc. 6).

Ryc. 6. Działo pneumatyczne krótkolufowe [18]
Fig. 6. Short-barrel pneumatic gun [18]

Szybkie uwalnianie czynnika roboczego zapewniają systemy membranowe stosowane w urządzeniach większego kalibru. W dziale kalibru 10" (ryc. 7) miotany obiekt jest umieszczany w sabocie ładowanym do przewodu lufy. Energia napędowa pochodzi ze sprężonego powietrza zmagazynowanego w akumulatorze znajdującym się na końcu lufy o długości 23 m. Mechanizm spustowy wykorzystuje zasadę komory pośredniej, w której panuje połowa ciśnienia występującego w akumulatorze. Komora jest zamykana dwoma membranami niszczonymi w momencie wystrzału. Do zniszczenia dochodzi w wyniku odpowietrzenia komory pośredniej za pomocą zaworów elektromagnetycznych. Zaburzenie warunków równowagi wywołuje pęknięcie membran i uwolnienie sprężonego gazu.

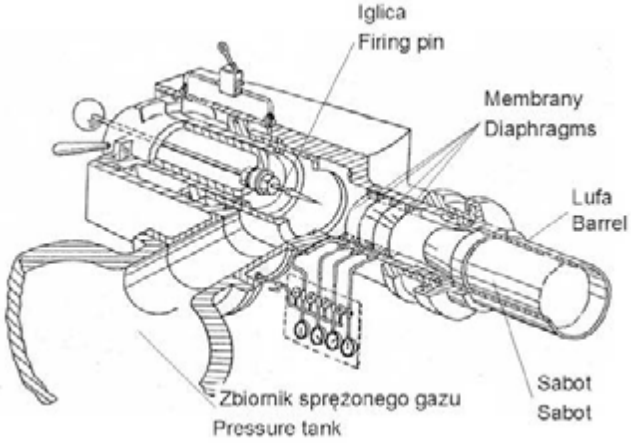
a)

b)



Ryc. 7. Działo kalibru 10" z membranową komorą pośrednią:
a) stanowisko badawcze [19]
b) schemat działa pneumatycznego [20]
Fig. 7. 10" calibre gun with membrane intermediate chamber:
a) test stand [19]
b) schematic of the pneumatic gun [20]

Istnieją także inne rozwiązania mechanizmów spustowych, wykorzystujących zasadę komory pośredniej, przeznaczonych do systemów miotających,. W tym przypadku komory pośrednie znajdują się pomiędzy ściankami zestawu kilku kruchych membran umieszczonych pomiędzy lufą a akumulatorem powietrza. Pocisk jest umieszczany w lufie z jednej strony zestawu. Po drugiej stronie w komorze zamkowej znajduje się zamek z iglicą. Ciśnienie w komorach jest regulowane za pomocą zaworów redukcyjnych – odpowiednio po jednym do każdej komory. Zawory redukcyjne stopniowo obniżają ciśnienie w każdej z komór w stosunku do ciśnienia panującego w akumulatorze. Ciśnienia są tak dobrane, że membrany dzięki obustronnemu oddziaływaniu sił hydrostatycznych znajdują się w stanie równowagi statycznej. Membrany mogą być niszczone pirotechnicznie lub mechanicznie za pomocą ruchomej iglicy (ryc. 8).



Ryc. 8. Membranowy mechanizm spustowy z komorami pośrednimi [21]
Fig. 8. Membrane release mechanism with intermediate chambers [21]

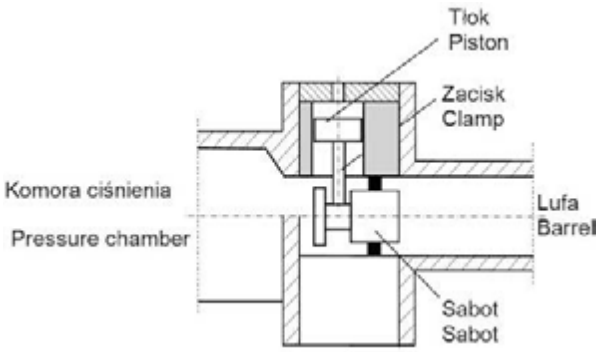
W prezentowanym na rycinie 8 rozwiązaniu membrany są wykonane z tworzywa sztucznego o grubości 0,07 mm uformowanego na kształt dysków. Komora zamkowa jest połączona z akumulatorem ciśnienia. Zamek zawiera wykonaną w formie zaostrzonego trzpienia iglicę, której zadaniem jest przebijanie membrany. Iglica jest zamocowana w zamku za pomocą cylindrycznej pokrywy, która uszczelnia komorę zamkową. Napęd iglicy stanowi sprężyna naciskowa znajdująca się w komorze zamkowej pomiędzy grotem iglicy a denkiem pokrywy. Iglica jest naciągana do tylnego położenia i blokowana w tym położeniu za pomocą dźwigni. Zwolnienie dźwigni za pomocą elektromagnesu wyzwala ruch iglicy w komorze zamkowej w kierunku zestawu membran. W komorze zamkowej następuje uderzenie iglicy w membranę i jej mechaniczne zniszczenie.

Stosowanie membran pośrednich w mechanizmach spustowych jest rozwiązaniem drogim, pracochłonnym i wymagającym każdorazowego demontażu układu lufy lub zamka w celu zainstalowania nowego kompletu membran i umieszczenia pocisku w lufie.

W układach małokalibrowych, pracujących pod małym ciśnieniem, stosowane są specjalne mechanizmy blokujące sabot w lufie. Zacisk blokujący utrzymuje sabot

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.6

w pozycji nieruchomej, pomimo oddziaływania pełnego ciśnienia sprężonego powietrza na dno sabota. Usunięcie trzpienia umożliwia natychmiastowe wypchnięcie pocisku z lufy (ryc. 9).



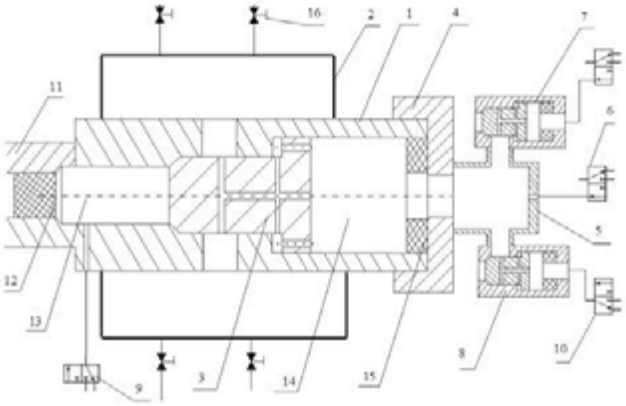
Ryc. 9. Mechanizm spustowy z trzpieniem blokującym [22]
Fig. 9. Release mechanism with locking pin [22]

Ujemną cechą tych układów jest konieczność stosowania masywnego sabota o odpowiednio wytrzymałej konstrukcji odpornej na niszczące oddziaływania zacisku blokującego.

Największe problemy z szybkim zapowietrzaniem przewodu lufy występują w przypadku dział wielkokalibrowych (powyżej 200 mm), wykorzystujących powietrze sprężone pod wysokim ciśnieniem (do 4 MPa). Wysokie ciśnienie oraz kaliber dochodzący do 250 mm umożliwia skuteczne miotanie z prędkościami naddźwiękowymi ciężkich obiektów o dużych gabarytach. Urządzenia umożliwiające spełnienie tak trudnych wymagań są rozwiązaniami o najwyższym stopniu zawansowania, wykorzystującymi np. kaskadowy system sterowania położenia zamkiem mechanizmu spustowego (ryc. 10). W tych rozwiązaniach mechanizm spustowy umożliwia ładowanie działa sabotem z wykorzystaniem portu ładowania – „ładownicy" znajdującej się w osi lufy. Układ jest sterowany w sposób umożliwiający zdalną obsługę systemu po załadowaniu sabota do ładownicy.

Przesterowanie zaworów inicjujących (pneumatyczne rozdzielacze typu 3/2) powoduje otwarcie pełnoprzelotowych zrzutowych zaworów szybkiego spustu, które odpowietrzają przestrzeń komory zamkowej. W wyniku odpowietrzenia komory równowaga sił działająca na zamek zostaje zaburzona i wtedy następuje samoczynne, dynamiczne przesuwanie zamka w kierunku pokrywy komory zamkowej.

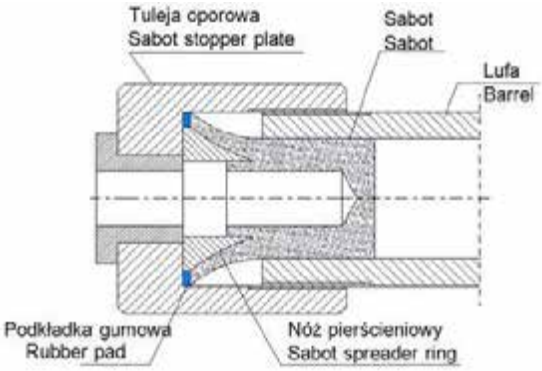
W czasie tego cyklu zamek odsłania boczne otwory w lufie, które dostarczają czynnik roboczy z akumulatorów poprzez zbiornik kolektorowy. Po wykonanym strzale zamek powraca w położenie wyjściowe w wyniku ponownego przesterowaniu zaworów inicjujących.



Ryc. 10. Schemat kaskadowego mechanizmu spustowego [23]: 1 – lufa, 2 – kolektor, 3 – zamek, 4 – pokrywa, 5 – przyłącze zaworów szybkiego spustu, 6 – zawór zapowietrzający komorę zamkową, 7, 8 – zawory szybkiego spustu, 9 – zawór odpowietrzający komorę ładownicy, 10 – zawór inicjujący sterujący zaworem szybkiego spustu, 11 – pokrywa ładownicy, 12 – sabot, 13 – komora ładownicy, 14 – komora zamkowa, 15 – zderzak zamka, 16 – pełnoprzelotowy zawór kulowy
Fig. 10. Schematic of cascade release mechanism [23]: 1 – barrel, 2 – collector, 3 – lock, 4 – cover, 5 – quick release valves connection, 6 – valve for filling the lock chamber 7, 8 – quick release valves, 9 – valve for draining the breech chamber, 10 – initiating valve for controlling the quick release valve, 11 – breech cover, 12 – sabot, 13 – breech chamber, 14 – lock chamber, 15 – lock stop, 16 – full-passage ball valve

5. Urządzenie wylotowe

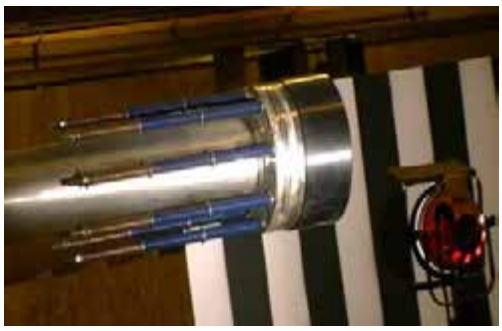
Urządzenie wylotowe zwane również łapaczem sabota to element systemu znajdujący się na końcu lufy. Jego zadaniem jest oddzielenie pocisku od sabota w sposób niezakłócający toru lotu pocisku. Najczęściej spotykanymi rozwiązaniami są te, w których urządzenie wylotowe jest zamocowane sztywno na końcu lufy jako nasadka. Stanowiący element urządzenia pierścieniowy nóż w kształcie stożka dokonuje zatrzymania, rozcięcia i fragmentacji sabota. Ładunek znajdujący się w sabocie zostaje wyrzucony z przewodu lufy, zaś pozostałości sabota zostają rozproszone na boki (ryc. 11).



Ryc. 11. Schemat łapacza sabota z nożami tnącymi [24]
Fig. 11. Schematic of sabot catcher with cutting tools [24]

W niektórych przypadkach łapacz jest osadzony elastycznie na końcówce lufy za pomocą układu sprężyn. Sabot, uderzając w nóż pierścieniowy, powoduje ugięcie sprężyn, częściowe rozproszenie energii i zmniejszanie reakcji dynamicznych oddziałujących na końcówkę lufy (ryc. 12).

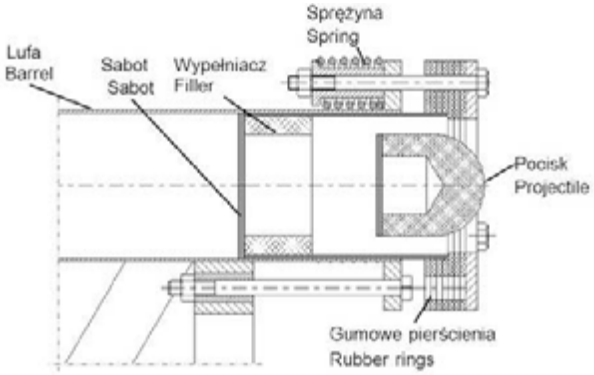
a)



b)

Ryc. 12. Łapacz sabota z amortyzacją sprężynową [14]: a) przed strzałem, b) w czasie strzału
Fig. 12. Sabot catcher with spring absorbers [14]: a) before the shot, b) during the shot

W systemach o mniejszej energii wylotowej w konstrukcji łapacza dodatkowo stosowane są gumowe pierścienie tłumiące. Sabot, uderzając w hamulec, ściska sprężyny, a następnie przecina gumy. Większość energii kinetycznej sabota pochłaniana jest poprzez cięcie gumy. Sprężyny służą jedynie do zmniejszenia wartości maksymalnej siły. Po uderzeniu sabota w hamulec, pocisk, który środkowany jest w gilzie poprzez wkładkę styropianową, opuszcza lufę. W przypadku małych parametrów energetycznych oraz stalowej konstrukcji sabota możliwe jest jego wielokrotne stosowanie (ryc. 13).



Ryc. 13. Łapacz sabota z amortyzacją gumowo-sprężynową [25]
Fig. 13. Sabot catcher with spring-rubber absorbers [25]

W systemach wysokoenergetycznych dużego kalibru stosuje się hybrydowe rozwiązania urządzeń wylotowych, łączące hamulec akcyjno-reakcyjny z łapaczem sabota (ryc. 14).

Ryc. 14. Hybrydowe urządzenie wylotowe [26]: 1 – hamulec akcyjno-reakcyjny, 2 – łapacz sabota, 3 – tuleja blokująca
Fig. 14. Hybrid muzzle device [26]: 1 – action-reaction muzzle brake, 2 – sabot catcher, 3 – locking sleeve

Podczas strzału kompletny ładunek dociera do urządzenia wylotowego, w którym gilza sabotu jest początkowo centrowana na tulei blokującej, a następnie uderza o stopień oporowy znajdujący się na tulei. Gilza ulega rozbiciu o powierzchnię stopnia znajdującego się na tulei centrującej urządzenia wylotowego. Wypełniacz i dno sabotu ulegają natomiast rozbiciu na czole tulei centrującej. Fragmenty gilzy oraz wypełniacza wydostają się częściowo przez wycięcia znajdujące się w tulei łapacza oraz otworami reakcyjnymi w hamulcu. Elementy sabotu zablokowane po wystrzale pomiędzy zewnętrzną ścianką tulei prowadzącej a wewnętrzną ścianką tulei łapacza sabotu, zostają usunięte po otwarciu pokrywy łapacza sabotu.

6. Sabot

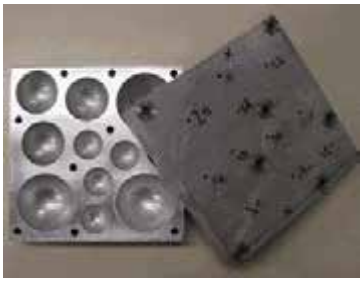
Sabot jest częścią systemu, której konstrukcja jest dopasowana do zastosowanego w urządzeniu wylotowym mechanizmu spustowego oraz kształtu pocisku umieszczonego w środku. Pierwotnie w sabocie umieszczane były prawdziwe ptaki uśmiercane bezpośrednio przed załadowaniem. Ze względów sanitarnych niemal całkowicie zaniechano prób z ptakami. Przyczyniło się to również do ustalenia pewnych standardów dotyczących konstrukcji substytutu imitującego ptaka. Przeprowadzone badania wykazały, że podczas zderzenia ptak zachowuje się podobnie jak ciecz i przyjęcie takiego modelu daje dobre rezultaty opowiadające procesowi z udziałem obiektu rzeczywistego [12, 24]. Z tego względu powszechnie wykorzystywane są pociski żelowe, wykonane z żelatyny zwierzęcej z dodatkiem substancji przyspieszających krzepnięcie. W zależności od zastosowanej technologii wyko-

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.6

nania mogą się różnić sztywnością, kolorem oraz przezroczystością. Najczęściej są to pociski o masie 1,8 kg lub 3,6 kg w kształcie cylindra o płaskich lub zaokrąglonych podstawach (ryc. 15).

Ryc. 15. Pociski żelowe imitujące ptaka [7, 17]
Fig. 15. Gel missile to imitate the bird [7, 17]

W przypadku prób imitujących gradobicie [27] okrągłe lodowe pociski wykonywane są z wody zamrażanej w formach umożliwiających uzyskiwanie kul o różnorodnych średnicach (ryc. 16).



Ryc. 16. Forma do wytwarzania lodowych pocisków [28]
Fig. 16. Mould for producing ice missiles [28]

Pociski umieszczane są w lekkich sabotach, najczęściej wykonywanych z pianki poliuretanowej (ryc. 17).

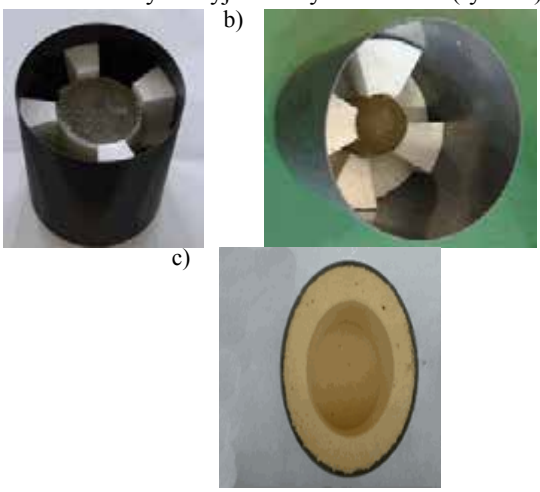
Ryc. 17. Sabot z pianki poliuretanowej [28]
Fig. 17. Sabot made out of polyurethane foam [28]

Odpowiednio ukształtowane gniazdo umożliwia jednoznaczne ustalenie pozycji pocisku w czasie wystrzału (ryc. 18).

Ryc. 18. Umieszczenie pocisku w sabocie [28]
Fig. 18. Placing the missile in the sabot [28]

Saboty piankowe wykonuje się w formach odpowiednich do plastycznej przeróbki tworzyw sztucznych. W systemach o wyższym potencjale energetycznym stosowane są saboty wykonane z drzewa balsowego [29]. Są to jednak rozwiązania drogie i stosunkowo ciężkie.

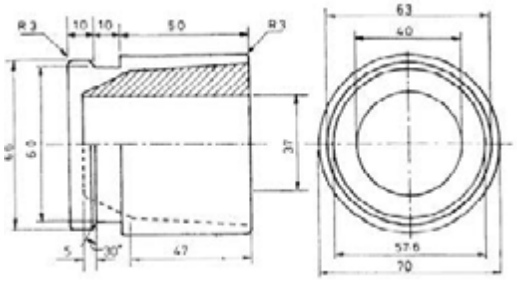
Saboty do dział o najwyższym potencjale energetycznym mają bardziej złożoną konstrukcję. Składają się one z gilzy wykonanej z PCW, w której umieszczone są styropianowe wkładki ustalające pozycję żelowego cylindra. Gilza oprócz uszczelnienia pełni rolę płaszcza ochronnego zwiększającego odporność ładunku na oddziaływanie przyspieszeń. W systemach krótkolufowych przyspieszenia są tak duże, że stosowanie sabotów wykonanych jedynie z pianki jest niemożliwe. Przeciążenia wywoływane kilkukilogramowym pociskiem powodują samoistną dezintegrację delikatnej struktury sabota w kanale lufy, co wyklucza prawidłową realizację procedury badań. Wypełnienie polistyrenowe może być wykonane w jednolitej formie trwale połączonej z gilzą na etapie formowania lub w postaci niezależnych wyjmowanych wkładek (ryc. 19).



Ryc. 19. Saboty z gilzą: a), b) z wkładkami stabilizującymi [7, 30], c) jednolity [17]
Fig. 19. Sabots with cartridge: a), b) with stabilising inserts [7, 30], c) uniform [17]

Rozwiązania z niezależnymi wkładkami zapewniają lepsze rozproszenie szczątków sabota po dezintegracji w urządzeniu wylotowym.

Szczególnym przypadkiem są saboty wielokrotnego zastosowania uformowane na kształt metalowego kubka. Posiadają one odpowiednie wyprofilowanie powierzchni zewnętrznej umożliwiające przytrzymywanie w mechanizmie spustowym blokującym sabot przed wystrzałem. Wewnątrz kubka znajduje się lekka wkładka ze spienionego polistyrenu w kształcie dopasowanym do miotanego pocisku (ryc. 20).



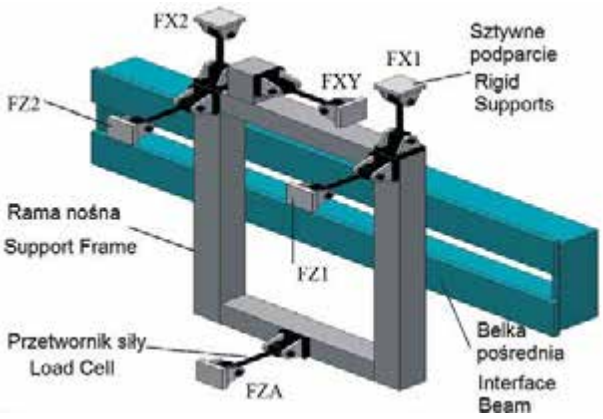
Ryc. 20. Saboty metalowy [22]
Fig. 20. Metal sabot [22]

Saboty metalowe wielokrotnego użytku stosuje się tylko do małokalibrowych niskoenergetycznych urządzeń miotających.

7. Statyw

Statyw jest elementem odpowiednio dopasowanym do badanej struktury lotniczej. Jego zadaniem jest zamocowanie testowanego elementu w sposób odpowiadający warunkom występującym w rzeczywistości oraz zapewnienie pożądanej ekspozycji względem toru pocisku. Warunki utwierdzenia obiektu nie mogą wprowadzać dodatkowych naprężeń oraz powodować jego przesztywnienia. Konstrukcja statywu powinna umożliwiać pomiar sił występujących podczas uderzenia. W tym celu może się on składać z układu ram, połączonych z zastosowaniem szybkich przetworników siły w trzech wzajemnie prostopadłych płaszczyznach (ryc. 21).

a)



b)

Ryc. 21. Statyw z wieloosiowym układem pomiaru siły uderzenia w krawędź natarcia [31]: a) model, b) egzemplifikacja stanowiskowa
Fig. 21. Frame with multiaxial system for measurement of impact force against the leading edge [31]: a) model, b) test stand example

W rozwiązaniach uproszczonych badany obiekt mocowany jest do płyty połączonej z ramą statywu za pomocą czterech przetworników siły (ryc. 22).

Rozmiary statywów zależą od wymiarów i rodzaju badanej struktury. W przypadku badań elementów usterzenia, ramy statywu mogą osiągać długość dochodzącą do kilku metrów (ryc. 23). Kształt uchwytów mocujących badany obiekt jednoznacznie definiuje kąt uderzenia pocisku.

Ryc. 22. Statyw z jednoosiowym układem pomiaru siły uderzenia w krawędź natarcia [32]
Fig. 22. Frame with single-axis system for measurement of impact force against the leading edge [32]

Ryc. 23. Statyw do badań elementów usterzenia [33]
Fig. 23. Frame for testing the elements of horizontal stabilisers [33]

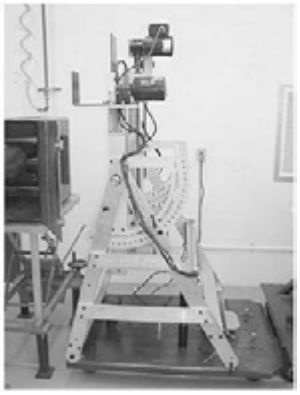
W niektórych przypadkach stosuje się statywy rekonfigurowalne, przystosowane do badania zestawu określonego typu obiektów [34]. Mocowanie do statywu jest realizowane z zastosowaniem tych samych elementów łączeniowych, które wykorzystuje się podczas rzeczywistej integracji badanego elementu z kompletną strukturą płatowca (ryc. 24).

Ryc. 24. Statyw rekonfigurowany do badania elementów usterzenia i kabiny pilotów
Fig. 24. Reconfigurable frame for testing the elements of flight control surfaces and the cockpit

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.6

W przypadku badania elementów drobnych, prowadzonego z zastosowaniem niskich parametrów energetycznych zderzenia, wykorzystuje się statywy umożliwiające pozycjonowanie obiektu w dowolnej ekspozycji względem osi strzału (ryc. 25).

W przypadku badań elementów o małych gabarytach statyw wraz z badanym obiektem może być umieszczany wewnątrz komory ochronnej o wytrzymałej konstrukcji stalowej.



Ryc. 25. Statyw uniwersalny z regulacją pozycji kątowej [35]
Fig. 25. Universal frame with variable angular position [35]

Komora zabezpiecza przed niebezpiecznymi odłamkami, które mogą stanowić zagrożenie dla osób obsługi oraz sprzętu rejestrującego przebieg badania. W badaniach o dużej energii strzału statyw znajduje się w specjalnej strefie chronionej, zabezpieczonej przed dostępem w czasie badań.

8. Wnioski

Rozwój badań zderzeniowych konstrukcji lotniczych, zainicjowanych w Wielkiej Brytanii i USA, umożliwił opracowanie procedur i standardów, które zaczęły funkcjonować w formie obowiązujących przepisów prawnych. Obecnie każdy nowy element konstrukcyjny statku powietrznego obligatoryjnie podlega testowemu sprawdzeniu odporności zderzeniowej. Ogromny wzrost mocy obliczeniowej współczesnych komputerów w znacznym stopniu rozszerzył możliwości badań symulacyjnych, jednak ostatecznej weryfikacji dokonuje się zawsze za pomocą metod doświadczalnych. Cechą szczególną testów zderzeniowych jest konieczność stosowania unikatowego instrumentarium opracowanego specjalnie do określonych wymagań. O ile stosowanie kamer, przetworników siły oraz systemów rejestracji danych może podlegać unifikacji i mogą one być stosowane w różnorodnych testach zderzeniowych, o tyle systemy miotające, układy mocowania próbki oraz miotane obiekty są dobierane do indywidualnych potrzeb wynikających z określonej próby. Inne rozwiązania muszą być stosowane w systemach małokalibrowych, inne w systemach wysokoenergetycznych, a występująca różnorodność jest dodatkowo powiększana w zależności od materiału i konsystencji pocisku. Ze względu na stale zwiększające się osiągi samolotów, szczególnie w zakresie prędkości, należy spodziewać się rozwoju instrumentarium umożliwiającego prowadzenie badań wysokoenergetycznych z wykorzystaniem dużych i ciężkich obiektów.

Obecne testy odwzorowują głównie warunki kolizji występujące na niskich wysokościach lotu, gdzie najczęstszą przyczyną są małe ptaki poruszające się pojedynczo lub w grupie. W najbliższych latach rozwój badań zderzeniowych powinien uwzględniać wierną odtwarzalność warunków panujących na dużych wysokościach, gdzie dochodzi do zderzeń z bardzo dużymi, ciężkimi ptakami, co niemal zawsze powoduje tragiczne w skutkach zdarzenia.

Bibliografia

1. Thorpe J., *Fatalities and destroyed civil aircraft due to bird strikes, 1912-2002*, International Bird Strike Committee, Warsaw 2003.
2. Dolbeer R., et. al., *Wildlife Strikes to Civil Aircraft in the United States 1990-2009*, Report of The Associate Administrator For Airports, Office of Airport Safety and Standards Airport Safety & Certification, Federal Aviation Administration, No. 16, Washington DC, May, 2011.
3. Transport Canada, *Sharing the skies. An Aviation Industry Guide to the Management of Wildlife Hazard*, Ottawa 2004.
4. Zbrowski A., *Bezpieczeństwo samolotów w aspekcie zagrożenia kolizją z ptakami*, „Problemy Eksploatacji" Issue 2, 2012, pp. 215-228.
5. Klich E., *Bezpieczeństwo lotów*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Radom 2011.
6. Szczeciński S., Balicki W., Głowacki P., *Uszkodzenia silników turbinowych wywołane zderzeniami z ptakami*, „Przegląd Sił Powietrznych" Issue 2, 2009, pp. 15-21.
7. Zbrowski A., Samborski T., Zacharski S., *Badania odporności zderzeniowej szybkich środków transportu z małymi obiektami*, „Pomiary Automatyka Robotyka PAR", Issue 11, 2012, pp. 59-67.
8. Zbrowski A., Majcher A., *Mechatronic system for impact tests for aero structures,* "Solid State Phenomena" Vol. 198, Mechatronic Systems and Materials IV, 2013, pp. 366-371.
9. Jóźwik W., Zbrowski A., *Determination of the shot energy characteristics of the pneumatic gun by means of high speed imaging method*, Vol. 199, Mechatronic Systems and Materials V, 2013, pp. 291-296.
10. Socha G., Szałkowski S. Zbrowski A., *Nowy system do badania odporności na zderzenie elementów konstrukcji samolotów i pojazdów lądowych zainstalowany w Instytucie Lotnictwa*, XVIII Seminarium: Nieniszczące Badania Materiałów, Zakopane, 13-16 marca 2012, s. 7-18.
11. Zbrowski A., *Modułowa struktura działa pneumatycznego*, „Technologia i Automatyzacja Montażu" Issue 3, 2012, pp. 18-23.
12. James S. Wilbeck J., *Impact Behavior of Low Strength Projectile*, Technical report AFML-TR-77-134, Air Force Flight Dynamics Lab, July 1978.
13. Welsh C., Centonze V., *Aircraft Transparency Testing - Artificial Birds*, Technical report AEDC-TR-86-2, Arnold Engineering Development Center, April 1986.
14. http://www.davis-eng.com/bird_strike_simulator.html
15. Zbrowski A., Działo pneumatyczne do testów zderzeniowych, „Problemy Eksploatacji" Issue 3, 2012, pp. 133-144.
16. Park H., Kim H., *Damage resistance of single lap adhesive composite joints by transverse ice impact*, "International Journal of Impact Engineering" Vol. 37 Issue 2, 2010, pp. 177-184.
17. Park C., Jang B., Kim J, Kim C, Jun S., *Bird strike event monitoring in a composite UAV wing using high speed optical fiber sensing system*, "Composites Science and Technology" Vol. 72 Issue 4, 2012, pp. 498-505.
18. Guida M., Marulo F., Meo M., Riccio M., *Analysis of Bird Impact on a Composite Tailplane Leading Edge*, "Applied Composite Materials" Vol. 15 Issue 4-6, 2008, pp. 241-257.

19. http://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/education/innovations/spotlight/bam.html
20. http://archive.nrc-cnrc.gc.ca/eng/news/nrc/2007/01/07/birdplane.html
21. Capriolo I., Sacerdote U., *High velocity air gun with frangible valve trigger means*, Patent US3428037, 1969.
22. Hou J., Ruiz C., *Soft body impact on laminated composite materials*, "Composites Part A: Applied Science and Manufacturing" Vol. 38 Issue 2, 2007, pp. 505-515.
23. Zbrowski A., Samborski T., Zacharski S., *The method for high-energy throwing of the objects in impact testing*, "TTS Technika Transportu Szynowego" Issue 9, 2012, pp. 619-627.
24. Barber J., Taylor H., Wilbeck J., *Characterization of bird impacts on rigid plate*, Technical report AFFDL-TR-75-5. Air Force Flight Dynamics Lab, January 1975.
25. Boguszewicz P., Wodyński P., *Odporność szyb czołowych szybkich pojazdów szynowych na zderzenia z tzw. ciałami obcym*, „Prace Instytutu Lotnictwa" Issue 4, 2010, pp. 5-12.
26. Zbrowski A., Zacharski S., *Urządzenie wylotowe w armacie pneumatycznej do testów konstrukcji lotniczych*, „TTS Technika Transportu Szynowego" Issue 9, 2012, pp. 629-638.
27. Olsson R., Juntikka R, Asp L., *High velocity hail impact on composite laminates – modelling and testing,* [w:] *Solid Mechanics and Its Applications. Dynamic Failure of Composite and Sandwich Structures*, red. Abrate S., Castanie B., Rayapakse Y., Springer 2013, pp. 393-425.
28. Rhymer J., Kim H., Roach D., *The damage resistance of quasi-isotropic carbon/epoxy composite tape laminates impacted by high velocity ice*, "Composites Part A: Applied Science and Manufacturing" Vol. 43 Issue 7, July 2012, pp. 1134-1144.
29. Barber J., Taylor H., Wilbeck J., *Bird impact forces and pressures on rigid and compliant targets*, Technical report AFFDL-TR-77-60. Air Force Flight Dynamics Lab, May 1978.
30. Zbrowski A., *Badania prototypu działa pneumatycznego*, „Problemy Eksploatacji" Issue 3, 2011, pp. 217-234.
31. McCarthy M., Xiao J., McCarthy C., Kamoulakos A., Ramos J., Gallard J. , Melito V., *Modelling of bird strike on an aircraft wing leading edge made from fibre metal laminates – Part 2: modelling of impact with SPH bird model*, "Applied Composite Materials" Vol. 11 Issue 5, 2004, pp. 317-340.
32. Kermanidis T., Labeas G., Sunaric M., Ubels L., *Development and Validation of a Novel Bird Strike Resistant Composite Leading Edge Structure*. Applied Composite Materials Vol. 12 Issue 6, 2005, pp. 327-353.
33. Georgiadis S., Gunnion A., Thomson R., Cartwright B., *Bird-strike simulation for certification of the Boeing 787 composite moveable trailing edge*, "Composite Structures" Vol. 86 Issues 1-3, 2008, pp. 258-268.
34. Zbrowski A., *Experimental tests concerning the impact resistance of a tailplane*, "Archives of Civil and Mechanical Engineering" Vol. 14 Issue 1, 2014, pp. 53-60.
35. Lavoie M., Gakwaya A., Ensan M., Zimcik D., Nandlallc D., *Bird's substitute tests results and evaluation of available numerical methods*, "International Journal of Impact Engineering" Vol. 36 Issues 10-11, 2009, pp. 1276-1287

dr inż. Andrzej Zbrowski jest adiunktem i kieruje Zakładem Doświadczalnym w Instytucie Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu. Koncentruje się na zagadnieniach związanych z budową maszyn, konstrukcjami mechatronicznych urządzeń badawczych, systemami bezpieczeństwa technicznego oraz badaniami prototypów. Jest autorem lub współautorem ponad 250 publikacji naukowych, 66 uzyskanych patentów oraz 160 zgłoszeń patentowych. Brał udział w realizacji 40 projektów badawczych, ponadto kierował 12 projektami badawczymi i rozwojowymi.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.7

dr inż. **Paweł A. KRÓL**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 9.07.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 26.08.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

OCENA ODPORNOŚCI OGNIOWEJ STROPÓW NA BELKACH STALOWYCH[2]

Evaluation of the fire resistance of steel-beam floors

Оценка огнестойкости перекрытий на стальных балках

Abstrakt
Cel: Celem niniejszego artykułu jest prezentacja procedur i metodologii postępowania przy ocenie odporności ogniowej stropów na belkach stalowych.
Wprowadzenie: Te popularne przed wielu laty rozwiązania technologiczne przeżywają obecnie swój renesans, zarówno w przypadku obiektów współcześnie projektowanych, jak i tych remontowanych czy modernizowanych. Z uwagi na swoją prostotę oraz łatwość wykonania, stropy te doskonale sprawdzają się właśnie jako technologia idealna w przypadku remontów czy nawet konieczności całkowitej wymiany istniejącego stropu na nowy. Bardzo często występują one w obiektach, które pod względem statystycznym relatywnie często w ciągu ostatnich kilku lat ulegały pożarom, np. w starych kamienicach i wolnostojących budynkach mieszkalnych, wybudowanych jeszcze przed II wojną światową lub tuż po jej zakończeniu. Niemały jest też udział tychże rozwiązań w budynkach przemysłowych, wzniesionych w czasach gospodarki socjalistycznej. Argumenty te uzasadniają potrzebę podjęcia tematu właściwej oceny bezpieczeństwa tychże stropów w odniesieniu do przepisów i wymagań wprowadzonych po wejściu Polski do struktur Unii Europejskiej oraz w oparciu o postanowienia najnowszych norm projektowania konstrukcji.
Metodologia: Autor wprowadza czytelnika w zagadnienia oceny odporności ogniowej stropów na belkach stalowych, podając podstawowe wymagania prawne w tym zakresie, wynikające z treści przepisów techniczno-budowlanych, a następnie wskazuje procedury i metody postępowania oparte na postanowieniach Eurokodów. Znaczną część opracowania zajmuje sugestywny przykład obliczeniowy, będący czymś w rodzaju przewodnika, w którym autor, prowadząc krok po kroku szczegółowe obliczenia, tworzy gotowy wzorzec postępowania, przeznaczony do wielokrotnego wykorzystania.
Wnioski i znaczenie dla praktyki: Przeprowadzone analizy obliczeniowe i zaproponowany sposób rozumowania mogą być wykorzystane przy ocenie odporności ogniowej konstrukcji stropów o podobnych rozwiązaniach technicznych. Zamieszczony w pracy przykład obliczeniowy pokazuje, iż wbrew obiegowej opinii, zastosowanie modelu pożaru standardowego nie zawsze prowadzi do konserwatywnych oszacowań. Uzasadnia to potrzebę szczególnej wnikliwości przy ocenie warunków środowiska pożaru oraz konieczność traktowania każdego przypadku projektowego w sposób indywidualny i z dużą atencją. Autor podsumowuje artykuł, formułując kilka praktycznych wniosków.

Słowa kluczowe: pożar, bezpieczeństwo pożarowe, element konstrukcyjny, stalowa belka stropowa, strop na belkach stalowych, pożar standardowy, pożar parametryczny
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Abstract
Objective: The main goal of this article is to present the procedures and methodologies for assessing fire resistance of steel-beam floors.
Introduction: These technical solutions, popular many years ago, are currently experiencing a renaissance, both in case of the facilities which are currently designed, as well as those repaired or upgraded. Due to its simplicity and ease of implementation they apply perfectly just as ideal technology for repairs or even complete replacement of the existing floor structures. This type of floors was very often used in old houses and detached residential buildings constructed before World War II or shortly after its completion which, relatively frequently in the past few years, underwent fires. Also a considerable part of these solutions can be met in industrial buildings,

[1] Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Budowlanej, Zespół Konstrukcji Metalowych, Al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa; p.krol@il.pw.edu.pl (obecnie: Auburn University, Samuel Ginn College of Engineering, Dept. of Civil Engineering, 213A Ramsay Hall, 261 W. Magnolia Ave., Auburn, AL 36849, USA w ramach stypendium Polsko-Amerykańskiej Komisji Fulbrighta);
[2] Artykuł wyróżniony przez komitet redakcyjny / Article recognised by the editorial committee;

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.7

built yet in the era of socialism. These arguments justify the need to take the subject of proper safety assessment of these technical solutions in respect of the legal provisions introduced after the Polish accession to the European Union and on the basis of the design provisions of the latest European package of structural design standards.
Methodology: The author introduces the reader to the concept of fire resistance evaluation of steel-beam floors, giving basic legal requirements in this regard, resulting from the necessity to satisfy the essential rules of European Directive 89/106/EEC, implemented to Polish building regulations. Then he specifies the procedures and methods of treatment, based on the provisions of the Eurocodes. A significant part of the study consists of suggestive calculation example, which may serve as a guide-book, in which the author, leading step-by-step detailed calculations, produces the ready-to-use template, intended for multiple use.
Conclusions and relevance for practice: The carried out calculation analyzes and proposed method of reasoning can be also used to evaluate the fire resistance of slabs with similar technical solutions. The calculation example posted in the paper shows that, contrary to popular opinion, the use of standard fire model does not always lead to conservative estimates. This justifies the need for a special insight when assessing the environmental conditions of fire and the need to treat each design case very individually and with great attendance. The author concludes the article by formulating the set of some practical and applicable conclusions.

Keywords: fire, fire safety, structural element, steel joist, steel-beam floor, standard temperature-time fire scenario, parametric temperature-time fire scenario
Type of article: review article

Аннотация
Цель: Целью данной статьи является представление процедур и методологий проведения действий во время оценки огнестойкости перекрытий на стальных балках.
Введение: Эти популярные много лет назад технологические решения в настоящее время переживают период возрождения, как в случае современных (проектированных) объектов, так и в случае ремонтируемых или модернизируемых. Благодаря своей простоте и легкости исполнения перекрытия такого рода идеально подходят для ремонтов либо даже в случае необходимости полной замены существующего перекрытия на новое. Очень часто они встречаются на объектах, в которых статистически довольно часто за последние несколько лет происходили пожары, например, в старых домах и частных жилых домах, построенных ещё до Второй мировой войны или вскоре после ее завершения. Таких решений есть также немало среди промышленных зданий, построенных во времена социалистической экономики. Эти аргументы обосновывают необходимость рассмотрения вопроса о соответственной оценке безопасности этих перекрытий относительно к правилам и требованиям, введённым после вступления Польши в Европейский Союз и согласно положениям новейших стандартов проектирования конструкций.
Методология: Автор знакомит читателя с концепцией, связанной с оценкой огнестойкости перекрытий на стальных балках, представляя основные правовые требования в этой области, вытекающие из содержимого технических и -строительных регламентов. Далее также указывает процедуры и методы их проведения, основанные на положениях Еврокодов. Значительную часть исследования занимает приведённый расчётный пример, являющийся своего рода инструкцией, в которой автор проводит пошаговые подробные расчеты, создаёт готовый образец поведения, предназначенный для многократного использования.
Выводы и значение для практики: Проведённые вычислительные анализы и предложенный метод обоснования могут быть использованы при оценке огнестойкости конструкции перекрытий с аналогичными техническими решениями. Опубликованный в работе пример расчетов показывает, что вопреки распространенному мнению, использование стандартной модели пожара не всегда приводит к типичным подсчетам. Это обосновывает необходимость особого понимания при оценке условий пожарной среды и необходимость индивидуального, специального подхода к каждому проектному случаю. Автор делает заключение, формулируя несколько практических выводов.

Ключевые слова: пожар, пожарная безопасность, конструкционный элемент, стальная балка перекрытия, перекрытие на стальных балках, стандартный пожар, параметрический пожар
Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Inspirację do napisania niniejszego artykułu stanowią własne doświadczenia zawodowe autora, związane zarówno z projektowaniem stropów na belkach stalowych w ramach nowo planowanych inwestycji, jak i oceną istniejących konstrukcji tychże stropów, po wieloletniej eksploatacji lub po pożarze. W ostatnich latach bardzo często media podawały informacje o wybuchających w nocy pożarach starych, przedwojennych kamienic w Warszawie. Znaczący w tym zakresie był rok 2011, kiedy to wg doniesień medialnych na warszawskiej Pradze odnotowano ponad 30 pożarów w budynkach zwanych „ostańcami" – czyli w starych kamienicach, które jako nieliczne w stolicy przetrwały II wojnę światową. Bardzo często również, szczególnie w tzw. okresie „grzewczym", środki masowego przekazu donoszą o pożarach starych budynków, w których dochodzi albo do zwarcia w instalacji elektrycznej, albo też za bezpośrednią przyczynę pożaru uznaje się nieszczelny komin, piec lub kuchnię opalaną paliwem stałym czy wreszcie niedopałek papierosa, nieumyślnie rzucony na podłogę po libacji alkoholowej. Niezależnie od przyczyny następstwa tego typu wydarzeń są z reguły podobne: budynek zostaje zamknięty, lokatorzy ewakuowani, a kolejnym krokiem jest konieczność sporządzenia ekspertyzy technicznej dotyczącej możliwości i bezpieczeństwa dalszego użytkowania obiektu, wynikającej z obowiązku nałożonego na właściciela decyzją właściwego, powiatowego inspektora nadzoru budowlanego. Często konieczność sporządzenia opinii technicznej rodzi się i bez pożaru jako czynnika sprawczego. Przy zmianie funkcji budynku, czy sposobu jego użytkowania zachodzi konieczność wykazania, iż przyjęte rozwiązania kon-

strukcyjno-materiałowe są bezpieczne przy uwzględnieniu warunków wynikających z nowego sposobu użytkowania i czy spełniają wymagania odpowiednich przepisów techniczno-budowlanych, ze szczególnym uwzględnieniem ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane [1] oraz Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. [2] w zakresie, m.in. odporności ogniowej.

Niniejszy artykuł ma służyć pomocą projektantom, rzeczoznawcom, ekspertom ochrony przeciwpożarowej, inspektorom państwowego nadzoru budowlanego, pracownikom administracji architektoniczno-budowlanej i służb ochrony zabytków, którzy w swojej praktyce zawodowej spotkają się z koniecznością przeprowadzenia podobnych analiz dla stropów opartych na belkach stalowych. Ma też wskazać trudności i wyjaśnić niejasności, na jakie może się natknąć osoba oceniająca podczas prowadzonych czynności.

2. Rozwiązania konstrukcyjno-materiałowe stropów na belkach stalowych

Do najbardziej popularnych rozwiązań systemowych należących do tej grupy stropów można zaliczyć przede wszystkim: stropy Kleina, sklepienia odcinkowe z cegły, czy stropy z płyt żelbetowych typu PS 170, PSW 170 i WPS (Wrocławska Płyta Stropowa). Do grupy tej można również zaliczyć stropy z płytą żelbetową monolityczną, choć tego typu technologia była najczęściej stosowana w rozwiązaniach „chałupniczych", zwykle w budynkach zagrodowych, wznoszonych systemem gospodarczym. O ile w praktyce stropy z ceglaną płytą stropową były realizowane mniej więcej do końca lat 50. ubiegłego stulecia, o tyle technologia wykorzystująca żelbetowe płyty prefabrykowane znajdowała zastosowanie praktycznie do końca istnienia państwowych zakładów prefabrykacji betonu. W rzeczywistości jednak stropy Kleina były wykonywane z powodzeniem, szczególnie na terenach wiejskich i w małych miejscowościach, nawet do końca lat 80. XX wieku. Grupa budynków, w których mamy do czynienia ze stropami ceglanymi na belkach stalowych, jest wciąż bardzo duża. Do budynków tych możemy zaliczyć przede wszystkim stare kamienice w zabudowie miejskiej, ale też mniejsze – indywidualne budynki mieszkalne w zabudowie podmiejskiej i zagrodowej.

Podobnie jeśli przyjrzymy się zastosowaniu stropów typu WPS, to znajdowały one szerokie zastosowanie w tzw. budownictwie przemysłowym i były ulubioną technologią wznoszenia obiektów spółdzielni rolniczych, Gminnych Spółdzielni „Samopomoc Chłopska" czy popularnych stacji Państwowych Ośrodków Maszynowych (POM). Wiele z tych budynków przetrwało okres przemian ustrojowych, po okresie częściowej dewastacji zmieniło właściciela, by zacząć swoje drugie życie w nowej rzeczywistości społeczno-ekonomicznej. Część z nich przekształciła się w budynki biurowe, część z nich została zaadaptowana na sale weselne i bankietowe, czy wreszcie hotele robotnicze. Znaczna część z nich przechodzi właśnie prace adaptacyjno-remontowe, a część wciąż czeka na swoją drugą szansę, zanim ulegną kompletnej dewastacji.

W ostatnich latach technologia wykonywania stropów na belkach stalowych, pozornie zapomniana i uznana za archaiczną, zaczęła przezywać swój renesans. Wiele pracowni architektonicznych specjalizujących się w projektach budynków stylizowanych na art déco stosuje obecnie stropy typu Kleina w swoich rozwiązaniach projektowych. Bardzo często stropy na belkach stalowych są projektowane i realizowane współcześnie na potrzeby remontów i modernizacji istniejących budynków ze stropami drewnianymi, w których utraciły one swoje funkcje nośne – bądź na skutek naturalnej degradacji, bądź na przykład w następstwie pożaru. Jest to technologia, która znakomicie nadaje się do tego celu.

Wszystkie te argumenty uzasadniają potrzebę podjęcia tematyki oceny bezpieczeństwa pożarowego stropów na belkach stalowych i poświęcenia im niniejszego opracowania.

3. Wymagania w zakresie odporności ogniowej stropów i sposób oceny zgodności konstrukcji z owymi wymaganiami

Zgodnie z treścią §207, ust.1 przywołanego już wcześniej Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. [2]: „Budynek i urządzenia z nim związane powinny być zaprojektowane i wykonane w sposób zapewniający w razie pożaru:

1. nośność konstrukcji przez czas wynikający z rozporządzenia,
2. ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i dymu w budynku,
3. ograniczenie rozprzestrzeniania się pożaru na sąsiednie budynki,
4. możliwość ewakuacji ludzi,

a także uwzględniający bezpieczeństwo ekip ratowniczych."

W praktyce dochowanie tych zasad ogólnych sprowadza się do spełnienia przez elementy budynku określonych kryteriów w zakresie nośności (R), szczelności (E) i izolacyjności (I) ogniowej, przez wskazany w przepisach czas, wynikający z klasy odporności pożarowej budynku oraz typu elementu i jego funkcji.

Klasyfikacja budynków warunkująca wymagania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego w Polsce opiera się na podziale ze względu na wysokość oraz na sposób użytkowania.

Podział w zakresie wysokości obejmuje pięć grup budynków: niskie (nie wyższe niż 12 m), średniowysokie (powyżej 12 m do 25 m), wysokie (powyżej 25 m do 55 m) i wysokościowe (powyżej 55 m).

Po ustaleniu podstawowego przeznaczenia czy też funkcji budynku można go przyporządkować do jednej z trzech kategorii: zagrożenia ludzi – ZL (do kategorii tej zalicza się obiekty, których podstawowa funkcja jest ściśle związana z przebywaniem ludzi), obiektów produkcyjno-magazynowych – PM (w których podstawową

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.7

funkcją jest produkcja i/lub magazynowanie) lub inwentarskich – oznaczonych symbolem IN (przeznaczonych do hodowli zwierząt lub uprawy roślin).

Dysponując informacjami nt. wysokości budynku, gęstości obciążenia ogniowego budynku bądź jego kategorii, zgodnie z projektowanym przeznaczeniem określa się dla niego tak zwaną „klasę odporności pożarowej" (jedną z pięciu oznaczaną kolejnymi literami alfabetu: od najwyższej A do najniższej E). Przyporządkowania dokonuje się na podstawie [2]. W przepisach zawarto szereg przypadków, w których wymaganą klasę odporności pożarowej można obniżyć, bądź kiedy należy ją podnieść. Bezpośrednio z ustalonej klasy odporności pożarowej wynikają wymagania w zakresie odporności ogniowej elementów budynku, co przedstawiono w tabeli 1.

Oceny zgodności elementów konstrukcji z powyższymi wymaganiami (w szczególności w zakresie kryterium nośności – R) można dokonać na kilka sposobów, ale najlepszym rozwiązaniem jest wykorzystanie do tego celu procedur zawartych w nowych normach projektowania konstrukcji wchodzących w skład pakietu Eurokodów. I choć z formalnego punktu widzenia normy projektowania nie są dokumentami do tzw. obowiązkowego stosowania, stanowią jedynie dokumenty doradcze w doborze rozwiązań, jednakże zgodnie z polskim prawem i treścią §204, ust. 4. Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. [2], „warunki bezpieczeństwa konstrukcji […] uznaje się za spełnione, jeżeli konstrukcja ta odpowiada Polskim Normom dotyczącym projektowania i obliczania konstrukcji".

Zgodnie z treścią preambuły do pakietu najnowszych europejskich norm projektowania konstrukcji: „Państwa członkowskie UE i EFTA uznają, że Eurokody stanowią dokumenty odniesienia: – do wykazania zgodności budynków i obiektów inżynierskich z wymaganiami podstawowymi dyrektywy Rady 89/106/EWG, szczególnie wymagania podstawowego nr 1 (Nośność i stateczność) oraz wymagania podstawowego nr 2 (Bezpieczeństwo pożarowe); – jako podstawa do zawierania umów dotyczących obiektów budowlanych i związanych z nimi usług inżynierskich; – jako dokument ramowy do opracowania zharmonizowanych specyfikacji technicznych dotyczących wyrobów budowlanych (norm europejskich – EN i europejskich aprobat technicznych – ETA)".

Do najważniejszych z nich, znajdujących zastosowanie przy ocenie bezpieczeństwa konstrukcji stalowych, należy zaliczyć normy: PN-EN 1990 [3], PN-EN 1991-1-2 [4] oraz PN-EN 1993-1-2 [5].

Norma PN-EN 1990 [3], zwana także potocznie Eurokodem 0 (zero), definiująca podstawowe założenia projektowania oraz główne wymagania dotyczące zapewnienia bezpieczeństwa, użytkowania i trwałości konstrukcji, pełni w całym zbiorze funkcję nadrzędną, a zawarte w niej postanowienia muszą być respektowane w pozostałych częściach zbioru norm. Zasady w niej podane oparte są na koncepcji stanów granicznych posługującej się w projektowaniu tzw. metodą częściowych współczynników bezpieczeństwa.

Zgodnie z przyjętym programem Eurokodów, oddziaływania termiczne i mechaniczne na konstrukcje poddane

Tabela 1.

Klasy odporności ogniowej elementów budynku, wg [2]

Klasa odporności pożarowej budynku	**Klasa odporności ogniowej elementów budynku**					
	główna konstrukcja nośna	konstrukcja dachu	strop	ściana zewnętrzna	ściana wewnętrzna	przekrycie dachu
"A"	R 240	R 30	R E I 120	E I 120 (o-i)	E I 60	R E 30
"B"	R 120	R 30	R E I 60	E I 60 (o-i)	E I 30	R E 30
"C"	R 60	R 15	R E I 60	E I 30 (o-i)	E I 15	R E 15
"D"	R 30	(-)	R E I 30	E I 30 (o-i)	(-)	(-)
"E"	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

Table 1.

Fire protection requirements for major structural elements of buildings (rates in minutes), according to [2]

Specified Fire Resistant Class of a Building	**Fire Protection Requirements for Major Structural Elements of Buildings**					
	Main supporting structural members (colemns, walls)	Structure of the roof	Floor structure	External wall	Internal wall	Roof finishing layers
"A"	R 240	R 30	R E I 120	E I 120 (o-i)	E I 60	R E 30
"B"	R 120	R 30	R E I 60	E I 60 (o-i)	E I 30	R E 30
"C"	R 60	R 15	R E I 60	E I 30 (o-i)	E I 15	R E 15
"D"	R 30	(-)	R E I 30	E I 30 (o-i)	(-)	(-)
"E"	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)

wpływom temperatur pożarowych należy ustalać na podstawie normy PN-EN 1991-1-2 [4]. W normie podano kilka możliwych wariantów określania obliczeniowych oddziaływań pożarowych, podzielonych na modele nominalne (krzywa standardowa temperatura-czas, krzywa pożaru zewnętrznego, krzywa węglowodorowa), uproszczone modele naturalne (pożary lokalne, pożary strefowe) i zaawansowane modele naturalne pożaru (modele jednostrefowe, dwustrefowe i modele CFD).

Zagadnienia dotyczące procedur sprawdzania nośności konstrukcji stalowych poddanych oddziaływaniu temperatur pożarowych są przedmiotem normy PN-EN 1993-1-2 [5]. W normie podano m.in. sposoby obliczania temperatury stalowych elementów konstrukcji poddanych oddziaływaniom pożarowym, zarówno tych niechronionych, jak i tych osłoniętych za pomocą materiałów izolacyjnych. Ponadto norma podaje również sposób obliczania temperatury krytycznej elementu stalowego konstrukcji, tj. takiej temperatury, po osiągnięciu której przyjmuje się, że element przestaje pełnić swoje funkcje nośne oraz najistotniejsze informacje dotyczące właściwości mechanicznych i termicznych stali konstrukcyjnych oraz sposobu ich zmienności, w zależności od temperatury.

4. Procedury oceny nośności konstrukcji w warunkach pożaru

4.1. Ustalanie wielkości oddziaływań

Przy sprawdzaniu stanu granicznego zniszczenia lub nadmiernego odkształcenia przekroju, elementu konstrukcji lub połączenia należy wykazać, że w żadnej z przewidywanych sytuacji projektowych wartości obliczeniowe efektów oddziaływań nie przekroczą wartości obliczeniowej odpowiedniej nośności, co można w sposób uproszczony wyrazić wzorem:

$$E_d \le R_d , \tag{1}$$

Według [3] w przypadku trwałych i przejściowych sytuacji projektowych, obliczeniowe efekty oddziaływań na konstrukcje należy ustalać na podstawie tzw. kombinacji podstawowej, opisanej zależnością:

$$\sum_{j\ge 1}\gamma_{G,j}G_{k,j}"+"\gamma_P P"+"\gamma_{Q,1}Q_{k,1}"+"\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i} \tag{2}$$

gdzie znak „+” oznacza w ogólnym rozumieniu, iż dany składnik „należy uwzględnić w kombinacji z”.

Jako że stosowanie wzoru (2) z reguły prowadzi do nieco wyższych oszacowań, co w efekcie skutkuje większym zużyciem materiałów, załącznik krajowy do normy [3] zaleca, aby w trwałej i przejściowej sytuacji obliczeniowej przyjmować jako miarodajną tzw. kombinację alternatywną, rozumianą jako mniej korzystne wyrażenie z dwóch podanych poniżej, opisanych wzorami (3a) lub (3b):

$$\sum_{j\ge 1}\gamma_{G,j}G_{k,j}"+"\gamma_P P"+"\gamma_{Q,1}\psi_{0,1}Q_{k,1}"+"\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i} \tag{3a}$$

$$\sum_{j\ge 1}\xi_j\gamma_{G,j}G_{k,j}"+"\gamma_P P"+"\gamma_{Q,1}Q_{k,1}"+"\sum_{i>1}\gamma_{Q,i}\psi_{0,i}Q_{k,i} \tag{3b}$$

W przypadku wyjątkowych sytuacji obliczeniowych, do których należy zaliczyć pożar, kombinacja oddziaływań dla stanów granicznych nośności konstrukcji przyjmuje postać:

$$\sum_{j\ge 1}G_{k,j}"+"P"+"A_d"+"\left(\psi_{1,1}\text{ lub }\psi_{2,1}\right)Q_{k,1}"+"\sum_{i>1}\psi_{2,i}Q_{k,i} \tag{4}$$

Zaleca się, aby w sytuacjach pożarowych, niezależnie od wpływu temperatury na właściwości materiału, wartość A_d wyrażała wartość obliczeniową pośredniego oddziaływania wywołanego pożarem, ustalaną indywidualnie dla każdego projektu. W praktycznych zastosowaniach, w przypadku konstrukcji stalowych, składnik A_d z reguły nie jest uwzględniany, ponieważ wartości rzeczywiste ewentualnych dodatkowych sił osiowych wynikających z termicznego wydłużenia elementu są trudne do ustalenia z uwagi na brak znajomości faktycznej podatności podpór. Ponadto odkształcenia poprzeczne wynikające z dość gwałtownego spadku wielkości modułu sprężystości poprzecznej Younga w warunkach podwyższonych temperatur pożarowych redukują wpływ sił podłużnych wynikających z wydłużenia.

Norma zaleca także, aby siłę sprężającą P uważać za oddziaływanie stałe, wywołane przez kontrolowane siły lub też kontrolowane odkształcenia wymuszone konstrukcji. Wskazuje się na potrzebę odróżniania tego rodzaju sprężenia od innych, np. sprężenia cięgnami czy wstępnie wymuszonymi odkształceniami. Ponieważ trudno jest mówić o kontrolowanym sprężeniu konstrukcji w warunkach pożaru, również składnik P, uwzględniający wpływ sił sprężających, nie znajduje praktycznego zastosowania, dzięki czemu wzór (4) upraszcza się do postaci:

$$E_d = \sum_{j\ge 1}G_{k,j}"+"\left(\psi_{1,1}\text{ lub }\psi_{2,1}\right)Q_{k,1}"+"\sum_{i>1}\psi_{2,i}Q_{k,i} \tag{5}$$

Jako że w większości sytuacji pożarowych nie mamy do czynienia z więcej niż jednym istotnym składnikiem oddziaływań zmiennych, powyższy wzór, w praktycznych zastosowaniach, zwykle upraszcza się jeszcze bardziej i przyjmuje on postać:

$$E_d = \sum_{j\ge 1}G_{k,j}"+"\left(\psi_{1,1}\text{ lub }\psi_{2,1}\right)Q_{k,1} \tag{6}$$

Biorąc pod uwagę zalecenia załącznika krajowego do normy PN-EN 1991-1-2 [4] dotyczące stosowania w obliczeniach wartości prawie stałej wiodących oddziaływań zmiennych, formuła powyższa faktycznie upraszcza się jeszcze bardziej, przyjmując w warunkach polskich ostateczną postać ogólną:

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.7

$$E_d = \sum_{j\geq 1} G_{k,j} "+" \psi_{2,1} Q_{k,1} \quad (7)$$

Kombinację charakterystyczną oddziaływań, którą należy stosować do oceny nieodwracalnych stanów granicznych użytkowalności konstrukcji, wyraża się wzorem:

$$\sum_{j\geq 1} G_{k,j} "+" P "+" Q_{k,1} "+" \sum_{i>1} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (8)$$

gdzie poszczególne symbole, występujące we wzorach (2)-(8) oznaczają odpowiednio:
$G_{k,j}$ – wartość charakterystyczną oddziaływania stałego j,
P – miarodajną wartość reprezentatywną oddziaływania sprężającego,
A_d – wartość obliczeniową oddziaływania wyjątkowego,
$Q_{k,1}$ – wartość charakterystyczną głównego (wiodącego) oddziaływania zmiennego,
$Q_{k,i}$ – wartości charakterystyczne towarzyszących oddziaływań zmiennych i,
$\psi_{0,1}$ – współczynnik dla wartości kombinacyjnej wiodącego oddziaływania zmiennego,
$\psi_{0,i}$ – współczynnik dla wartości kombinacyjnej towarzyszących oddziaływań zmiennych i,
$\psi_{1,1}$ – współczynnik kombinacyjny dla wartości częstej wiodącego oddziaływania zmiennego,
$\psi_{2,1}$ – współczynnik kombinacyjny dla wartości prawie stałej wiodącego oddziaływania zmiennego,
$\psi_{2,i}$ – współczynnik kombinacyjny dla wartości prawie stałej towarzyszącego oddziaływania zmiennego i,
$\gamma_{G,j}$ – współczynnik częściowy do oddziaływania stałego j,
$\gamma_{Q,1}$ – współczynnik częściowy do wiodącego oddziaływania zmiennego,
$\gamma_{Q,i}$ – współczynnik częściowy do towarzyszących oddziaływań zmiennych i,
γ_P – współczynnik częściowy do oddziaływań zmiennych,
ξ_j – współczynnik redukcyjny do oddziaływań stałych j.

4.2. Ustalanie wartości temperatury krytycznej

Najprostszym sposobem oceny nośności konstrukcji wykonanej ze stali węglowej, nienarażonej na zjawiska niestateczności, przy założeniu równomiernego rozkładu temperatury na wysokości przekroju oraz na długości elementu jest ocena w domenie czasowej, polegająca – w najprostszym rozumieniu – na określeniu czasu, w ciągu którego element nagrzewa się do poziomu tzw. temperatury krytycznej. Przez temperaturę krytyczną należy rozumieć taką wartość temperatury konstrukcji, którą utożsamia się z chwilą całkowitej utraty nośności przez element o danym stopniu wytężenia odniesionym do warunków normalnych. Bezpośrednie porównanie czasu, w jakim nagrzewany element osiąga poziom temperatury krytycznej, z wymaganiami określonymi w przepisach techniczno-budowlanych daje odpowiedź na pytanie, czy element posiada wystarczającą nośność w rozumieniu wymagań bezpieczeństwa pożarowego.

Wartość temperatury krytycznej można z pewnym przybliżeniem ustalić na podstawie wzoru (9). Zależność opisana wzorem jak niżej została jedynie podana w formie funkcji jednej zmiennej – wskaźnika wykorzystania nośności μ_0 w czasie t=0, czyli w chwili wybuchu pożaru,

$$\theta_{a,cr} = 39{,}19 \ln\left[\frac{1}{0{,}9674\,\mu_0^{3{,}833}} - 1\right] + 482 \quad (9)$$

gdzie μ_0 przyjmuje się o wartości nie mniejszej niż 0,013.

4.3. Ocena temperatury gazów pożarowych (ocena nośności konstrukcji w domenie termicznej)

Ocena na podstawie krzywej standardowej temperatura-czas

Krzywa standardowa (zwana też krzywą ISO 834) jest umowną funkcją stosowaną w badaniach naukowych do oceny odporności ogniowej elementów konstrukcyjnych oraz wydzielonych podukładów. Jej przebieg ma symulować warunki w pełni rozwiniętego pożaru w pomieszczeniach. Przyjęty model ma charakter uproszczony, ponieważ temperatura gazów jest tu jedynie funkcją jednej zmiennej – czasu, zupełnie niezależną od innych istotnych parametrów determinujących rzeczywisty przebieg pożaru, takich jak choćby rodzaj i rozmieszczenie nagromadzonych materiałów palnych, wielkość strefy pożarowej czy warunki wentylacji. Temperatura gazów pożarowych, opisana krzywą standardową, rośnie monotonicznie i nie uwzględnia fazy stygnięcia, co jest niezgodne z naturą realnego pożaru. Krzywa ta ma znaczenie historyczne – stosowana przez szereg lat do oceny zachowania się konstrukcji poddanych silnym oddziaływaniom termicznym, została przyjęta jako element odniesienia, do którego odwołują się parametry odporności ogniowej (w szczególności kryterium nośności „R"), podawane współcześnie w przepisach techniczno-budowlanych [2]. Pomimo pewnych niedoskonałości tego modelu pożaru, nadal stanowi on podstawowe narzędzie służące do analizy bezpieczeństwa pożarowego elementów konstrukcyjnych budynków. Panuje powszechne przekonanie, iż szacowanie bezpieczeństwa pożarowego konstrukcji w oparciu o standardowy opis pożaru prowadzi do rozwiązań konserwatywnych, nieuzasadnionych pod względem ekonomicznym, co nie zawsze jest prawdą.

Standardowa krzywa temperatura-czas opisana jest wzorem:

$$\theta_g = 20 + 345 \log_{10}(8t + 1) \quad (10)$$

gdzie:
θ_g – oznacza temperaturę gazów pożarowych, [°C];
T^g – czas trwania rozwiniętego pożaru, od momentu jego rozgorzenia, [minuty].

Ocena na podstawie krzywej parametrycznej temperatura-czas

Model pożaru opisanego krzywą parametryczną temperatura-czas, scharakteryzowaną szerzej w Załączniku A normy [4], stanowi odejście od wspomnianych wcześniej uproszczeń. Funkcja opisująca przebieg pożaru parametrycznego jest nadal funkcją jednej zmiennej czasowej, w tym jednak przypadku owa funkcja czasowa jest zależna od trzech istotnych parametrów fizycznych takich jak: gęstość obciążenia ogniowego, absorpcyjność termiczna przegród wydzielających daną strefę pożarową oraz wielkość otworów wentylacyjnych w ścianach. Krzywe parametryczne znajdują zastosowanie w przypadku stref pożarowych o powierzchni podłogi nieprzekraczającej 500 m^2, bez otworów w przegrodach poziomych i o maksymalnej wysokości strefy wynoszącej 4,0 m. W wielu sytuacjach szczególnie te dwa pierwsze ograniczenia mogą stanowić istotną przeszkodę w wykorzystaniu opisu parametrycznego do analizy bezpieczeństwa pożarowego elementów konstrukcyjnych np. w przypadku obiektów wielkopowierzchniowych.

Krzywa parametryczna składa się z dwóch fragmentów, z których jeden obejmuje fazę nagrzewania, drugi zaś fazę chłodzenia. W fazie nagrzewania krzywa parametryczna temperatura-czas jest określona wzorem:

$$\theta_g = 20 + 1325\left(1 - 0{,}324e^{-0{,}2t^*} - 0{,}204e^{-1{,}7t^*} - 0{,}472e^{-19t^*}\right) \quad (11)$$

zaś w fazie chłodzenia wzorami:

a) w przypadku pożaru kontrolowanego przez wentylację:

$$\theta_g = \theta_{max} - 625\left(t^* - t^*_{max}\right) \text{ dla } t^*_{max} \le 0{,}5 \quad (12a)$$

$$\theta_g = \theta_{max} - 250\left(3 - t^*_{max}\right)\left(t^* - t^*_{max}\right) \text{ dla } 0{,}5 < t^*_{max} < 2 \quad (12b)$$

$$\theta_g = \theta_{max} - 250\left(t^* - t^*_{max}\right) \text{ dla } t^*_{max} \ge 2 \quad (12c)$$

b) w przypadku pożaru kontrolowanego podażą paliwa:

$$\theta_g = \theta_{max} - 625\left(t^* - \Gamma t_{lim}\right) \text{ dla } t^*_{max} \le 0{,}5 \quad (13a)$$

$$\theta_g = \theta_{max} - 250\left(3 - t^*_{max}\right)\left(t^* - \Gamma t_{lim}\right) \text{ dla } 0{,}5 < t^*_{max} < 2 \quad (13b)$$

$$\theta_g = \theta_{max} - 250\left(t^* - \Gamma t_{lim}\right) \text{ dla } t^*_{max} \ge 2 \quad (13c)$$

Wielkości podane w powyższych wzorach oznaczają odpowiednio:

θ_g – oznacza temperaturę gazów pożarowych, [°C];

t – czas trwania pożaru, [h];

$t^* = t \cdot \Gamma$, [h];

$$\Gamma = \left(\frac{O/0{,}04}{b/1160}\right)^2, \text{ [-]};$$

b – współczynnik absorpcyjności termicznej przegrody: $b = \sqrt{(bc\lambda)}$, przy jednoczesnym ograniczeniu: $100 \le b \le 2200$, [J/m^{2}s$^{1/2}$K];

ρ – ciężar objętościowy elementów ograniczających, [kg/m^3];

c – ciepło właściwe elementów ograniczających, [J/kgK];

λ – przewodność cieplna elementów ograniczających, [W/mK];

O – wskaźnik otworów: $O = \dfrac{A_V\sqrt{h_{eq}}}{A_t}$, przy jednoczesnym ograniczeniu: $0{,}02 \le b \le 0{,}02$, [m$^{1/2}$];

A_V – całkowita powierzchnia pionowych otworów we wszystkich ścianach, [m^2];

h_{eq} – średnia ważona wysokości okien we wszystkich ścianach, [m];

A_t – całkowita powierzchnia elementów ograniczających (ścian, sufitu i podłogi, łącznie z otworami), [m^2]

$t^*_{max} = \left(0{,}0002 \cdot q_{t,d} / O\right) \cdot \Gamma$, [h];

$q_{t,d}$ – obliczeniowa wartość gęstości obciążenia ogniowego, odniesiona do całkowitego pola powierzchni ograniczających A_t: $q_{t,d} = q_{f,d} \cdot A_f / A_t$, przy jednoczesnym ograniczeniu: $50 \le q_{t,d} \le 1000$, [MJ/m^2];

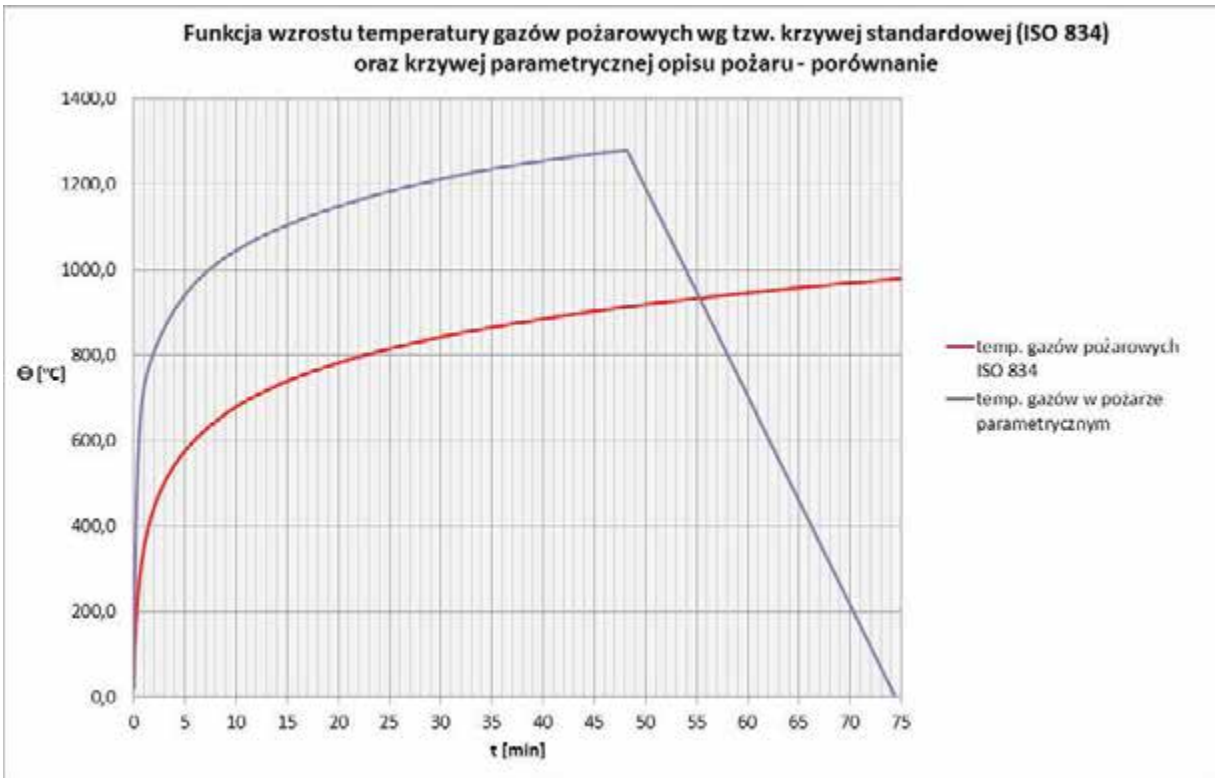
$q_{f,d}$ – obliczeniowa wartość gęstości obciążenia ogniowego, odniesiona do pola powierzchni podłogi A_f, [MJ/m^2];

Szczegółowe zasady ustalania wartości parametrów b, $q_{f,d}$ i t_{lim} podano w treści Załącznika A do normy [4].

Na ryc. 1 przedstawiono dla porównania dwie krzywe opisujące zależność temperatura-czas (standardową oraz parametryczną), wyznaczone dla tych samych specyficznych warunków strefy pożarowej przyjętych w przykładzie obliczeniowym. Analiza wykreślonych funkcji przeczy obiegowej opinii, propagowanej z resztą dość powszechnie w wielu pozycjach literaturowych, iż model pożaru standardowego stanowi w każdym przypadku podejście bardziej konserwatywne, skutkujące nadmiernie bezpiecznymi oszacowaniami bezpieczeństwa pożarowego konstrukcji. Specyficzna konfiguracja strefy pożarowej wynikająca z dużej podaży paliwa przy równocześnie sprzyjającej zdolności do wentylacji może w określonych sytuacjach skutkować warunkami znacznie gorszymi w rozumieniu oddziaływań środowiskowych, niż wynikają one z opisu za pomocą krzywej nominalnej ISO 834.

Warto na ten fakt zwrócić szczególną uwagę i zachować daleko idącą powściągliwość oraz pokorę w kwestii oceny potencjalnych warunków środowiska pożaru.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.7



Ryc. 1. Porównanie funkcji wzrostu temperatury gazów pożarowych: standardowej i parametrycznej, Źródło: Opracowanie własne.

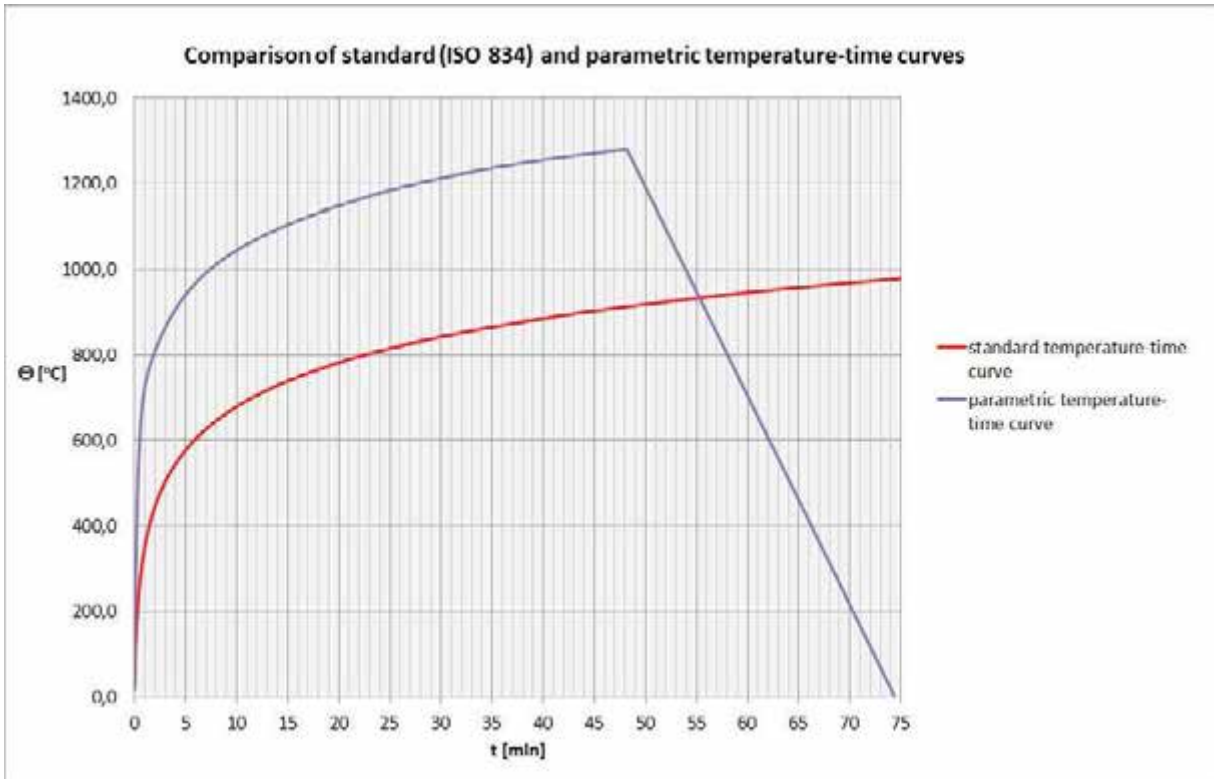


Fig. 1. Comparison of standard temperature-time and parametric temperature-time curves, Source: Own elaboration.

4.4. Wyznaczanie wskaźnika ekspozycji przekroju

Wzory pozwalające na wyznaczenie wartości obliczeniowych wskaźnika ekspozycji przekroju A_m/V niektórych nieosłoniętych elementów stalowych podano w Tablicy 4.2 normy [5]. Analogicznie, podobne formuły, ale odnoszące się do niektórych osłoniętych elementów stalowych, pozwalające na wyznaczenie wartości oblicze-

niowych wskaźnika ekspozycji A_p/V, zamieszczono w Tablicy 4.3 tejże samej normy.

4.5. Obliczanie temperatury elementu stalowego

Obliczenia temperatury elementu stalowego konstrukcji, poddanego nagrzewaniu w warunkach pożaru, można przeprowadzić z wykorzystaniem procedur przyrostowych różniących się nieco od siebie w zależności od tego, czy odnoszą się one do elementów nieosłoniętych, czy też elementów zabezpieczonych za pomocą dowolnej izolacji ogniochronnej.

Elementy nieosłonięte przed nagrzewaniem

W przypadku równomiernego rozkładu temperatury w przekroju, przyrost temperatury $\Delta\theta_{a,t}$ w przedziale czasu Δt w stalowym elemencie nieosłoniętym jest określony wzorem:

$$\Delta\theta_{a,t} = k_{sh}\frac{A_m/V}{c_a\rho_a}\dot{h}_{net,d}\Delta t \tag{14}$$

gdzie:
k_{sh} – współczynnik poprawkowy uwzględniający efekt zacienienia;
A_m / V – wskaźnik ekspozycji przekroju elementów nieosłoniętych, [1/m];
A_m – pole powierzchni elementu na jednostkę długości, [m²/m];
V – objętość elementu na jednostkę długości, [m³/m];
c_a – zależne od temperatury ciepło właściwe stali, [J/kgK];
$\dot{h}_{net,d}$ – wartość obliczeniowa przejętego strumienia ciepła netto, określona na jednostkę powierzchni, [W/m²];
Δt – przedział czasu, [sekundy];
ρ_a – gęstość masy stali, [kg/m³].

Aby obliczenia osiągnęły wymagany poziom precyzji, krok czasowy Δt nie może być większy niż 5 sekund.

Wskaźnik ekspozycji przekroju A_m/V oznacza stosunek powierzchni ogarniętej pożarem (powierzchni nagrzewanej) do jednostkowej objętości przekroju nagrzewanego, co w efekcie sprowadza się do stosunku długości obwodu przekroju ogrzewanego elementu do jego pola przekroju poprzecznego.

Wielkość wyrażającą łączną moc oddziaływań termicznych przypadającą na powierzchnie elementu wyeksponowane na działanie ognia określa strumień ciepła netto $\dot{h}_{net,d}$. Jego wielkość należy ustalać z uwzględnieniem przepływu ciepła przez konwekcję i przez radiację, zgodnie z równaniem:

$$\dot{h}_{net,d} = \dot{h}_{net,c} + \dot{h}_{net,r} \tag{15}$$

gdzie:
$\dot{h}_{net,c}$ – oznacza konwekcyjny strumień ciepła netto, zaś
$\dot{h}_{net,r}$ – radiacyjny strumień ciepła netto.

Wielkość konwekcyjnego strumienia ciepła netto można ustalić na podstawie zależności:

$$\dot{h}_{net,c} = \alpha_c \cdot \left(\theta_g - \theta_m\right) \tag{16}$$

w której:
α_c – oznacza współczynnik przejmowania ciepła przez konwekcję, [W/m²K];
θ_g – temperaturę gazu w otoczeniu elementu poddanego działaniu pożaru, (na podstawie przyjętego modelu opisu pożaru), [°C];
θ_m – temperaturę powierzchni elementu stalowego, [°C].

Radiacyjny strumień ciepła netto przypadający na jednostkę powierzchni elementu określa się ze wzoru:

$$\dot{h}_{net,r} = \Phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma \cdot \left[\left(\theta_r + 273\right)^4 - \left(\theta_m + 273\right)^4\right] \tag{17}$$

gdzie:
Φ – współczynnik konfiguracji, zwykle przyjmujący wartość 1,0;
ε_m – emisyjność powierzchni elementu;
ε_f – emisyjność ognia;
σ – stała Stefana Boltzmanna ($5{,}67\cdot10^{-8}$ W/m²K⁴)
θ_r – efektywna temperatura promieniowania środowiska pożaru, (w praktyce można przyjąć, że $\theta_r=\theta_g$), [°C];
θ_m – temperatura powierzchni elementu, [°C].

Elementy osłonięte za pomocą izolacji ogniochronnej

W przypadku równomiernego rozkładu temperatury w przekroju przyrost temperatury $\Delta\theta_{a,t}$ osłoniętego elementu stalowego w przedziale czasu Δt jest określony wzorem:

$$\Delta\theta_{a,t} = \frac{\lambda_p A_p/V}{d_p c_a \rho_a}\frac{\left(\theta_{g,t} - \theta_{a,t}\right)}{\left(1+\phi/3\right)}\Delta t - \left(e^{\phi/10} - 1\right)\Delta\theta_{g,t}$$

(lecz $\Delta\theta_{a,t} \geq 0$ gdy $\Delta\theta_{g,t} \geq 0$), (18)

przy czym:

$$\phi = \frac{c_p\rho_p}{c_a\rho_a} d_p\, A_p/V$$

gdzie:
A_p/V – wskaźnik ekspozycji przekroju elementów stalowych chronionych przez materiał izolacji ogniochronnej;
A_p – odpowiednie pole powierzchni materiału izolacji ogniochronnej na jednostkę długości elementu, [m²/m];
V – objętość elementu na jednostkę długości, [m³/m];
c_a – zależne od temperatury ciepło właściwe stali, [J/kgK], opisane następującymi zależnościami:

$$c_a = 425 + 7{,}73\cdot10^{-1}\cdot\theta_a - 1{,}69\cdot10^{-3}\cdot\theta_a^2 + 2{,}22\cdot10^{-6}\cdot\theta_a^3$$

dla $20°C \leq \theta_a < 600°C$ (19a)

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.7

$$c_a = 666 + \frac{13022}{738 - \theta_a} \quad \text{dla} \quad 600°C \le \theta_a < 735°C \quad (19b)$$

$$c_a = 545 + \frac{17820}{\theta_a - 731} \quad \text{dla} \quad 735°C \le \theta_a < 900°C \quad (19c)$$

$$c_a = 650, \quad \text{dla} \quad 900°C \le \theta_a \le 1200°C \quad (19d)$$

c_p – niezależne od temperatury ciepło właściwe materiału izolacji ogniochronnej, [J/kgK];
d_p – grubość warstwy materiału izolacji ogniochronnej, [m];
Δt – przedział czasu, [sekundy];
$\theta_{a,t}$ – temperatura stali w czasie t trwania pożaru, [°C];
$\theta_{g,t}$ – temperatura otaczających gazów w czasie t trwania pożaru, [°C];
$\Delta\theta_{g,t}$ – przyrost temperatury otaczających gazów w przedziale czasu Δt, [K];
λ_p – przewodność cieplna zabezpieczenia ogniochronnego, [W/mK];
ρ_a – gęstość masy stali, [kg/m^3];
ρ_p – gęstość masy materiału izolacji ogniochronnej, [kg/m^3]

Aby obliczenia osiągnęły wymagany poziom precyzji, w przypadku elementów stalowych osłoniętych izolacją ogniochronną krok czasowy Δt nie może być większy niż 30 sekund. Tak istotna różnica w wielkości kroku czasowego pomiędzy elementami nieosłoniętymi i osłoniętymi wynika z większej bezwładności termicznej tych ostatnich. W przykładzie obliczeniowym opracowanym na potrzeby niniejszego artykułu zastosowano identyczny krok czasowy, równy 5 sekund, w obu przypadkach.

Uproszczone procedury obliczania temperatury elementu stalowego poddanego oddziaływaniom termicznym pożaru

W literaturze przedmiotu, np. [6], można doszukać się także wzorów uproszczonych, pozwalających na oszacowanie relacji pomiędzy temperaturą analizowanego elementu stalowego (wyrażoną w °C), czasem ekspozycji na działanie pożaru (wyrażonym w minutach) oraz właściwościami ewentualnej otuliny ogniochronnej. Wzory te, podane za pracą [7], umożliwiają m.in. określenie czasu potrzebnego do nagrzania stalowego elementu konstrukcyjnego do określonej temperatury. Czas nagrzania do temperatury θ_a ogarniętego pożarem elementu stalowego, osłoniętego za pomocą otuliny z lekkiego materiału izolacyjnego o grubości d_p, określa wzór:

$$t = 40(\theta_a - 140)\left[\frac{d_p}{\lambda_p} \cdot \frac{V_m}{A_m}\right]^{0,77} \quad (20)$$

Czas ten jest dłuższy od czasu nagrzewania do temperatury θ_a ogarniętego pożarem elementu stalowego niechronionego izolacją, który można oszacować za pomocą wzoru:

$$t = 0{,}54(\theta_a - 50)\left[\frac{A_m}{V_m}\right]^{-0,60} \quad (21)$$

Przekształcając te wzory względem temperatury, dla zachowania analogicznej konwencji, jak przyjęto w normie [4], otrzymujemy odpowiednio

- dla konstrukcji osłoniętych:

$$\theta_a = 140 + \frac{t}{40\left[\frac{d_p}{\lambda_p}\frac{V_m}{A_m}\right]^{0,77}}, \text{ oraz} \quad (22)$$

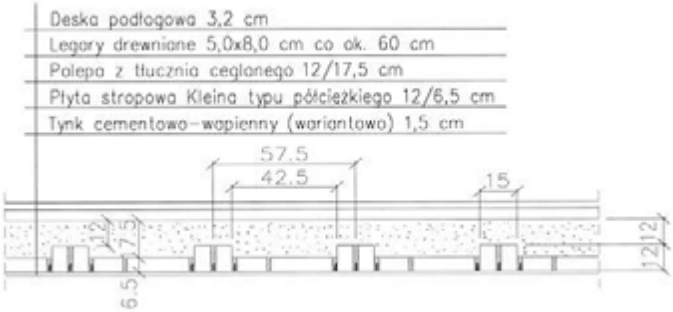
- dla konstrukcji niechronionej:

$$\theta_a = 50 + \frac{t}{0{,}54\left[\frac{A_m}{V_m}\right]^{-0,60}} \quad (23)$$

Niestety autor publikacji [6] nie podał za oryginalnym źródłem ograniczeń dotyczących stosowania powyższych zależności, co zmniejsza ich możliwości praktycznego zastosowania, szczególnie że nie dają one wystarczająco precyzyjnych oszacowań w całym możliwym zakresie temperatur pożarowych objętych postanowieniami norm [4] i [5]. Nie zostało też podane, dla jakiego modelu pożaru podane wyżej zależności miałyby przybliżać odpowiedź konstrukcji stalowej na działanie pola temperatury z największa precyzją.

Dla celów porównawczych linie odzwierciedlające przebieg funkcji opisanych wzorami (22) i (23) naniesiono na ryc. 5 i na ryc. 6. Analiza rysunków potwierdza małą dokładność proponowanego podejścia, szczególnie w odniesieniu do krzywych nagrzewania elementu poddanego oddziaływaniom pożaru parametrycznego.

5. Przykład obliczeniowy poświęcony ocenie odporności ogniowej stropu typu Kleina z płytą półcięższą



Ryc. 2. Przekrój przez płytę stalowo-ceramiczną stropu
Źródło: Opracowanie własne.

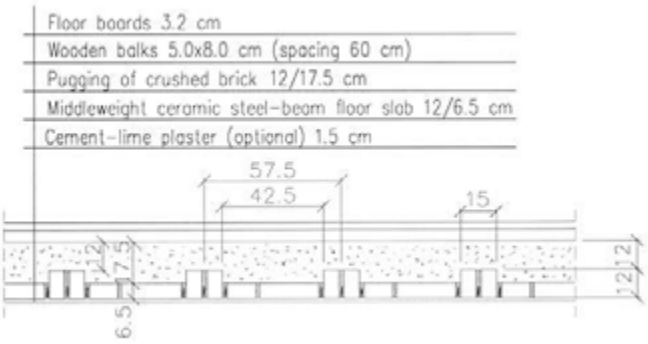


Fig. 2. Cross section through the ceramic slab of a steel-beam floor
Source: Own elaboration

Zestawienie oddziaływań mechanicznych, przypadających na 1 m^2 rzutu stropu:

Obciążenia stałe

Lp.	Opis oddziaływania	Wartość char. [kN/m^2]
1.	Deski podłogowe o gr. 3,2 cm - 0,032·5,5=0,180kN/m^2	0,18
2.	Legary podłogowe drewniane 5x8 cm co ok. 60 cm 0,05·0,08·5,5/0,60=0,040 kN/m^2	0,04
3.	Polepa z tłucznia ceglanego (0,15·0,12+(0,575-0,15)·0,175)·18,0/0,575=2,890 kN/m^2	2,89
4.	Płyta stropowa Kleina (typu półciężkiego) (0,15·0,12+(0,575-0,15)·0,065)·18,0/0,575=1,430 kN/m^2	1,43
5.	Siatka Rabitza na stopkach belek stropowych (pominięto)	0,00
6.	Tynk cementowo-wapienny gr. 1,5 cm (przyjęto z zapasem zamiast ciężaru tynku ogniochronnego) 0,015·19,0=0,280 kN/m^2	0,28
	Σ	**4,82**

Obciążenia zmienne

Lp.	Opis oddziaływania	Wartość char. [kN/m^2]
1.	Równomiernie rozłożone obciążenie użytkowe – powierzchnia kategorii A (mieszkalna) – Stropy [2,000 kN/m^2]	2,00
	Σ:	**2,00**

Ryc. 3. Przekrój prostopadły przez strop
Źródło: Opracowanie własne.

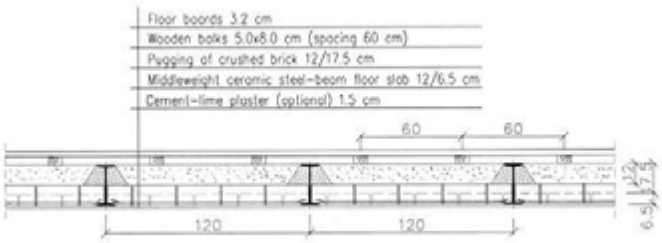


Fig. 3. Cross section through the floor, perpendicular to the direction of steel beams
Source: Own elaboration.

Obciążenia stałe przypadające na pojedynczą belkę stropową (przy rozstawie belek 1,20 m):

Lp.	Opis oddziaływania	Wartość char. [kN/m]
1.	Obciążenia stałe z płyty stropowej 4,82·1,20=5,780 kN/m	5,78
2.	Ciężar własny belki stropowej IPN240 36,2·9,81/1000=0,360 kN/m	0,36
3.	Ciężar obetonowania górnej części przekroju belki (pominięto) [0,000 kN/m]	0,00
	Σ:	**6,14**

Obciążenia zmienne przypadające na pojedynczą belkę stropową (przy rozstawie, jak wyżej):

L.p.	Opis oddziaływania	Wartość char. [kN/m]
1.	Równomiernie rozłożone obciążenie użytkowe – powierzchnia kategorii A (mieszkalna) – Stropy obciążenia z płyty o szer. 120 cm 2,000·1,20=2,400 kN/m	2,40
	Σ:	**2,40**

Przyjęto następujące dane podstawowe:
Gatunek stali: S235
Granica plastyczności stali: f_y=235 N/mm^2
Gęstość stali: ρ_a=7850 kg/m^3
Wartość charakterystyczna obciążeń stałych: g=6,14 kN/m
Wartość charakterystyczna obciążeń zmiennych: q=2,40 kN/m
Wartość współczynnika częściowego do obciążeń stałych: γ_G = 1,35
Wartość współczynnika częściowego do obciążeń zmiennych: γ_Q = 1,50
Wartość współczynnika dla wartości kombinacyjnej wiodącego oddziaływania zmiennego: $\psi_{0,1}$ = 0,7
Wartość współczynnika redukcyjnego do oddziaływań stałych: ξ = 0,85

Wartość współczynnika kombinacyjnego dla wartości prawie stałej wiodącego oddziaływania zmiennego w wyjątkowej sytuacji obliczeniowej: $\psi_{2,1}$ = 0,3 (jak dla powierzchni mieszkalnych).

Oddziaływania mechaniczne w temperaturze otoczenia:

- wartość charakterystyczna (dla sprawdzenia stanów granicznych użytkowalności)

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.7

$$p_k = g_k + q_k = 6{,}14 + 2{,}40 = 8{,}54 \text{ kN/m}$$

- wartość obliczeniowa (dla sprawdzenia stanów granicznych nośności w warunkach normalnych) określona wg zasad ogólnych, na podstawie wzoru (2):

$$p_d = \gamma_G g_k + \gamma_Q q_k = 1{,}35 \cdot 6{,}14 + 1{,}50 \cdot 2{,}40 = 11{,}89 \text{ kN/m}$$

- wartości obliczeniowe (dla sprawdzenia stanów granicznych nośności w warunkach normalnych) określona wg zaleceń załącznika krajowego, na podstawie wzorów (3a) i (3b):

$$p_d = \gamma_G g_k + \gamma_Q \psi_{0,1} q_k = 1{,}35 \cdot 6{,}14 + 1{,}50 \cdot 0{,}7 \cdot 2{,}40 = 10{,}81 \text{ kN/m}$$

$$p_d = \xi \gamma_G g_k + \gamma_Q \psi_{0,1} q_k = 0{,}85 \cdot 1{,}35 \cdot 6{,}14 + 1{,}50 \cdot 2{,}40 = 10{,}65 \text{ kN/m}$$

Zgodnie z zaleceniami załącznika krajowego do normy [3], na potrzeby dalszych obliczeń przyjęto wartość mniej korzystną z dwóch wyliczonych powyżej, czyli:

p_d = 10,81 kN/m.

Chcąc być bardziej konserwatywnym, można było przyjąć wartość określoną wg zasad ogólnych, która jest przy okazji maksymalną z trzech opcjonalnie określonych obliczeniowych wartości kombinacyjnych obciążeń: p_d = 11,89 kN/m. Ostateczną decyzję w tym zakresie pozostawia się projektantowi.

Oddziaływania mechaniczne w warunkach pożaru (wartość obliczeniowa):

$$p_{fi} = g_k + \psi_{2,1} q_k = 6{,}14 + 0{,}3 \cdot 2{,}40 = 6{,}86 \text{ kN/m}$$

Na ryc. 4 przedstawiono konfigurację pomieszczeń na rzucie kondygnacji powtarzalnej przykładowego budynku mieszkalnego. Obliczenia przeprowadzono dla pomieszczenia ograniczonego osiami konstrukcyjnymi 1-3 i B-C, uznając je za reprezentatywne i miarodajne, zarówno w przypadku tzw. normalnej sytuacji projektowej, jak i w przypadku wyjątkowej sytuacji obliczeniowej w warunkach pożaru.

Długość obliczeniowa belki:

$$l_o = l_s + c, \text{ dla } c \le 15 + \frac{h}{3},$$

gdzie:
l_s – rozpiętość belki w świetle podpór (ścian),
h – wysokość przekroju belki.

Zatem w naszym przedmiotowym przypadku:

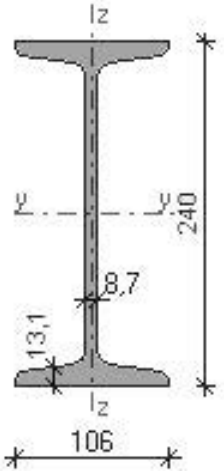
$$l_o = l_s + c = 576 + \left(15 + \frac{24}{3}\right) = 576 + 23 = 599 \text{ cm}$$

→ przyjęto l_o=6,0 m.

Przyjęto przekrój belki IPN240, o następujących parametrach charakterystycznych:

Wymiary przekroju I 240:
h=240,0 mm, t_w=8,7 mm,
b_f=106,0 mm, t_f=13,1 mm
r=8,7 mm.

Charakterystyki geometryczne przekroju:
J_y=4250,0 cm^4, J_z=221,0 cm^4,
A=46,10 cm^2, i_y=9,590 cm,
i_z=2,200 cm, W_y=354,0 cm^3,
W_z =41,70 cm^3, $W_{pl,y}$=412,0 cm^3,
$W_{pl,z}$=70,00 cm^3



Sprawdzenie nośności w temperaturze normalnej (otoczenia)

Maksymalna wartość obliczeniowa momentu zginającego:

$$M_{Ed} = \frac{p_d \cdot l_o^2}{8} = \frac{10{,}81 \cdot 6{,}0^2}{8} = 48{,}65 \text{ kNm}$$

Maksymalna wartość obliczeniowa siły poprzecznej:

$$V_{Ed} = \frac{p_d \cdot l_o}{2} = \frac{10{,}81 \cdot 6{,}0}{2} = 32{,}43 \text{ kN}$$

Sprawdzenie klasy przekroju:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}} = \sqrt{\frac{235}{235}} = 1{,}0$$

Półka:

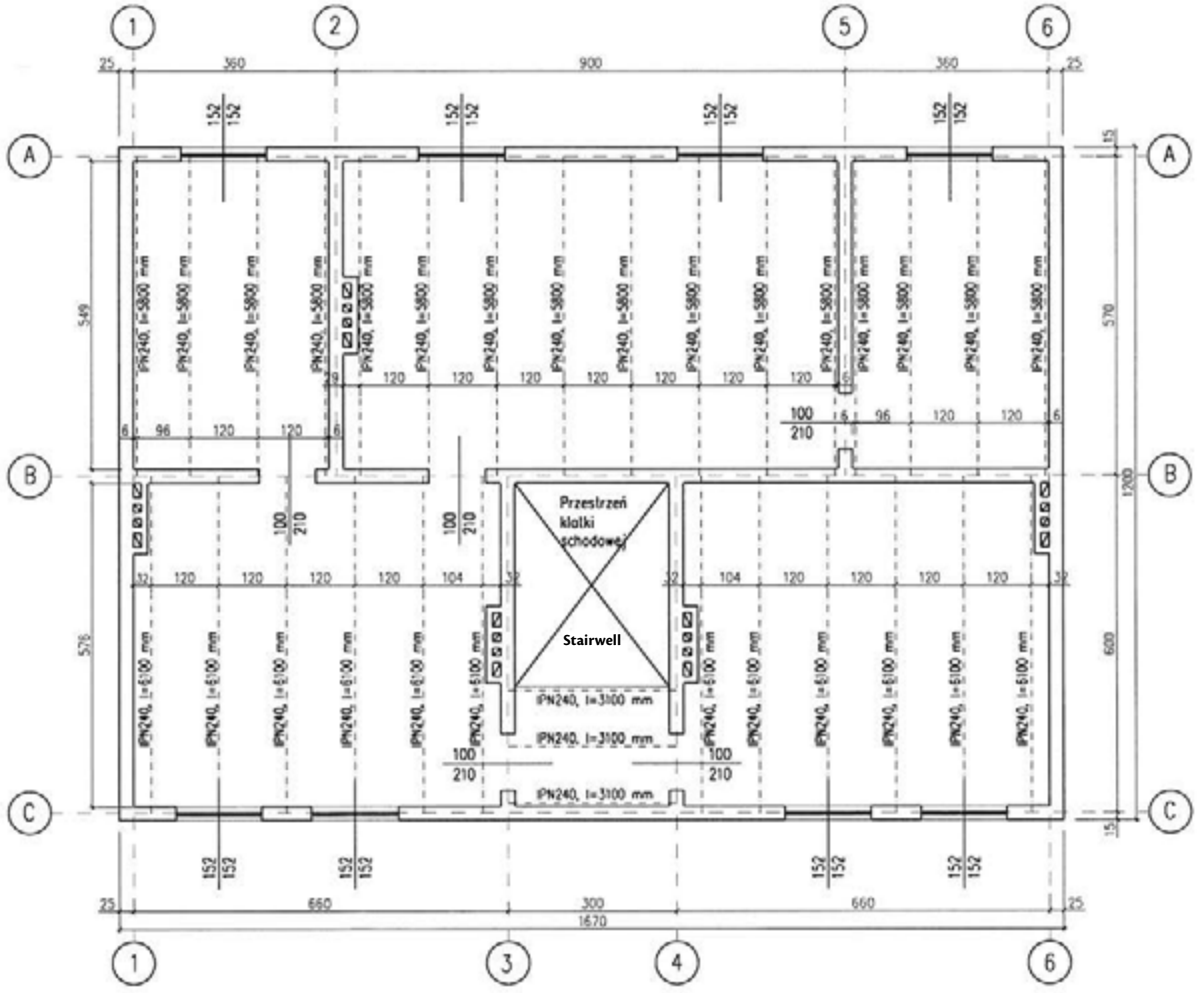
$$\frac{c}{t} = \frac{(106 - 8{,}7 - 2 \cdot 8{,}7)}{2 \cdot 13{,}1} = 3{,}05 < 9\varepsilon = 9 \rightarrow \text{klasa 1}$$

Środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{240 - 2 \cdot 13{,}1 - 2 \cdot 8{,}7}{8{,}7} = 22{,}57 < 72\varepsilon = 72 \rightarrow \text{klasa 1}$$

Wobec powyższego cały przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Przyjęto, że z uwagi na obetonowanie górnych fragmentów przekroju stalowej belki stropowej, jest ona zabezpieczona przed zwichrzeniem poprzez ciągłe stężenie boczne pasa ściskanego.



Ryc. 4. Przykładowy rzut kondygnacji powtarzalnej budynku mieszkalnego
Fig. 4. An example of a repeatable story of a residential building
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Nośność przekroju na zginanie:

$$M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{412 \cdot 23{,}5}{1{,}0} = 9682 \text{ kNcm} = 96{,}82 \text{ kNm}$$

$$\frac{M_{Ed}}{M_{pl,Rd}} = \frac{48{,}65}{96{,}82} = 0{,}50 < 1{,}0 \rightarrow \text{ warunek nośności spełniony}$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$$A_{V,z} = A - 2bt_f + (t_w + 2r) \cdot t_f = 46{,}1 - 2 \cdot 10{,}6 \cdot 1{,}31 + (0{,}87 + 2 \cdot 0{,}87) \cdot 1{,}31 = 21{,}75 \text{ cm}^2$$

lecz nie mniej niż:

$$\eta h_w t_w = 1{,}0 \cdot (24 - 2 \cdot 1{,}31 - 2 \cdot 0{,}87) \cdot 0{,}87 = 17{,}09 \text{ cm}^2$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{A_{V,z} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = \frac{21{,}75 \cdot 23{,}5}{\sqrt{3} \cdot 1{,}0} = 295{,}10 \text{ kN}$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{pl,Rd}} = \frac{32{,}43}{295{,}10} = 0{,}11 < 1{,}0 \rightarrow \text{ warunek nośności spełniony}$$

Warunek stanu granicznego użytkowalności:

$$u = \frac{5}{384} \frac{p_k l_o^4}{EI_y} = \frac{5}{384} \frac{8{,}54 \cdot 6{,}0^4}{210 \cdot 10^6 \cdot 4250 \cdot 10^{-8}} = 0{,}016 \text{m} = 1{,}6 \text{ cm}$$

$$u_{dop} = \frac{l_o}{250} = \frac{600}{250} = 2{,}4 \text{ cm}$$

$$\frac{u}{u_{dop}} = \frac{1{,}6}{2{,}4} = 0{,}67 < 1{,}0 \rightarrow \text{ warunek SGU spełniony.}$$

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.7

Sprawdzenie nośności w warunkach pożaru

Maksymalna wartość obliczeniowa momentu zginającego:

$$M_{fi,Ed} = \frac{p_{fi} \cdot l_o^2}{8} = \frac{6{,}86 \cdot 6{,}0^2}{8} = 30{,}87\,\text{kNm}$$

Maksymalna wartość obliczeniowa siły poprzecznej:

$$V_{fi,Ed} = \frac{p_{fi} \cdot l_o}{2} = \frac{6{,}86 \cdot 6{,}0}{2} = 20{,}58\ \text{kN}$$

Sprawdzenie klasy przekroju w sytuacji pożarowej:

$$\varepsilon = 0{,}85\sqrt{\frac{235}{f_y}} = 0{,}85\sqrt{\frac{235}{235}} = 0{,}85$$

Półka:

$$\frac{c}{t} = \frac{(106 - 8{,}7 - 2 \cdot 8{,}7)}{2 \cdot 13{,}1} = 3{,}05 < 9\varepsilon = 9 \cdot 0{,}85 = 7{,}65 \rightarrow \text{klasa 1}$$

Środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{240 - 2 \cdot 13{,}1 - 2 \cdot 8{,}7}{8{,}7} = 22{,}57 < 72\varepsilon = 72 \cdot 0{,}85 = 61{,}2 \rightarrow \text{klasa 1}$$

Wobec powyższego cały przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Określenie wartości współczynnika wykorzystania nośności przekroju w chwili t=0 trwania pożaru:

$$\mu_0 = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}} = \frac{M_{fi,Ed}}{M_{fi,\theta,Rd(t=0)}}$$

$$M_{fi,\theta,Rd(t=0)} = k_{y,\theta}\left(\frac{\gamma_{M,0}}{\gamma_{M,fi}}\right) \cdot M_{Rd} = k_{y,\theta}\left(\frac{\gamma_{M,0}}{\gamma_{M,fi}}\right) \cdot W_{y,pl} \cdot f_y$$

gdzie:
$\gamma_{M,0}$ – współczynnik częściowy odnoszący się do właściwości materiałowych w temperaturze otoczenia; $\gamma_{M,0} = 1{,}0$,
$\gamma_{M,fi}$ – współczynnik częściowy odnoszący się do właściwości materiałowych w podwyższonej temperaturze; $\gamma_{M,fi} = 1{,}0$,
$k_{y,\theta}$ – współczynnik redukcyjny efektywnej granicy plastyczności

$$M_{fi,\theta,Rd(t=0)} = k_{y,\theta}\left(\frac{\gamma_{M,0}}{\gamma_{M,fi}}\right) \cdot W_{pl,y} \cdot f_y = 1{,}0\left(\frac{1{,}0}{1{,}0}\right) \cdot 412 \cdot 23{,}5 = 9682 kNcm = 96{,}82 kNm$$

$$\mu_0 = \frac{M_{fi,Ed}}{M_{fi,\theta,Rd(t=0)}} = \frac{30{,}87}{96{,}82} = 0{,}319$$

Zatem:

$$\theta_{a,cr} = 39{,}19 \ln\left[\frac{1}{0{,}9674\,\mu_0^{3{,}833}} - 1\right] + 482 = 39{,}19 \ln\left[\frac{1}{0{,}9674 \cdot 0{,}319^{3{,}833}} - 1\right] + 482 = 654{,}45°C$$

Sprawdzenie nośności przekroju w warunkach oszacowanej temperatury krytycznej:

Obliczenia wykonano, przyjmując $\theta_{a,cr} = 655°C$

Wartość współczynnika redukcyjnego granicy plastyczności w temperaturze 655°C wynosi:

$$k_{y,\theta} = 0{,}230 + \frac{0{,}470 - 0{,}230}{100}(700 - 655) = 0{,}338$$

Zatem:

$$M_{fi,\theta,Rd(\theta=655°C)} = k_{y,\theta}\left(\frac{\gamma_{M,0}}{\gamma_{M,fi}}\right) \cdot W_{pl,y} \cdot f_y = 0{,}338\left(\frac{1{,}0}{1{,}0}\right) \cdot 412 \cdot 23{,}5 = 3273 kNcm = 32{,}73 kNm$$

zaś warunek nośności:

$$\frac{M_{fi,Ed}}{M_{fi,\theta,Rd(\theta=655°C)}} = \frac{30{,}87}{32{,}73} = 0{,}943 < 1{,}0$$

Z powyższego wynika, że wartość temperatury krytycznej oszacowana na podstawie wzoru normowego (8) została wyliczona z pewnym przybliżeniem, zaś bezpośrednie sprawdzenie warunku nośności wykazało jeszcze prawie 6-proc. rezerwę.

W nieco bardziej precyzyjny sposób można określić wartość temperatury krytycznej w sposób iteracyjny, określając wartość współczynnika redukcyjnego efektywnej granicy plastyczności dla kolejnych przybliżeń wartości temperatury elementu, prowadząc obliczenia aż do chwili, gdy wskaźnik wykorzystania przekroju $\frac{M_{fi,Ed}}{M_{fi,\theta,Rd}}$ osiągnie wartość możliwie bliską 1,0.

Stosując procedurę iteracyjną, określono wartość temperatury krytycznej na poziomie 663°C, dla której wartość współczynnika redukcyjnego granicy plastyczności wynosi:

$$k_{y,\theta} = 0{,}230 + \frac{0{,}470 - 0{,}230}{100}(700 - 663) = 0{,}319$$

Zatem:

$$M_{fi,\theta,Rd(\theta=663°C)} = k_{y,\theta}\left(\frac{\gamma_{M,0}}{\gamma_{M,fi}}\right) \cdot W_{pl,y} \cdot f_y = 0{,}319\left(\frac{1{,}0}{1{,}0}\right) \cdot 412 \cdot 23{,}5 = 3089 kNcm = 30{,}89 kNm$$

zaś warunek nośności:

$$\frac{M_{fi,Ed}}{M_{fi,\theta,Rd(\theta=663°C)}} = \frac{30{,}87}{30{,}89} = 0{,}999 \approx 1{,}0$$

W rzeczywistości nie ma uzasadnionej potrzeby prowadzenia obliczeń z aż tak znaczącą precyzją, ponieważ sama procedura określania wartości współczynnika redukcyjnego granicy plastyczności $k_{y,\theta}$ jest obarczona błędem aproksymacji. Stąd zamieszczony wyżej przykład należy traktować jedynie w kategoriach poglądowych,

jako że różnica w szacowaniu wartości temperatury krytycznej na poziomie 8°C, z technicznego punktu widzenia, nie ma większego znaczenia w sytuacji oceny odporności konstrukcji na czynniki pożarowe w rozumieniu czasowym.

W niniejszym przykładzie obliczeniowym przyjęto następujące wartości poszczególnych wielkości charakterystycznych, wymienionych wcześniej, w części teoretyczno-opisowej:
α_c = 25,0 W/m^{2}K – w przypadku obliczeń dla standardowej krzywej temperatura-czas (na podstawie [4], §3.2.1(2))
α_c = 35,0 W/m^{2}K – w przypadku obliczeń dla standardowej krzywej temperatura-czas (na podstawie [4], §3.3.1.1(3))
ε_m = 0,7 (na podstawie [5], §2.2(2))
ε_f = 1,0 (na podstawie [4], §3.1(6))
Φ = 1,0 (na podstawie [4], §3.1(7))
σ = 5,67·10^{-8} W/m^{2}K^4 (na podstawie [4], §3.1(6))
k_{sh} = 1,0
ρ_a = 7850 kg/m^3
Właściwości materiału osłonowego (przyjęto natrysk zaprawy cementowej z wermikulitem):
ρ_p = 550 kg/m^3
c_p = 1100 J/kgK
d_p = 0,008 m = 8 mm
λ_p = 0,12 W/mK

5.1. Ocena temperatury gazów pożarowych (ocena nośności konstrukcji w domenie termicznej)

W niniejszym przykładzie zastosowano podejście alternatywne, przyjmując ze względów porównawczych opis temperatury gazów pożarowych według:
a) krzywej standardowej temperatura-czas (ISO 864)
b) krzywej pożaru parametrycznego.

W każdym z przypadków przeprowadzono obliczenia dla dwóch wariantów:
1) przy założeniu, iż belka stalowa nie jest zabezpieczona przed nagrzewaniem za pomocą zapraw ogniochronnych (z sytuacją taką mamy faktycznie do czynienia w przypadku stropów nieotynkowanych, czyli np. stropów piwnic lub pomieszczeń w budynkach przemysłowych lub zabudowy zagrodowej),
2) przy założeniu, iż stopka belki (czyli spodnia powierzchnia stropu) jest otynkowana w sposób szczelny za pomocą lekkiej ogniochronnej zaprawy cementowej z dodatkiem wermikulitu, a wyprawa tynkarska dobrze przylega do podłoża.

5.2. Wyznaczenie wskaźnika ekspozycji przekroju

Dla przypadku analizowanego w rozpatrywanym przykładzie obliczeniowym można, w zależności od jakości i sposobu wykonania stropu, spotkać się z jednym z czterech przypadków, które rozważymy niezależnie, zaś do dalszych obliczeń przyjmiemy konserwatywnie wartość najmniej korzystną. Każdorazowo określając wartość wskaźnika masywności przekroju, należy pamiętać, iż w ogólności jest to stosunek powierzchni ogrzewanej do pola przekroju poprzecznego nagrzewanej części elementu nośnego.

Przypadek 1
Strop jest nieotynkowany, zaś dolna stopka belki została zlicowana z dolną płaszczyzną płyty stropowej, przez co jest ona wyeksponowana na działanie temperatur pożarowych jedynie od spodu.

$$\frac{A_m}{V} = \frac{b}{bt_f} = \frac{1}{t_f} = \frac{1}{13{,}1} = 0{,}076\frac{1}{mm} = 76{,}34\frac{1}{m}$$

Przypadek 2
Strop jest nieotynkowany, zaś dolna stopka belki wystaje w całości poniżej płaszczyzny płyty stropowej, przez co jest ona wyeksponowana na działanie temperatur pożarowych z trzech stron – z boków i od spodu.

$$\frac{A_m}{V} = \frac{b+2t_f}{bt_f} = \frac{106+2\cdot 13{,}1}{106\cdot 13{,}1} = \frac{132{,}2}{1388{,}6} = 0{,}095\frac{1}{mm} = 95{,}20\frac{1}{m}$$

Przypadek 3
Strop jest otynkowany z wykorzystaniem wyprawy tynkarskiej ogniochronnej, zaś dolna stopka belki została zlicowana z dolną płaszczyzną płyty stropowej, przez co jest ona wyeksponowana na działanie temperatur pożarowych jedynie od spodu.

$$\frac{A_p}{V} = \frac{b}{bt_f} = \frac{1}{t_f} = \frac{1}{13{,}1} = 0{,}076\frac{1}{mm} = 76{,}34\frac{1}{m}$$

Przypadek 4
Strop jest otynkowany z wykorzystaniem wyprawy tynkarskiej ogniochronnej, zaś dolna stopka belki wystaje w całości poniżej płaszczyzny płyty stropowej, przez co jest ona wyeksponowana na działanie temperatur pożarowych z trzech stron – z boków i od spodu.

$$\frac{A_p}{V} = \frac{b+2t_f}{bt_f} = \frac{106+2\cdot 13{,}1}{106\cdot 13{,}1} = \frac{132{,}2}{1388{,}6} = 0{,}095\frac{1}{mm} = 95{,}20\frac{1}{m}$$

Z uwagi na fakt, że im większy wskaźnik ekspozycji przekroju, tym mniejsza (w rozumieniu czasowym) odporność ogniowa konstrukcji, do dalszych obliczeń przyjęto konserwatywnie wartość mniej korzystną, która zarówno dla elementów nieosłoniętych, jak i osłoniętych wynosi $\frac{A_m}{V} = \frac{A_p}{V} = 95{,}20\frac{1}{m}$.

5.3. Czas odporności ogniowej przekroju poddanego działaniu pożaru standardowego

Z uwagi na przyrostowy charakter procedury wyznaczania temperatury stali poddanej nagrzewaniu w warunkach pożaru, obliczenia w tym zakresie zarówno dla elementów nieosłoniętych, jak i osłoniętych wykonano, wykorzystując do tego celu typowy arkusz kalkulacyjny. Wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli 2, oraz przedstawiono w sposób graficzny na ryc. 5.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.7

W przypadku elementu nieosłoniętego, belka osiąga temperaturę krytyczną – ustaloną wcześniej na poziomie 663°C – już w 20 minucie od chwili rozwinięcia się pożaru. W świetle obowiązujących przepisów prawnych odpowiada to zaledwie odporności ogniowej R15, a więc nieotynkowany strop nie spełnia wymagań stawianych przez postanowienia Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. [2].

Element zabezpieczony wyprawą ogniochronną nie osiąga temperatury krytycznej w ciągu pierwszych 60 minut od rozgorzenia pożaru, dzięki czemu spełnia on co najmniej wymagania odpowiadające odporności ogniowej R60.

Widoczne na ryc. 5 linie kreskowane odpowiadają opisanym wcześniej zaproponowanym w [6] i [7] uproszczonym procedurom obliczania temperatury elementu stalowego poddanego oddziaływaniom termicznym pożaru.

W analizowanym przypadku można je uznać za akceptowalne przybliżenie jedynie w zakresie pierwszych 25 minut trwania rozwiniętego pożaru – w przypadku elementów nieosłoniętych oraz bezpieczne przybliżenie w całym zakresie objętym niniejszymi obliczeniami – w przypadku izolowanych elementów konstrukcyjnych.

Tabela 2.

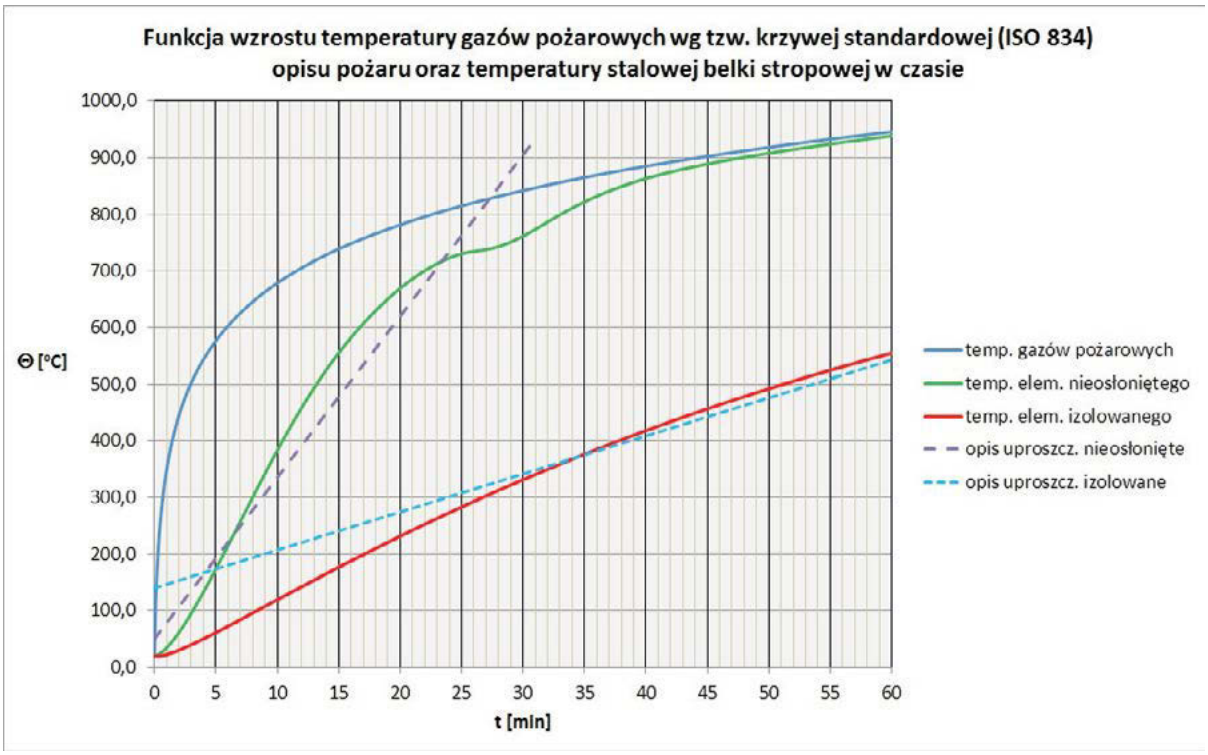
Wybrane wyniki obliczeń temperatury stalowej belki stropowej, niezabezpieczonej izolacją ogniochronną, poddanej oddziaływaniom pożaru standardowego, [opracowanie własne]

czas ekspozycji pożarowej			t	Θ_g	$\dot{h}_{net,c}$	$\dot{h}_{net,r}$	$\dot{h}_{net,d}$	c_a	$\Delta\Theta_{a,t}$ [°C]	$\Theta_{a,t}$ [°C]
[min]	[sek.]	[sek.]	[min]	[°C]	[W/m²]	[W/m²]	[W/m²]	[J/kg°C]	-	20,0
19	0	1140	19,0000	773,7	3125,3	18997,8	22123,0	811,61	1,7	650,4
	5	1145	19,0833	774,4	3100,2	18910,5	22010,7	814,36	1,6	652,0
	10	1150	19,1667	775,0	3075,5	18823,5	21899,0	817,19	1,6	653,6
	15	1155	19,2500	775,7	3051,0	18736,9	21787,9	820,10	1,6	655,2
	20	1160	19,3333	776,3	3026,8	18650,7	21677,5	823,10	1,6	656,8
	25	1165	19,4167	776,9	3002,9	18565,0	21567,9	826,19	1,6	658,4
	30	1170	19,5000	777,6	2979,2	18479,7	21459,0	829,37	1,6	660,0
	35	1175	19,5833	778,2	2955,9	18394,9	21350,8	832,66	1,6	661,5
	40	1180	19,6667	778,9	2932,8	18310,7	21243,5	836,05	1,5	663,1
	45	1185	19,7500	779,5	2910,0	18226,9	21137,0	839,55	1,5	664,6
	50	1190	19,8333	780,1	2887,5	18143,8	21031,3	843,16	1,5	666,1
	55	1195	19,9167	780,7	2865,3	18061,2	20926,6	846,88	1,5	667,6

Table 2.

Selected computational results of the temperature for unprotected steel beam, subjected to standard fire conditions, [own elaboration]

time of fire exposure			t	Θ_g	$\dot{h}_{net.c}$	$\dot{h}_{net.r}$	$\dot{h}_{net.d}$	c_a	$\Delta\Theta_{a.t}$	$\Theta_{a.t}$
									[°C]	[°C]
[min]	[sec]	[sec]	[min]	[°C]	[W/m²]	[W/m²]	[W/m²]	[J/kg°C]	-	20.0
19	0	1140	19.0000	773.7	3125.3	18997.8	22123.0	811.61	1.7	650.4
	5	1145	19.0833	774.4	3100.2	18910.5	22010.7	814.36	1.6	652.0
	10	1150	19.1667	775.0	3075.5	18823.5	21899.0	817.19	1.6	653.6
	15	1155	19.2500	775.7	3051.0	18736.9	21787.9	820.10	1.6	655.2
	20	1160	19.3333	776.3	3026.8	18650.7	21677.5	823.10	1.6	656.8
	25	1165	19.4167	776.9	3002.9	18565.0	21567.9	826.19	1.6	658.4
	30	1170	19.5000	777.6	2979.2	18479.7	21459.0	829.37	1.6	660.0
	35	1175	19.5833	778.2	2955.9	18394.9	21350.8	832.66	1.6	661.5
	40	1180	19.6667	778.9	2932.8	18310.7	21243.5	836.05	1.5	663.1
	45	1185	19.7500	779.5	2910.0	18226.9	21137.0	839.55	1.5	664.6
	50	1190	19.8333	780.1	2887.5	18143.8	21031.3	843.16	1.5	666.1
	55	1195	19.9167	780.7	2865.3	18061.2	20926.6	846.88	1.5	667.6



Ryc. 5. Funkcja wzrostu temperatury gazów pożarowych wg krzywej standardowej temperatura-czas oraz towarzyszącego wzrostu temperatury belki stalowej stropu,
Źródło: Opracowanie własne

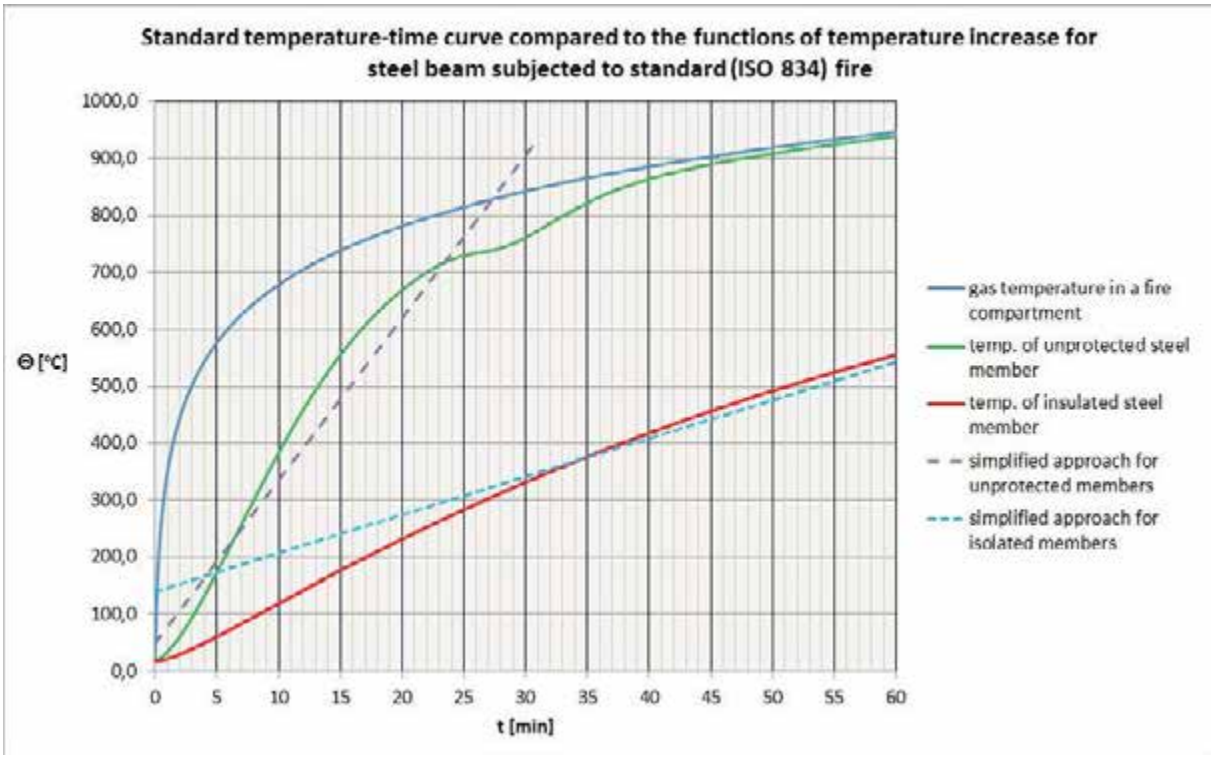


Fig. 5. Standard temperature-time curve compared to the functions of temperature increase for steel beam subjected to standard fire conditions
Source: Own elaboration

5.4. Czas odporności ogniowej przekroju poddanego działaniu pożaru parametrycznego

Zwykle w przypadku obiektów mieszkalnych strefę pożarową stanowi cały budynek, lub w wyjątkowych przypadkach – pojedyncza kondygnacja. W budynkach wielorodzinnych, w określonych sytuacjach projektowych, odrębną strefą pożarową może też być pojedynczy lokal mieszkalny. Na potrzeby niniejszego artykułu założono, celem łatwiejszego zrozumienia stosowanych procedur obliczeniowych, iż odrębną strefą pożarową jest

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.7

pojedyncze pomieszczenie wydzielone osiami 1-3 oraz B-C, pokazane na ryc. 4.

Przyjęto także, iż ściany i strop nad pomieszczeniem zostały wykonane z cegły pełnej, zaś podłoga z drewna o dużej gęstości, na podkładzie z betonu o średniej gęstości. W ścianach znajdują się dwa otwory okienne o wymiarach b x h=1,52 x 1,52 m każdy oraz dwoje drzwi, o wymiarach b x h=1,00 x 2,10 m. Wysokość kondygnacji w świetle wynosi h=3,00 m, zaś wymiary poziome pomieszczenia w świetle: a x b = 5,76 x 6,48 m.

5.5. Określenie danych podstawowych

Obliczenie współczynnika absorpcyjności termicznej dla ścian i sufitu z cegły pełnej

Gęstość ρ = 1600 kg/m^3
Ciepło właściwe: c = 840 J/kgK
Przewodność cieplna: λ = 0,7 W/mK
Współczynnik absorpcyjności termicznej dla ścian i sufitu wynosi: $b = \sqrt{\rho c \lambda} = 969{,}95 \approx 970 \frac{J}{m^2 s^{1/2} K}$

Uzyskana wartość mieści się w przedziale $100 \le b \le 2200$, [J/m^{2}s$^{1/2}$K], wynikającym z ograniczeń normowych.

Obliczenie współczynnika absorpcyjności termicznej dla podłogi z drewna o dużej gęstości

Gęstość ρ = 720 kg/m^3
Ciepło właściwe: c = 1880 J/kgK
Przewodność cieplna: λ = 0,2 W/mK
Współczynnik absorpcyjności termicznej dla warstwy podłogowej z drewna wynosi: $b = \sqrt{\rho c \lambda} = 520{,}31 \approx 520 \frac{J}{m^2 s^{1/2} K}$

Obliczenie współczynnika absorpcyjności termicznej dla podkładu podłogowego z betonu o średniej gęstości

Gęstość ρ = 1800 kg/m^3
Ciepło właściwe: c = 1000 J/kgK
Przewodność cieplna: λ = 1,15 W/mK
Współczynnik absorpcyjności termicznej dla podkładu z betonu wynosi: $b = \sqrt{\rho c \lambda} = 1438{,}75 \approx 1439 \frac{J}{m^2 s^{1/2} K}$

Zgodnie z Załącznikiem A uwaga (5) do normy [4], w przypadku gdy powierzchnia ograniczająca składa się z kilku warstw i wartość współczynnika b obliczonego dla warstwy dalszej w stosunku do strefy pożarowej (w tym przypadku – podkładu z betonu) jest większa niż wartość tego samego współczynnika określonego dla warstwy bliższej (w tym przypadku – podłogi z drewna), to wówczas tę głębszą warstwę w dalszych obliczeniach należy pominąć. Na tej podstawie wartość współczynnika absorpcyjności termicznej dla podłogi przyjęto: $b = \sqrt{\rho c \lambda} = 520{,}31 \approx 520 \frac{J}{m^2 s^{1/2} K}$.

Uzyskana wartość mieści się w przedziale $100 \le b \le 2200$, [J/m^{2}s$^{1/2}$K], wynikającym z ograniczeń normowych.

Określenie gęstości obciążenia ogniowego

W przypadku budynków mieszkalnych, charakterystyczna gęstość obciążenia ogniowego, odniesiona do jednostkowej powierzchni (biorąc pod uwagę fraktyl 80%) została podana w Tablicy E.4 normy [4] i wynosi: $q_{f,k}$ = 511 MJ/m^2.

Powierzchnia podłogi wynosi:
$A_f = a \cdot b = 5{,}76 \cdot 6{,}48 = 37{,}32$ m^2

Współczynnik uwzględniający niebezpieczeństwo pojawienia się pożaru, ze względu na powierzchnię strefy odczytano z Tablicy E.1 [4], korzystając z interpolacji liniowej;

$$\delta_{q1} = 1{,}10 + (1{,}5 - 1{,}1) \cdot (37{,}32 - 25)/(250 - 25) = 1{,}12$$

Współczynnik niebezpieczeństwa pożaru, uwzględniający sposób użytkowania wynosi: $\delta_{q2} = 1{,}0$

Współczynnik uwzględniający różne czynne środki ochrony przeciwpożarowej: $\delta_n = 1{,}0 \div 1{,}5$ → przyjęto: $\delta_n = 1{,}5$, zakładając, że żadne czynne środki ochrony przeciwpożarowej nie zostały przewidziane (Załącznik E, uwaga (4) [4]). Stąd obliczeniowa wartość gęstości obciążenia ogniowego, określona zależnością jak niżej wynosi:

$$q_{f,d} = q_{f,k} \delta_{q1} \delta_{q2} \delta_n = 511 \cdot 1{,}12 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}5 = 1592{,}64 \text{ MJ/m}^2$$

Określenie właściwości termicznych strefy pożarowej

Całkowita powierzchnia elementów ograniczających wynosi:

$$A_t = 2A_f + 2(a+b)h = 2 \cdot 37{,}32 + 2 \cdot (5{,}76 + 6{,}48) \cdot 3{,}0 = 148{,}08 m^2$$

Całkowita powierzchnia otworów pionowych wynosi:

$$A_V = \sum n h_{op} b_{op} = 2 \cdot 1{,}52 \cdot 1{,}52 + 3 \cdot 1{,}0 \cdot 2{,}10 = 10{,}92 m^2$$

Całkowita absorpcyjność termiczna przegród ograniczających strefę pożarową wynosi:

$$b = \frac{\sum_i (b_i \cdot A_i)}{A_t - A_V} = \frac{1 \cdot 520 \cdot 37{,}32 + 1 \cdot 970 \cdot 37{,}32 + [2 \cdot (5{,}76 + 6{,}48) \cdot 3{,}0 - 10{,}92] \cdot 970}{148{,}08 - 10{,}92} = 847{,}56 \frac{J}{m^2 s^{1/2} K}$$

Zdolność do wentylacji strefy pożarowej

Przeciętna ważona wysokość otworu w przegrodach pionowych wynosi:

$$h_{eq} = \frac{(2 \cdot 1{,}52 + 3 \cdot 2{,}10)}{5} = 1{,}868 m$$

Wskaźnik otworów wynosi zatem:

$$O = \frac{A_V \cdot \sqrt{h_{eq}}}{A_t} = \frac{10{,}92 \cdot \sqrt{1{,}868}}{148{,}08} = 0{,}10 m^{1/2}$$

Uzyskana wartość mieści się w przedziale $0{,}02 \le b \le 0{,}20$, [m$^{1/2}$], wynikającym z ograniczeń normowych.

Współczynnik funkcji czasu:

$$\Gamma = \left(\frac{O/0{,}04}{b/1160} \right)^2 = \left(\frac{0{,}10/0{,}04}{847{,}56/1160} \right)^2 = 3{,}422^2 = 11{,}707$$

Gęstość obciążenia ogniowego odniesiona do całkowitego pola powierzchni ograniczających:

$$q_{t,d} = \frac{q_{f,d} \cdot A_f}{A_t} = \frac{1592{,}64 \cdot 37{,}32}{148{,}08} = 401{,}39 \frac{MJ}{m^2}$$

5.6. Ocena zakresu czasu potrzebnego do osiągnięcia maksymalnej temperatury i określenie maksymalnej osiąganej temperatury gazów

Oczekiwana jest średnia prędkość rozwoju pożaru, dla której $t_{\min} = 20\,\text{min} = 0{,}333h$.

Czas t_{max} do uzyskania maksymalnej temperatury jest określony jako:

$$t_{\max} = \max\left\{\left(0{,}0002 \cdot q_{t,d}\right)/O; t_{\lim}\right\} = \max\left\{\left(0{,}0002 \cdot 401{,}39\right)/0{,}10; 0{,}333\right\} = \max\left\{0{,}803; 0{,}333\right\} = 0{,}803h$$

Z uwagi na fakt, iż t_{max} jest określone pierwszym członem powyższej zależności, równym $\frac{0{,}0002 \cdot q_{t,d}}{O}$, to zgodnie z treścią normy [4] pożar można zakwalifikować jako kontrolowany za pomocą wentylacji.

Czas $t^*_{\max}$ niezbędny do osiągnięcia maksymalnej temperatury, z uwzględnieniem otworów i absorpcyjności termicznej przegród, jest określony jako:

$$t^*_{\max} = t_{\max} \cdot \Gamma = 0{,}803 \cdot 11{,}707 = 9{,}401h$$

Maksymalna temperatura gazów pożarowych:

$$\theta_{\max} = 20 + 1325\left(1 - 0{,}324 \cdot e^{-0{,}2 \cdot 9{,}401} - 0{,}204 \cdot e^{-1{,}7 \cdot 9{,}401} - 0{,}472 \cdot e^{-19 \cdot 9{,}401}\right) = 1279{,}51°C$$

Krzywa w fazie nagrzewania

Temperatura gazów pożarowych w fazie nagrzewania jest określona zależnością:

$$\theta_{g,t} = 20 + 1325\left(1 - 0{,}324 \cdot e^{-0{,}2 \cdot t^*} - 0{,}204 \cdot e^{-1{,}7 \cdot t^*} - 0{,}472 \cdot e^{-19 \cdot t^*}\right)$$

gdzie czas t^* jest wyznaczany jako: $t^* = t \cdot \Gamma = 11{,}707 \cdot t$

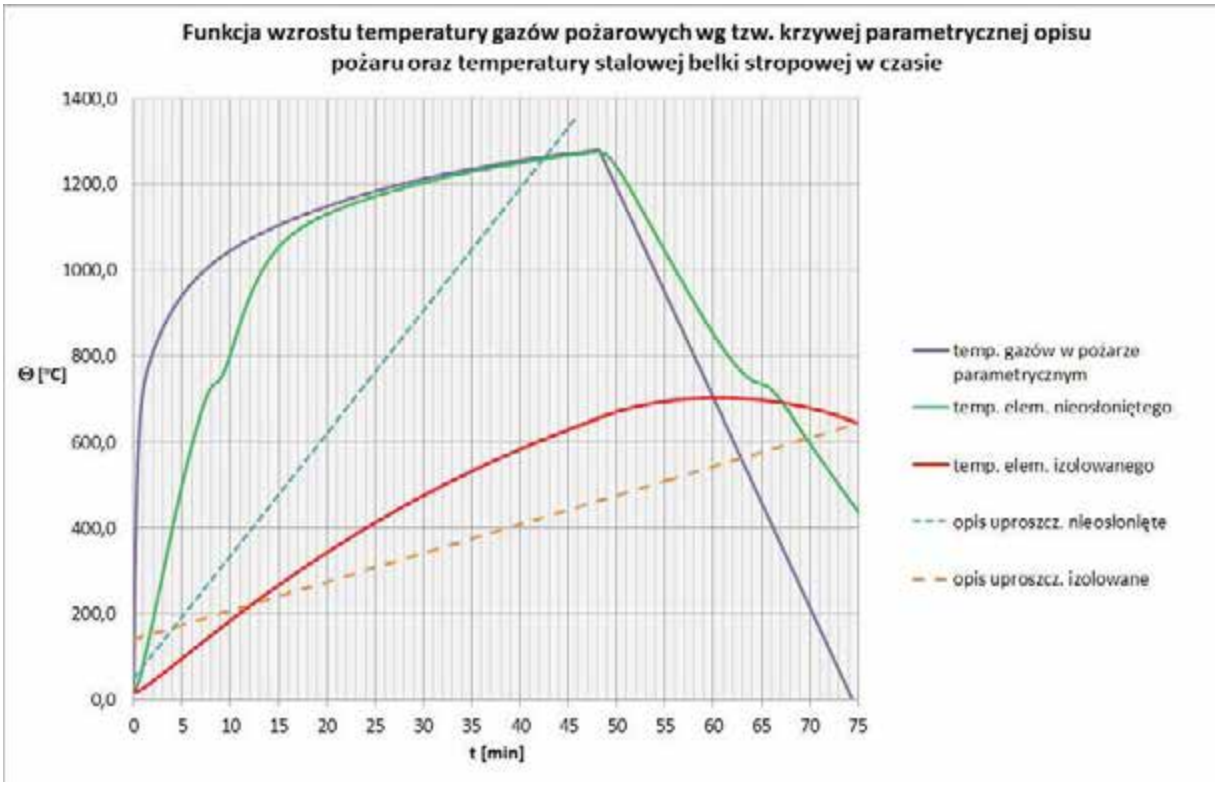
Krzywa w fazie chłodzenia

W przypadku, gdy $t^*_{\max} \geq 2\,\text{h}$, temperatura gazów w fazie chłodzenia w pożarze kontrolowanym warunkami wentylacji, jest określona zależnością:

$$\theta_{g,t} = \theta_{\max} - 250\left(t^* - t^*_{\max}\right) = 1279{,}51 - 250\left(t^* - 9{,}401\right) = 3629{,}76 - 250 \cdot t^*$$

Krzywą wynikową zaprezentowano na ryc. 6, zaś wybrane wyniki obliczeń zamieszczono w tabeli 3 dla elementu nieosłoniętego oraz w tabeli 4 dla elementu izolowanego za pomocą zaprawy ogniochronnej.

W przypadku elementu nieosłoniętego belka poddana oddziaływaniom pożaru parametrycznego osiąga temperaturę krytyczną, ustaloną na poziomie 663°C już w 7 minucie pożaru rozwiniętego, natomiast belka izolowana – po 49 minutach ekspozycji na analogiczne warunki termiczne.



Ryc. 6. Funkcja wzrostu temperatury gazów pożarowych wg krzywej parametrycznej temperatura-czas oraz towarzyszącego wzrostu temperatury belki stalowej stropu [opracowanie własne]

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.7

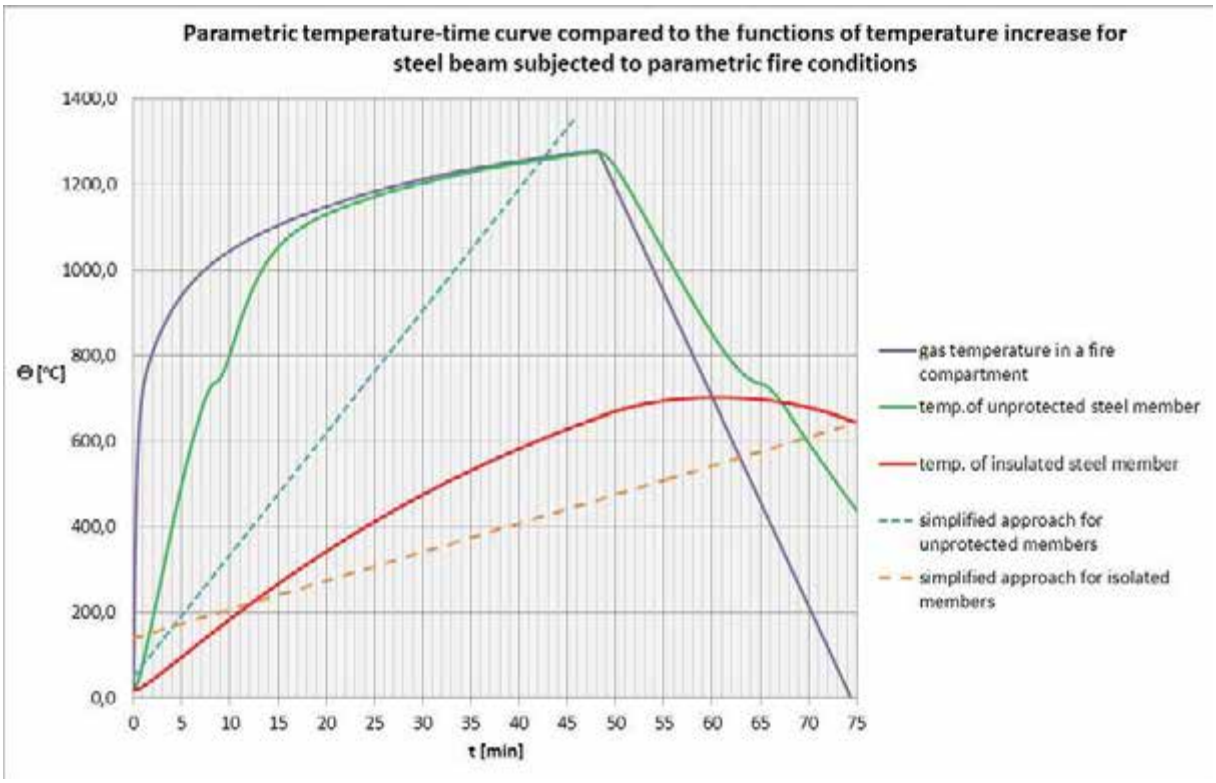


Fig. 6. Parametric temperature-time curve compared to the functions of temperature increase for steel beam subjected to parametric fire conditions [developed by author]

Tabela 3.

Wybrane wyniki obliczeń temperatury stalowej belki stropowej, niezabezpieczonej izolacją ogniochronną, poddanej oddziaływaniom pożaru parametrycznego, [opracowanie własne]

czas ekspozycji pożarowej			t	t	t*	$\Theta_{g,t}$	$\dot{h}_{net,c}$	$\dot{h}_{net,r}$	$\dot{h}_{net,d}$	c_a	$\Delta\Theta_{a,t}$ [°C]	$\Theta_{a,t}$ [°C]
[min]	[sek.]	[sek.]	[min]	[godz.]	[godz.]	[°C]	[W/m²]	[W/m²]	[W/m²]	[J/kg°C]	-	20,0
6	0	360	6,0000	0,1000	1,1707	968,4	13476,04	72908,3	86384,4	741,52	7,1	590,4
	5	365	6,0833	0,1014	1,1870	970,5	13302,7	72837,7	86140,4	749,17	7,0	597,4
	10	370	6,1667	0,1028	1,2032	972,6	13131,4	72752,8	85884,2	758,46	6,9	604,2
	15	375	6,2500	0,1042	1,2195	974,6	12962,8	72655,6	85618,3	763,21	6,8	611,0
	20	380	6,3333	0,1056	1,2357	976,6	12795,4	72542,0	85337,4	768,42	6,7	617,8
	25	385	6,4167	0,1069	1,2520	978,6	12629,3	72412,9	85042,3	774,15	6,7	624,4
	30	390	6,5000	0,1083	1,2683	980,6	12464,9	72269,3	84734,1	780,50	6,6	631,0
	35	395	6,5833	0,1097	1,2845	982,5	12302,2	72112,0	84414,2	787,55	6,5	637,5
	40	400	6,6667	0,1111	1,3008	984,4	12141,5	71942,2	84083,7	795,41	6,4	643,9
	45	405	6,7500	0,1125	1,3170	986,3	11983,0	71761,2	83744,2	804,23	6,3	650,3
	50	410	6,8333	0,1139	1,3333	988,2	11827,0	71570,2	83397,2	814,17	6,2	656,5
	55	415	6,9167	0,1153	1,3496	990,0	11673,7	71370,9	83044,5	825,46	6,1	662,6

Table 3.
Selected computational results of the temperature for unprotected steel beam, subjected to parametric fire conditions, [own elaboration]

Time of fire exposure			t	t	t*	$\Theta_{g.t}$	$\dot{h}_{net.c}$	$\dot{h}_{net.r}$	$\dot{h}_{net.d}$	c_a	$\Delta\Theta_{a.t}$ [°C]	$\Theta_{a.t}$ [°C]
[min]	[sec]	[sec]	[min]	[h]	[h]	[°C]	[W/m²]	[W/m²]	[W/m²]	[J/kg°C]	-	20.0
6	0	360	6.0000	0.1000	1.1707	968.4	13476.0	72908.3	86384.4	741.52	7.1	590.4
	5	365	6.0833	0.1014	1.1870	970.5	13302.7	72837.7	86140.4	749.17	7.0	597.4
	10	370	6.1667	0.1028	1.2032	972.6	13131.4	72752.8	85884.2	758.46	6.9	604.2
	15	375	6.2500	0.1042	1.2195	974.6	12962.8	72655.6	85618.3	763.21	6.8	611.0
	20	380	6.3333	0.1056	1.2357	976.6	12795.4	72542.0	85337.4	768.42	6.7	617.8
	25	385	6.4167	0.1069	1.2520	978.6	12629.3	72412.9	85042.3	774.15	6.7	624.4
	30	390	6.5000	0.1083	1.2683	980.6	12464.9	72269.3	84734.1	780.50	6.6	631.0
	35	395	6.5833	0.1097	1.2845	982.5	12302.2	72112.0	84414.2	787.55	6.5	637.5
	40	400	6.6667	0.1111	1.3008	984.4	12141.5	71942.2	84083.7	795.41	6.4	643.9
	45	405	6.7500	0.1125	1.3170	986.3	11983.0	71761.2	83744.2	804.23	6.3	650.3
	50	410	6.8333	0.1139	1.3333	988.2	11827.0	71570.2	83397.2	814.17	6.2	656.5
	55	415	6.9167	0.1153	1.3496	990.0	11673.7	71370.9	83044.5	825.46	6.1	662.6

Tabela 4.
Wybrane wyniki obliczeń temperatury stalowej belki stropowej, osłoniętej za pomocą izolacji ogniochronnej, poddanej oddziaływaniom pożaru parametrycznego, [opracowanie własne]

czas ekspozycji pożarowej			t	t	t*	$\Theta_{g,t}$	c_a	ϕ	$\Delta\Theta_{g.t}$ [°C]	$\Delta\Theta_{a,t}$ [°C]	$\Theta_{a,t}$ [°C]
[min]	[sek./ sec]	[sek./ sec]	[min]	[godz.]	[godz.]	[°C]	[J/kg°C]	-	-	-	20,0
49	0	2940	49,0000	0,8167	9,5607	1239,6	836,4	0,07	-4,1	0,6	662,2
	5	2945	49,0833	0,8181	9,5770	1235,5	837,9	0,07	-4,1	0,6	662,9
	10	2950	49,1667	0,8194	9,5932	1231,5	839,3	0,07	-4,1	0,6	663,5
	15	2955	49,2500	0,8208	9,6095	1227,4	840,8	0,07	-4,1	0,6	664,1
	20	2960	49,3333	0,8222	9,6258	1223,3	842,3	0,07	-4,1	0,6	664,7
	25	2965	49,4167	0,8236	9,6420	1219,3	843,8	0,07	-4,1	0,6	665,4
	30	2970	49,5000	0,8250	9,6583	1215,2	845,3	0,07	-4,1	0,6	666,0
	35	2975	49,5833	0,8264	9,6745	1211,1	846,8	0,07	-4,1	0,6	666,6
	40	2980	49,6667	0,8278	9,6908	1207,1	848,3	0,07	-4,1	0,6	667,2
	45	2985	49,7500	0,8292	9,7071	1203,0	849,8	0,07	-4,1	0,6	667,8
	50	2990	49,8333	0,8306	9,7233	1198,9	851,4	0,07	-4,1	0,6	668,3
	55	2995	49,9167	0,8319	9,7396	1194,9	852,9	0,07	-4,1	0,6	668,9

Table 4.
Selected computational results of the temperature for a steel beam insulated by fire protection material, subjected to parametric fire conditions, [own elaboration]

Time of fire exposure			t	t	t*	$\Theta_{g.t}$	c_a	ϕ	$\Delta\Theta_{g.t}$ [°C]	$\Delta\Theta_{a.t}$ [°C]	$\Theta_{a.t}$ [°C]
[min]	[sec]	[sec]	[min]	[h]	[h]	[°C]	[J/kg°C]	-	-	-	20.0
49	0	2940	49.0000	0.8167	9.5607	1239.6	836.4	0.07	-4.1	0.6	662.2
	5	2945	49.0833	0.8181	9.5770	1235.5	837.9	0.07	-4.1	0.6	662.9
	10	2950	49.1667	0.8194	9.5932	1231.5	839.3	0.07	-4.1	0.6	663.5
	15	2955	49.2500	0.8208	9.6095	1227.4	840.8	0.07	-4.1	0.6	664.1
	20	2960	49.3333	0.8222	9.6258	1223.3	842.3	0.07	-4.1	0.6	664.7
	25	2965	49.4167	0.8236	9.6420	1219.3	843.8	0.07	-4.1	0.6	665.4
	30	2970	49.5000	0.8250	9.6583	1215.2	845.3	0.07	-4.1	0.6	666.0
	35	2975	49.5833	0.8264	9.6745	1211.1	846.8	0.07	-4.1	0.6	666.6
	40	2980	49.6667	0.8278	9.6908	1207.1	848.3	0.07	-4.1	0.6	667.2
	45	2985	49.7500	0.8292	9.7071	1203.0	849.8	0.07	-4.1	0.6	667.8
	50	2990	49.8333	0.8306	9.7233	1198.9	851.4	0.07	-4.1	0.6	668.3
	55	2995	49.9167	0.8319	9.7396	1194.9	852.9	0.07	-4.1	0.6	668.9

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.7

5.7. Sprawdzenie nośności belki stropowej w domenie wytrzymałościowej

Sprawdzenia nośności dokonano w dwóch wariantach:

a) belki nieosłoniętej, poddanej oddziaływaniom termicznym pożaru opisanego krzywą standardową temperatura-czas. Celem sprawdzenia jest potwierdzenie nośności belki odpowiadającej klasie odporności ogniowej R15.
b) belki izolowanej natryskiem zaprawy cementowej z wermikulitem, poddanej oddziaływaniom termicznym pożaru opisanego krzywą parametryczną. Celem sprawdzenia jest potwierdzenie wymaganej odporności ogniowej belki w ciągu 45 minut trwania pożaru rozwiniętego (należy zwrócić uwagę, iż autor w sposób przemyślany nie posługuje się pojęciem odporności ogniowej, określonej symbolem R45, ponieważ przyjęto, iż jest on zarezerwowany dla pożarów opisywanych za pomocą krzywej standardowej).

W przypadku elementów o przekroju klasy 1 lub 2 i o nierównomiernym rozkładzie temperatury, zarówno na długości belki, jak i na wysokości przekroju, obliczeniową nośność przy zginaniu $M_{fi,t,Rd}$ w czasie t trwania pożaru można wyznaczyć na podstawie wzoru:

$$M_{fi,t,Rd} = \frac{M_{fi,\theta,Rd}}{\kappa_1\kappa_2} = \frac{k_{y,\theta}\cdot M_{Rd}}{\kappa_1\kappa_2}\frac{\gamma_{M,0}}{\gamma_{M,fi}} = \frac{1}{\kappa_1\kappa_2}\frac{k_{y,\theta}\cdot W_{pl,y}\cdot f_y}{\gamma_{M,fi}} \quad (24)$$

gdzie:

κ_1 – współczynnik przystosowania, uwzględniający nierównomierny rozkład temperatury na wysokości przekroju, na podstawie [5], pkt. 4.2.3.3.(7)

κ_2 – współczynnik przystosowania, uwzględniający nierównomierny rozkład temperatury na długości belki, na podstawie [5], pkt. 4.2.3.3.(8)

Belka nieosłonięta, wymaganie R15, według krzywej standardowej temperatura-czas

Temperatura w przekroju belki nieosłoniętej po pełnych 15 minutach trwania rozwiniętego pożaru wynosi (zgodnie z wynikami przeprowadzonych obliczeń) ok. 583°C.

Wartość współczynnika redukcyjnego granicy plastyczności $k_{y,\theta}$, odpowiadająca tej temperaturze wynosi:

$$k_{y,\theta} = 0{,}470 + \frac{0{,}780-0{,}470}{100}(600-583) = 0{,}523$$

Współczynnik przystosowania κ_1 = 0,70 uwzględnia działanie pożaru na element nieosłonięty z trzech stron.

Współczynnik przystosowania κ_2 = 1,0 uwzględnia schemat statyczny belki swobodnie podpartej.

Nośność obliczeniowa przekroju na zginanie w temperaturze $\theta_a = 583°C$ wynosi:

$$M_{fi,t,Rd} = \frac{1}{\kappa_1\kappa_2}\frac{k_{y,\theta}\cdot W_{pl,y}\cdot f_y}{\gamma_{M,fi}} = \frac{1}{0{,}7\cdot 1{,}0}\frac{0{,}523\cdot 412\cdot 23{,}5}{1{,}0} = 7233{,}84kNcm = 72{,}34kNm > M_{fi,Ed} = 30{,}87kNm$$

Nośność obliczeniowa przekroju przy ścinaniu:

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta}\frac{A_{V,z}\cdot f_y}{\sqrt{3}\cdot\gamma_{M,fi}} = 0{,}523\cdot\frac{21{,}75\cdot 23{,}5}{\sqrt{3}\cdot 1{,}0} = 154{,}34kN > V_{fi,Ed} = 20{,}58kN$$

Warunki nośności w sytuacji pożarowej dla przyjętego kryterium R15 są spełnione.

Belka izolowana natryskiem zaprawy cementowej z wermikulitem, wymaganie 45 minut, według krzywej parametrycznej temperatura-czas

Maksymalna temperatura w przekroju belki osłoniętej, osiągnięta w ciągu całego okresu pełnych 45 minut trwania rozwiniętego pożaru nie przekroczyła poziomu (zgodnie z wynikami przeprowadzonych obliczeń) 638°C.

Wartość współczynnika redukcyjnego granicy plastyczności $k_{y,\theta}$, odpowiadająca tej temperaturze wynosi:

$$k_{y,\theta} = 0{,}230 + \frac{0{,}470-0{,}230}{100}(700-638) = 0{,}379$$

Współczynnik przystosowania κ_1 = 0,85 uwzględnia działanie pożaru na element osłonięty z trzech stron.

Współczynnik przystosowania κ_2 = 1,0 uwzględnia schemat statyczny belki swobodnie podpartej.

Nośność obliczeniowa przekroju na zginanie w temperaturze $\theta_a = 638°C$ wynosi:

$$M_{fi,t,Rd} = \frac{1}{\kappa_1\kappa_2}\frac{k_{y,\theta}\cdot W_{pl,y}\cdot f_y}{\gamma_{M,fi}} = \frac{1}{0{,}85\cdot 1{,}0}\frac{0{,}379\cdot 412\cdot 23{,}5}{1{,}0} = 4317{,}03kNcm = 43{,}17kNm > M_{fi,Ed} = 30{,}87kNm$$

Nośność obliczeniowa przekroju przy ścinaniu:

$$V_{fi,t,Rd} = k_{y,\theta}\frac{A_{V,z}\cdot f_y}{\sqrt{3}\cdot\gamma_{M,fi}} = 0{,}379\cdot\frac{21{,}75\cdot 23{,}5}{\sqrt{3}\cdot 1{,}0} = 111{,}84kN > V_{fi,Ed} = 20{,}58kN$$

Warunki nośności w sytuacji pożarowej, dla wymaganych 45 minut odporności ogniowej belki, są spełnione.

6. Podsumowanie i wnioski

W pracy przedstawiono procedurę oceny odporności ogniowej stropów na belkach stalowych, zilustrowaną sugestywnym przykładem obliczeniowym.

Obliczenia i analizy przeprowadzone na potrzeby niniejszego opracowania pozwalają na sformułowanie następujących wniosków i uwag ogólnych:

1. Oceny odporności ogniowej elementów konstrukcyjnych stropów na belkach stalowych można dokonywać na bazie dostępnych procedur normowych w domenie termicznej czasowej lub wytrzymałościowej.
2. Zaprezentowane procedury można z powodzeniem stosować zarówno do oceny nośności stropów Kleina, jak i rozwiązań pokrewnych: ceglanych sklepień odcinkowych, stropów z wypełnieniem z płyt prefabrykowanych WPS, stropów z płytą żelbetową monolityczną wylaną na półkach dolnych itp.

3. Proponowane w literaturze [6], [7] uproszczone procedury obliczania temperatury elementu stalowego poddanego oddziaływaniom termicznym pożaru mają ograniczoną dokładność i raczej należy ich unikać.
4. Dla określonych konfiguracji parametrów fizyko-chemicznych wydzielonych stref pożarowych stosowanie modelu pożaru standardowego może okazać się niewystarczające i prowadzić do ryzykownych, niebezpiecznych oszacowań. Zaprezentowany przykład obliczeniowy wykazał, iż wbrew obiegowej opinii model pożaru standardowego nie zawsze prowadzi do najbardziej konserwatywnych wyników.
5. Ciągły rozwój technik obliczeniowych stwarza możliwości wykorzystania w analizie konstrukcji budowlanych nowoczesnych metod i narzędzi komputerowych, wykorzystujących założenia tzw. obliczeniowej dynamiki płynów, występującej najczęściej w literaturze pod angielską nazwą CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Metoda ta pozwala na dokładną ocenę przyrostu temperatury elementów konstrukcyjnych przy jednoczesnym uwzględnieniu realnych warunków środowiskowych strefy pożarowej, dopasowanych do specyfiki danej kategorii obiektu, jego wyposażenia itp. Na obecnym etapie stosowanie tego typu technik obliczeniowych wymaga, poza umiejętnościami obsługi skomplikowanych, komercyjnych narzędzi komputerowych, także zaawansowanej wiedzy teoretycznej, co poważnie ogranicza możliwości wykorzystania tychże metod w codziennej praktyce inżynierskiej. Z uwagi na powyższe ograniczenia metody te w przypadku prostych, statycznie wyznaczalnych układów konstrukcyjnych póki co nie znalazły szerszego zastosowania.
6. Stosowanie biernych środków ochrony przeciwpożarowej elementów stalowych w sposób efektywny zmniejsza prędkość wzrostu temperatury ustrojów nośnych. Dzięki temu zwiększa się prawdopodobieństwo skuteczności akcji ratowniczej przed wystąpieniem nieodwracalnych deformacji stalowych elementów konstrukcyjnych, a tym samym zmniejsza się ryzyko wystąpienia poważnej awarii.

Własne doświadczenie zawodowe autora oraz wyniki przeprowadzonych studiów literaturowych upoważniają ponadto do sformułowania następujących uwag, przydatnych dla właściwej oceny stanu technicznego konstrukcji, która przetrwała pożar:

7. Najczęstszą przyczyną wyeliminowania konstrukcji stalowej, która przetrwała pożar, z dalszej eksploatacji są jej trwałe odkształcenia znacznie przewyższające poziom uznany za dopuszczalny i akceptowalny.
8. O ile odkształcenia w zakresie prostoliniowości i kształtu na to pozwalają i elementy nośne zostały zachowane w stopniu wystarczającym do dalszego pełnienia swoich projektowanych funkcji, to mogą one być dalej wykorzystywane po pożarze. Pewne uwagi dotyczące kryteriów oraz możliwości ponownego wykorzystania stali po pożarze można odnaleźć np. w normie brytyjskiej [8] lub w opracowaniu książkowym wydanym pod patronatem British Steel (obecnie Corus) [9].
9. Wyniki opublikowanych badań naukowych prowadzonych w uznanych ośrodkach światowych, np. [9] i [10], w większości wykazują, iż w przypadku kształtowników stalowych walcowanych na gorąco ich parametry wytrzymałościowe po wystudzeniu wracają do poziomu wyjściowego, natomiast w przypadku elementów formowanych na zimno, spełniających tolerancje w zakresie kształtu, można założyć, że ich wytrzymałość trwała wynosi ok. 90% wartości początkowej. Należy jednak mieć na względzie, iż z uwagi na efekt zahartowania mogła ulec zmianie odporność stali na kruche pękanie. Każdorazowo szczegółowej kontroli i przeprowadzenia niezbędnych prac remontowych wymagają wszelkie połączenia i powłoki zabezpieczające.
10. Niektóre źródła literaturowe, np. [6], wskazują jednak na potrzebę przeprowadzenia uzupełniających popożarowych badań mikroskopowych stali, gdyż w zależności od warunków i temperatury występującej w trakcie pożaru można oczekiwać poważniejszych zmian strukturalnych stali budowlanych, w tym efektów odwęglania, przegrzania, rozrostu ziaren i występowania struktury Widmanstättena. Rozrostowi ziaren oraz występującej lokalnie strukturze Widmanstättena, charakteryzującej się iglastym ułożeniem faz, może towarzyszyć pogorszenie właściwości stali. Należy się także liczyć z niebezpieczeństwem, iż odwęglona warstwa powierzchniowa może stanowić potencjalne miejsce inicjacji mikropęknięć, które mogą propagować w głąb wytężonego przekroju poprzecznego. Zdaniem autora niniejszego artykułu tego typu niekorzystne zjawiska, związane ze zmianami strukturalnymi stali, mogą wystąpić jedynie w przypadku długotrwałych pożarów pomieszczeń o dużych obciążeniach ogniowych (np. magazynów), które z reguły i tak dyskwalifikują elementy stalowe konstrukcji, z uwagi na ich zbyt duże trwałe odkształcenia.
11. Ocenę stanu technicznego konstrukcji z uwzględnieniem oddziaływań pożarowych lub konstrukcji dotkniętych pożarem z uwagi na skomplikowany charakter zjawiska i niejednoznaczności wynikające ze sposobów jego modelowania najlepiej jest powierzać osobie o uznanym doświadczeniu zawodowym w tym zakresie i legitymującej się odpowiednimi kwalifikacjami.

Podziękowania

Artykuł niniejszy powstał w trakcie pobytu autora w Auburn University w ramach wyjazdowego stypendium naukowego, ufundowanego przez Polsko-Amerykańską Komisję Fulbrighta.

Autor składa podziękowania Władzom oraz Radzie Naukowej Komisji za umożliwienie integracji polskich i amerykańskich środowisk naukowych, co w wymiarze globalnym przyczynia się do polepszenia i umocnienia pozycji Polski w świecie oraz lepszemu zrozumieniu wzajemnych problemów i potrzeb.

Oddzielne podziękowania kieruję do prof. dr inż. Andrzeja S. Nowaka (*Chair of Department of Civil Engine-*

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.7

ering, Samuel Ginn College of Engineering, Auburn University), pełniącego funkcję opiekuna naukowego w trakcie mojego pobytu na stypendium – za ciepłe i życzliwe przyjęcie, stworzenie znakomitych warunków do pracy naukowej, udzielone cenne wsparcie merytoryczne i poświęcony czas.

Literatura

1. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (Dz.U. 1994 r. Nr 89 poz. 414).
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 r. Nr 75 poz. 690).
3. PN-EN 1990:2004 Eurokod: Podstawy projektowania konstrukcji, PKN, Warszawa, 2004.
4. PN-EN 1991-1-2:2006. Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-2: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru. PKN, Warszawa, 2006.
5. PN-EN 1993-1-2:2007 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych, Część 1-2: Reguły ogólne. Obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pozarowe, PKN, Warszawa, 2007.
6. Skowroński W., *Teoria bezpieczeństwa pożarowego konstrukcji metalowych*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2001.
7. *Wider Vocational Initiative in Structural Steelwork*, CD-ROM, Pilot for Beta-site testing, The Steel Construction Institute, Ascot, UK, 1999 (Version I) & 2001 (Version II).
8. British Standard BS 5950: Part 8: Code of practice for design of fire protection for structural steelwork, British Standards Institution, London, 2003.
9. Kirby B.R., Lapwood P.J., Thompson G., *The Reinstatement of Fire Damaged Steel and Iron Framed Structures*, British Steel Corporation, Swinden Laboratories, Rotherdam, 1986.
10. Outinen J., *Mechanical Properties of Structural Steels at High Temperatures and After Cooling Down*, Helsinki University of Technology, Laboratory of Steel Structures Publications 32, Espoo, 2007.

dr inż. Paweł A. Król – ukończył jednolite studia magisterskie na Wydziale Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej (1994), gdzie uzyskał również stopień doktora nauk technicznych (2007). Absolwent studiów podyplomowych organizowanych przez Politechnikę Warszawską we współpracy z Polish-British Construction Partnership Ltd. Związany z Politechniką Warszawską od 1998 roku, zatrudniony początkowo jako asystent, a od 2007 roku na stanowisku adiunkta. Od 2000 roku posiada uprawnienia budowlane b/o w specjalności konstrukcyjno-budowlanej, zajmując się równolegle projektowaniem konstrukcji oraz działalnością ekspercką w budownictwie. W 2014 roku uzyskał tytuł Rzeczoznawcy Budowlanego w tejże samej specjalności, w zakresie projektowania i kierowania robotami budowlanymi bez ograniczeń. Jest członkiem wielu krajowych i międzynarodowych organizacji i stowarzyszeń zawodowych oraz członkiem komitetów technicznych przy Polskim Komitecie Normalizacyjnym oraz European Convention for Constructional Steelwork. Członek grupy roboczej Structural Safety w ramach Europejskiego Programu Współpracy w Dziedzinie Badań Naukowo-Technicznych (COST) – akcja Integrated Fire Engineering and Response. Odbył kilka zagranicznych staży naukowych: Michigan State University, USA (2011), University of Ulster, Zjednoczone Królestwo (2013) i obecnie Auburn University, USA (2014) – w ramach przyznanego stypendium Polsko-Amerykańskiej Komisji Fulbrighta. Autor lub współautor ponad 100 opracowań o charakterze naukowym i technicznym.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.8

st. kpt. mgr inż. **Wojciech KLAPSA**[1]
inż. **Dawid BODALSKI**[1]
lic. **Sylwester SUCHECKI**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 30.10.2013;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 01.08.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

BADANIA DOŚWIADCZALNE REAKCJI NA OGIEŃ KABLI ELEKTRYCZNYCH[2]

Reaction To Fire of Electric Cables. Experimental Research

Экспериментальные исследования реакции на огонь электрических кабелей

Abstrakt
Cel: Przedstawienie wyników badań reakcji na ogień kabli elektrycznych według normy PN-EN 60332-1-2:2010, a także dodatkowych badań ponadnormatywnych. Badania miały na celu zbadanie wpływu takich parametrów jak: średnica zewnętrzna, liczbą żył, materiał, z którego wykonano żyły, a także zastosowanie drucianego ekranu na rozprzestrzenianie ognia przez kable elektryczne.
Projekt i metody: Badania wykonano na stanowisku badawczym zgodnym z normą PN-EN 60332-1-2:2010. Jest to podstawowa norma do określenia klasy reakcji na ogień E_{ca} oraz dodatkowa w przypadku określania klas $B1_{ca}$, $B2_{ca}$, C_{ca}, D_{ca} zgodnie z klasyfikacją przedstawioną w normie klasyfikacyjnej PN-EN 13501-6. Badań dokonano na grupie kabli elektrycznych o średnicach od 7 mm do 17,5 mm, różniących się liczbą żył, a także materiałem, z którego wykonano żyły oraz powłokę zewnętrzną. Część przewodów wyposażona była również w ekran z ocynkowanych drucików. Metodykę badań rozszerzono o pomiary temperatury żył, za pomocą dwóch termopar umieszczonych wewnątrz przewodu, na końcach próbki. Oprócz testów normatywnych przeprowadzono również badania dla dwu- i trzykrotnie zwiększonych czasów przyłożenia płomienia.
Wyniki: Kable ekranowane rozprzestrzeniały ogień w znacznie większym stopniu niż ich nieekranowane odpowiedniki. W przypadku kabli ekranowanych maksymalny zasięg zwęglenia rośnie proporcjonalnie do grubości przewodu. Nie zaobserwowano znacznych różnic w rozprzestrzenianiu ognia pomiędzy kablami różniącymi się wyłącznie materiałem, z którego wykonano żyły. Największy wzrost temperatur zanotowano w przewodach o najmniejszej średnicy. Temperatury żył mierzone na końcu oddalonym o około 100 mm od miejsca przyłożenia palnika osiągnęły maksymalnie około 40°C przy normatywnym czasie przyłożenia płomienia oraz około 150°C przy trzykrotnie zwiększonej ekspozycji. Dla żadnego z badanych kabli nie zanotowano natomiast wzrostu temperatury żył w punkcie pomiarowym oddalonym o 500 mm od miejsca przyłożenia płomienia.
Wnioski: Podstawowym czynnikiem wpływającym na rozprzestrzenianie ognia przez kabel elektryczny jest materiał, z którego wykonano izolację. W przypadku kabli ekranowanych rosnący zasięg zwęglenia wraz ze wzrostem średnicy spowodowany był większą ilością palnego tworzywa poddanego oddziaływaniu płomienia. Materiał, z którego wykonano żyły, nie ma większego wpływu na rozprzestrzenianie ognia. Dla kabli o przebadanych średnicach zewnętrznych normatywny czas przyłożenia płomienia – to jest 60 sekund, wydaje się być najbardziej optymalny. Przy wydłużonych czasach ekspozycji nie zanotowano zwiększenia zasięgu zniszczeń na próbce, natomiast odnotowano spadek precyzji metody.

Słowa kluczowe: kable elektryczne, reakcja na ogień, zagrożenie pożarowe
Typ artykułu: doniesienie wstępne

Abstract
Purpose: Presentation of the results of experimental research on the reaction to fire of electric cables according to PN-EN 60332-1-2, as well as some additional tests. The aim of the study was to assess the influence of selected parameters, such as outer diameter, number of cores, the core material and the presence shielding on the fire spread through electric cables.

[1] Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy; ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów; wklapsa@cnbop.pl / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland;
[2] Wkład procentowy w powstanie artykułu / Percentage contribution: W. Klapsa – 42%, D. Bodalski – 42%, S. Suchecki – 16%;

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.8

Project and methods: The study was performed on a testing stand, compliant with PN-EN 60332-1-2. In accordance with the typology presented in the classification standard PN-EN 13501-6, it constitutes a basic document for determining the E_{ca} class reaction to fire, and an additional one for $B1_{ca}$, $B2_{ca}$, C_{ca}, D_{ca} classes. The tests were carried out on a group of electric cables with diameter between 7 mm and 17.5 mm, differing from each other in the amount of cores, as well as, in the core and insulation's materials. Some of the cables had a screen made of galvanized wires. Testing methodology was supplemented with veins temperature measurements, carried out with the use of two thermo-couples positioned at both ends of the sample. Next to the tests based on normative methods, the authors also carried out some tests involving doubled and tripled flame exposure time.
Results: Shielded cables spread the fire in a much greater extent than their unscreened counterparts. Shielded cables' maximum charring range increases proportionally to the wire's thickness. There were no significant differences in the fire spread between the cables differing from each other in their core material. The highest temperature was recorded in case of the cables with the smallest diameter. Temperature measured at the end of the conductors located about 100 mm from the point of application of the burner reached its maximum of about 40°C during the normative flame application time, and about 150°C at a tripled application time. At the second measuring point, positioned about 500 mm from the flame application point, there were no temperature changes noticed, for none of the tested samples.
Conclusions: The main factor influencing the fire spread through an electric cable is the material of its insulation. In case of shielded cables the growth of charring range, along with the increase of cable diameter was caused by the greater amount of combustible material subjected to flame influence. The material of conductor does not have a major impact on the fire spread. For cables within tested diameters normative flame application time (i.e. 60 seconds) seems to be the most optimal. With extended exposure times there has been no significant increase of damage range, while there was a noticeable decrease of precision of the method.

Keywords: electric cables, reaction to fire, fire hazard
Type of article: short scientific report

Аннотация
Цель: Представление результатов исследований реакции на огонь электрических кабелей, проведенных согласно стандарту PN-EN 60332-1-2:2010, а также дополнительных исследований. Основной целью исследования было определение влияния таких параметров как: наружный диаметр, число проводов, материал, из которого сделаны провода, применение проволочного экрана, которые влияют на распространение огня по электрическими кабелям.
Проект и методы: Исследования были проведены на испытательной установке, соответствующей стандарту PN-EN 60332-1-2:2010. Это главный стандарт для определения класса реакции на огонь Eca и дополнительный в случае определения классов B1ca, B2ca, Cca, Dca согласно классификации представленной в классификационном стандарте PN-EN 13501-6. Исследования проводились на группе электрических кабелей диаметром от 7 мм до 17,5 мм, отличающихся друг от друга количеством проводов, материалом, из которого сделаны провода, а также внешним покрытием. Часть проводов состояла также из сетки гальванизированных проволок. Методика исследований была расширена измерениями температуры проводов, с помощью двух термопар, помещеннных внутри провода, на концах образца. Кроме нормативных тестов, были проведены также исследования, где время действия огня было увеличено дву- и трехкратно
Результаты: Экранированные кабеля распространяли огонь в значительно большей степени, чем их неэкранированые аналоги. В случае экранированных кабелей максимальная длина обугливания растёт пропорционально толщине провода. Значительные различия в распространении огня между кабелями, отличающимися друг от друга только материалом, из которого были сделаны провода, не были замечены. Самый большой рост температур был зафиксирован в проводах с наименьшим диаметром. Температуры проводов, измеренные на конце, при расстоянии 100 мм от места приложения горелки, составили максимально около 40°C при нормативном времени приложения огня, а также около 150°C при увеличенном воздействии в три раза. Однако для каждого из исследованных кабелей не зафиксирован рост температуры проводов в измерительном пункте, который находился на расстоянии 500 мм от места соприкосновения пламени.
Выводы: Основным фактором, влияющим на распространение огня по электрическому кабелю, является материал, из которого сделана изоляция. В случае экранированных кабелей растущая длина обугливания вместе с увеличением диаметра были вызваны большим количеством горючего материала, подверженного воздействию пламени. Материал, из которого сделаны провода, не имеет большого влияния на распространение огня. Для кабелей с исследованным внешним диаметром нормативное время прикосновения пламени – 60 секунд является наиболее оптимальным. При более длительных сроках воздействия не было зафиксировано значительного увеличения масштаба ущерба образца, в то время как было зафиксировано снижение точности метода.

Ключевые слова: электрические кабели, реакция на огонь, пожарная угроза
Вид статьи: предварительный отчёт

1. Wprowadzenie

Jednym z zagadnień współczesnego budownictwa związanych z postępem technologicznym oraz zapewnieniem odpowiedniej funkcjonalności jest wyposażenie budynku w infrastrukturę elektryczną oraz teleinformatyczną. Pomimo szybkiego rozwoju technologii bezprzewodowych wciąż stosuje się szerokie spektrum przewodów i kabli elektrycznych, zapewniających zasilanie oraz komunikację pomiędzy niezliczoną liczbą urządzeń elektrycznych oraz elektronicznych. Kable, podobnie jak inne wykorzystywane w budownictwie wyroby, podlegają ocenie w zakresie reakcji na ogień, a możliwość ich stosowania w budynkach użyteczności publicznej jest uregulowana prawnie. Wymagania stawiane są po to, aby wyroby pracowały prawidłowo w normalnych warunkach użytkowania obiektu budowlanego, jak również w sytuacji zagrożenia – pożaru lub innego miejscowego zagrożenia [1]. Badanie palności kabli elektrycznych jest szczególnie

ważne, ponieważ typ i ilość materiałów palnych występujących w pomieszczeniu jest jednym z głównych czynników wpływających na szybkość rozwoju pożaru. Szczególną uwagę należy zwrócić na usytuowanie palnych elementów wykończeniowych na ścianach i suficie pomieszczenia [2], czyli podstawowych miejscach prowadzenia kabli elektrycznych. W zakresie klasyfikacji reakcji na ogień dla kabli elektrycznych, obecnie obowiązuje Decyzja Komisji Europejskiej 2006/751/WE [3] wykonująca Dyrektywę Rady89/106/EWG, w której przedstawiono kryteria klasyfikacji oraz metody badawcze [4], oraz norma klasyfikacyjna PN-EN 13501-6 [5].

W Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej – PIB wykonano serię badań kabli elektrycznych według metody określonej w standardzie PN-EN 60332-1-2:2010 [6]. Jest to podstawowe badanie do określenia klasy reakcji na ogień E_{ca} oraz badanie wstępne do określenia klas $B1_{ca}$, $B2_{ca}$, C_{ca}, D_{ca} zgodnie z wymaganiami przywołanej normy klasyfikacyjnej. Uzyskanie pozytywnego wyniku testu obliguje do wykonania znacznie bardziej skomplikowanych, pracochłonnych i kosztownych badań według normy PN-EN 50399 [7].

Testom poddano dwie grupy kabli elektrycznych występujące w tych samych konfiguracjach liczby żył – 5G1, 12G1, 18G1, 25G1, gdzie jedną z grup wyróżniało zastosowanie ekranu z ocynkowanych drucików. Dodatkowo porównano zachowanie kabli o tych samych parametrach, różniących się od siebie materiałem wykonania żyły (miedź lub aluminium). Na podstawie otrzymanych wyników oceniono wpływ powyższych parametrów na rozprzestrzenianie pionowe płomienia na pojedynczym kablu. Wszystkie badania rozszerzono również o pomiary temperatury żył na końcach próbki.

2. Badania

2.1. Stanowisko badawcze

Badania przeprowadzono na stanowisku przygotowanym według zaleceń standardu PN-EN 60332-1-1 [8], składającym się z trzech zasadniczych części:

- Osłony metalowej o wysokości 1200 mm (±25 mm), szerokości 300 mm (±25 mm) i głębokości 450 mm (±25 mm), otwartej z przodu i wyposażonej w dwa uchwyty do mocowania próbek. Odległość między krawędziami uchwytów wynosi 550 mm (±5 mm).
- Źródła zapalenia – palnika zgodnego z PN-EN 60695-11-2 [9] z wyjątkiem zasilania – w tym przypadku jest to propan techniczny o 95% znamionowej czystości.
- Komory wolnej od przeciągów i wyposażonej w regulowany wyciąg laboratoryjny (dygestorium).

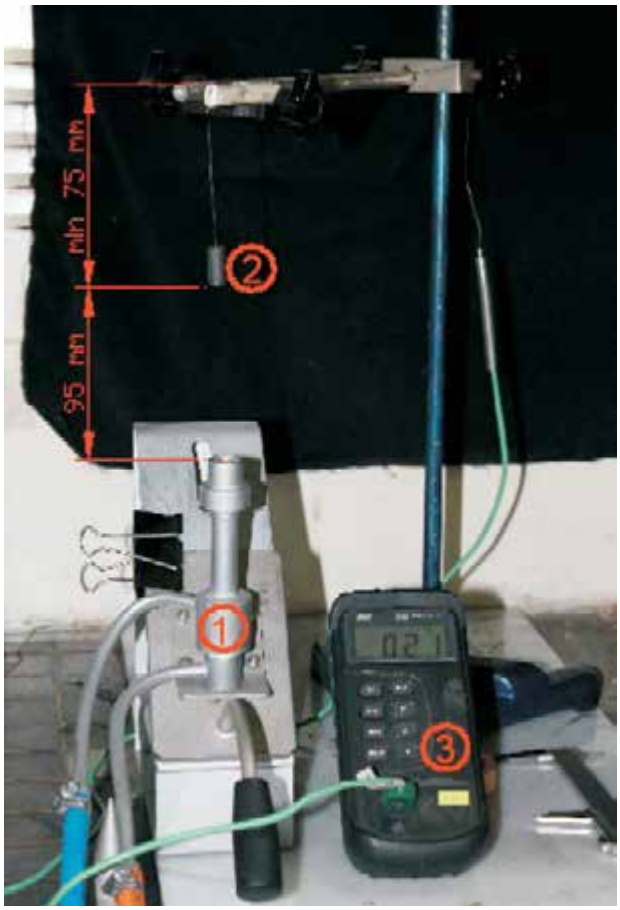
Badania według standardu PN-EN 60332-1-2 przeprowadza się dla pojedynczego izolowanego przewodu bądź kabla o długości 600 mm (±25 mm). Próbkę należy przymocować do dwóch poziomych uchwytów za pomocą drutu miedzianego. Dolny koniec próbki powinien znajdować się w odległości ok. 50 mm od podstawy obudowy.

Ryc. 1. Stanowisko badawcze wg PN-EN 60332-1-2
Fig. 1. Test stand according to PN-EN 60332-1-2
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

2.2. Sprawdzanie parametrów palnika

Palnik propanowy, będący źródłem zapłonu, należy ustawić tak, aby wierzchołek wewnętrznego niebieskiego stożka dotykał powierzchni próbki w odległości 475 mm (±5 mm) od dolnej krawędzi górnego poziomego uchwytu. Palnik winien być ustawiony pod kątem 45º (±2º) do pionowej osi próbki. Stosując odpowiednie parametry przepływu powietrza ─ 10 l/min (± 0,5 l/min) i propanu czystego (o zawartości > 95%) ─ 650 ml/min (± 30 ml/min) przy ciśnieniu 1 bar, powinno się uzyskać płomień o określonej mocy oraz wysokości płomienia. Wysokość płomienia powinna zawierać się w granicach 170÷190 mm, natomiast wysokość niebieskiego stożka w zakresie 50÷60 mm. Ustawiając parametry palnika w zakresach określonych w normie PN-EN 60695-11-2, nie udało się osiągnąć spodziewanych wysokości płomienia oraz niebieskiego stożka. Odpowiednie wysokości osiągnięto empirycznie poprzez regulację przepływów. Wymagane charakterystyki geometryczne płomienia uzyskano, regulując przepływy propanu i powietrza w przybliżeniu na odpowiednio: 600 ml/min oraz 14 l/min. Dopiero tak wyregulowany płomień poddano badaniu mocy. Układ probierczy przedstawiono na rycinie 2. Składa się on z palnika (1), bloku miedzianego z zamocowaną termoparą (2) oraz urządzenia do wskazywania temperatury i czasu (3). Na tak zestawionym układzie dokonano trzykrotnego oznaczenia czasu wzrostu temperatury bloku miedzianego od 100ºC (±5ºC) ÷ 700ºC (±3ºC). Czas takiego wzrostu powinien wynosić 45 s (±5 s). Uzyskane wyniki potwierdziły wytworzenie płomienia probierczego o mocy 1 kW.

BiTP Vol. 35 Issue 3, 2014, pp. 97-105
DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.8



Ryc. 2. Układ do próby sprawdzającej wg PN-EN 60695-11-2 (1 – palnik, 2 – blok miedziany z termoparą, 3 – urządzenie do wskazywania temperatury i czasu)
Fig. 2. Experimental set-up according to PN-EN 60695-11-2 (1 – burner, 2 – copper block with thermocouple, 3 – time and temperature measurement device)
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

2.3. Próbki do badań

Zgodnie ze standardem PN-EN 60332-1-2 próbkę stanowi odcinek izolowanego przewodu lub kabla o długości 600 mm (±20 mm). Próbki zestawiono w trzy grupy. Pierwszą (patrz tabela 1) stanowią nieekranowane kable o skręconych warstwowo, izolowanych żyłach z cienkich drucików w powłoce z PCW, w czterech wariantach różniących się liczbą żył, a więc i średnicą zewnętrzną. Oznaczenia kabli stosowane w tabelach 1, 2, 3 podano według normy PN-HD 361 S3:2002/A1:2007P [10]. Wszystkie próbki przed badaniami poddano sezonowaniu, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 60332-1-2, to jest przez co najmniej 16 godzin w temperaturze (23±5)°C i wilgotności (50±20)%.

W skład drugiego zestawu wchodziły przewody tego samego producenta o tych samych liczbach żył, w których zastosowano ekran z ocynkowanego drutu miedzianego.

Tabela 1.
Zestaw 1 – kable nieekranowane
Table 1.
Set 1 – unshielded cables

Lp. No.	Rodzaj kabla Cable type	Liczba żył Amount of cores	Średnica zewnętrzna [mm] Outer diameter [mm]	Rodzaj żyły Core type
1.	H05VV-F	5G1	7,1	Miedź/ Copper
2.	H05VV-F	12G1	10,5	Miedź/ Copper
3.	H05VV-F	18G1	12,7	Miedź/ Copper
4.	H05VV-F	25G1	14,7	Miedź/ Copper

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own elaboration.

Ryc. 3. Zestaw 1 – kable nieekranowane
Fig. 3. Set 1 – unshielded cables
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 2.
Zestaw 2 – kable ekranowane
Table 2.
Set 2 – shielded cables

Lp. No.	Rodzaj kabla Cable type	Liczba żył Amount of cores	Średnica zewnętrzna [mm] Outer diameter [mm]	Rodzaj żyły Core type
1.	H05VC4V-F	5G1	9,5	Miedź/ Copper
2.	H05VC4V-F	12G1	13,3	Miedź/ Copper
3.	H05VC4V-F	18G1	15,5	Miedź/ Copper
4.	H05VC4V-F	25G1	17,5	Miedź/ Copper

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Ryc. 4. Zestaw 2 – kable ekranowane
Fig. 4. Set 2 – shielded cables
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Trzeci zestaw stanowiły odmienne przewody. Były to dwa rodzaje próbek o tym samym przekroju żyły, tym samym materiale powłoki zewnętrznej (izolacja z polietylenu usieciowanego w powłoce poliwinitowej), występujące w dwóch wariantach – o żyłach miedzianych i aluminiowych.

Tabela 3.
Zestaw 3 – kable z żyłami z aluminium i miedzi
Table 3.
Set 3 – cables with aluminum and copper cores

Lp. No.	Rodzaj kabla Cable type	Liczba żył Amount of cores	Średnica zewnętrzna [mm] Outer diameter [mm]	Rodzaj żyły Core type
1	YKXS	1x50 RMC	13,2	Miedź/Copper
2	YAKXS	1x50 RMC	12,7	Aluminium/ Aluminum

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Ryc. 5. Zestaw 3 – kable z żyłami z aluminium i miedzi
Fig. 5. Set 3 – cables with aluminum and copper cores
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

2.4. Metoda badawcza

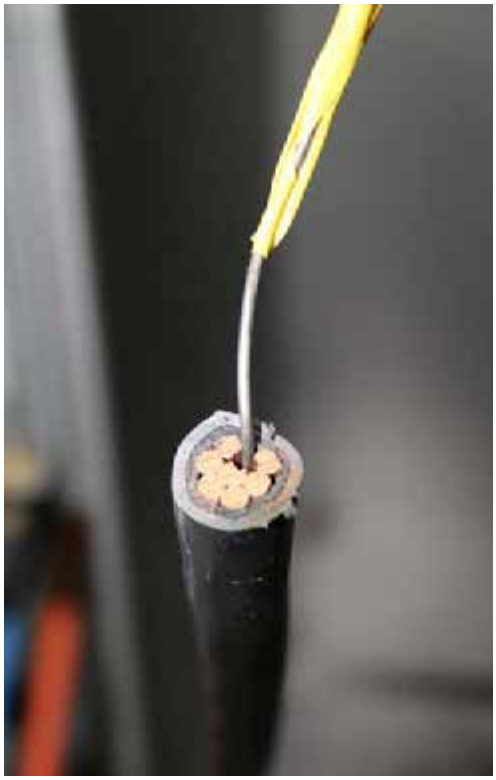
Przygotowaną próbkę o znormalizowanej długości 600 mm (± 20 mm) zamocowano do uchwytów za pomocą drutu miedzianego tak, aby dolny koniec próbki był w odległości ok. 50 mm od podstawy obudowy. Mając skalibrowaną moc palnika oraz próbkę zamocowaną tak, jak to opisano powyżej, ustawiono palnik w taki sposób, aby czubek stożka kontrolnego (odwzorowującego niebieski stożek w płomieniu) stykał się z powierzchnią próbki. Dobraną w ten sposób pozycję roboczą palnika ustalono, ustawiając specjalny ogranicznik na prowadnicy. Następnie palnik wycofano, zdjęto stożek kontrolny, po czym podpalono i skontrolowano wysokość płomienia. Zapalony palnik przystawiono do próbki na czas zależny od jej średnicy (patrz tabela 4). Po odsunięciu palnika odczekano, aż palący się lub tlący przewód zgaśnie.

Tabela 4.
Czasy przyłożenia palnika w zależności od średnicy zewnętrznej kabla
Table 4.
Burner reaction times depending on cable outer diameter

Zewnętrzna średnica próbki do badań [mm] Outer diameter of specimen [mm]	Czas przyłożenia palnika [s] Burner application time
$D \leq 25$	60 ± 2
$25 < D \leq 50$	120 ± 2
$50 < D \leq 75$	240 ± 2
$D > 75$	480 ± 2

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Wszystkie próbki miały średnicę zewnętrzną mniejszą niż 20 mm, a zatem zgodnie z tabelą 4 czas przyłożenia palnika wynosił dla nich 60 sekund. Dla każdej z próbek wykonano po trzy badania przy normatywnym czasie przyłożenia płomienia. Dodatkowo dla 5 przewodów wykonano badania przy czasie działania płomienia wydłużonym do 120 s i 180 s. Za wyniki badań uznaje się zmierzoną wysokość H zniszczenia (zwęglenia) próbki. Na uwagę zasługuje fakt istnienia rozbieżności w sposobie pomiaru tej odległości pomiędzy załącznikiem A do normy PN-EN 60332-1-2 a normą klasyfikacyjną PN-EN 13501-6. W pierwszym przypadku wynik pozytywny otrzymujemy, gdy odległości od dolnej krawędzi górnego uchwytu do granic obszaru zwęglonego wynoszą odpowiednio ponad 50 mm w stosunku do granicy górnej oraz poniżej 540 mm w stosunku do granicy dolnej. Norma klasyfikacyjna natomiast mówi, iż wysokość rozprzestrzenienia płomienia od miejsca przyłożenia palnika nie może przekroczyć 425 mm, nie wspominając o rozprzestrzenianiu ognia w dół. Zakres badań rozszerzono o pomiary wzrostu temperatury żyły wewnątrz kabla. Pomiaru dokonywano za pomocą dwóch termopar zamocowanych na dwóch końcach kabla. Układ taki pozwolił zbadać, do jakich temperatur rozgrzewa się żyła wewnętrzna w zależności od zastosowanego materiału (miedź lub aluminium) oraz oceniono wpływ procesu przekazywania ciepła – na drodze przewodzenia – na rozprzestrzenianie się ognia po osłonie kabla elektrycznego.



Ryc. 6. Termopara do pomiaru wzrostu temperatury żyły wewnętrznej
Fig. 6. Thermocouple for measuring the core temperature increase
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.8

3. Wyniki badań

W tabeli 5 przedstawiono po trzy wyniki badań dla każdego z przebadanych kabli wykonane przy normatywnym czasie przyłożenia płomienia (60 s). Według normy [5] badania przeprowadzone na jednej próbce są wystarczające do celów klasyfikacji. Na potrzeby badawcze wykonano jednak po 3 próby dla każdego z przewodów, wyliczając współczynnik zmienności V.

$$V = \frac{s}{x} * 100\%$$

gdzie:
s – odchylenie standardowe z próby
x – średnia arytmetyczna z próby

Tabela 5.

Porównanie wyników – normatywny czas przyłożenia płomienia

Table 5.

Comparison of results – normative flame application time

Lp. No.	Rodzaj kabla Cable type	Liczba żył Amount of cores	Odległość góra [mm] Upper limit [mm]	Odległość dół [mm] Lower limit [mm]	Odległość góra [mm] Upper limit [mm]	Odległość dół [mm] Lower limit [mm]	Odległość góra [mm] Upper limit [mm]	Odległość dół [mm] Lower limit [mm]	Średnia górna [mm] Average upper limit [mm]	Średnia dolna [mm] Average lower limit [mm]	Współczynnik zmienności; góra [%] Coefficient of variation; up [%]	Współczynnik zmienności; dół [%] Coefficient of variation; down [%]
			1		2		3					
1	H05VV-F	5G1	338	492	342	492	351	494	344	493	1,94%	0,23%
2		12G1	354	494	356	492	351	491	354	492	0,71%	0,31%
3		18G1	359	495	356	498	364	499	360	497	1,12%	0,42%
4		25G1	345	497	346	497	338	496	343	497	1,27%	0,12%
5	H05VC4V-F	5G1	333	496	321	494	316	492	323	494	2,70%	0,40%
6		12G1	311	497	305	496	312	498	309	497	1,23%	0,20%
7		18G1	301	490	297	492	298	499	299	494	0,70%	0,96%
8		25G1	279	492	283	494	277	495	280	494	1,09%	0,31%
9	YKXS	1x50	386	491	390	496	378	496	385	494	1,59%	0,58%
10	YAKXS	1x50	360	491	374	495	379	489	371	492	2,65%	0,62%

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 6.

Porównanie wyników – dwukrotnie dłuższy czas przyłożenia płomienia

Table 6.

Comparison of results – double flame application time

Lp. No.	Czas przyłożenia płomienia [s]	Rodzaj kabla Cable type	Liczba żył Amount of cores	Odległość góra [mm] Upper limit [mm]	Odległość dół [mm] Lower limit [mm]	Odległość góra [mm] Upper limit [mm]	Odległość dół [mm] Lower limit [mm]	Odległość góra [mm] Upper limit [mm]	Odległość dół [mm] Lower limit [mm]	Średnia górna [mm] Average upper limit [mm]	Średnia dolna [mm] Average lower limit [mm]	Współczynnik zmienności; góra [%] Coefficient of variation; up [%]	Współczynnik zmienności; dół [%] Coefficient of variation; up [%]
				1		2		3					
1	120	H05VV-F	5G1	311	501	293	495	274	492	293	496	6,31%	0,92%
2			18G1	350	507	333	490	312	490	332	496	5,73%	1,98%
3			25G1	332	500	300	490	320	491	317	494	5,10%	1,11%
4		H05VC4V-F	5G1	329	503	303	487	312	501	315	497	4,19%	1,75%
5			12G1	328	502	276	492	283	495	296	496	9,53%	1,03%
6	180	H05VV-F	5G1	311	506	315	495	293	492	306	498	3,83%	2,16%
7			18G1	357	505	290	484	312	490	319	493	10,71%	2,19%
8			25G1	320	499	323	500	332	502	325	500	1,92%	0,31%
9		H05VC4V-F	5G1	327	515	297	494	282	503	302	504	7,59%	2,09%
10			12G1	284	507	285	498	300	498	290	501	3,09%	1,04%

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

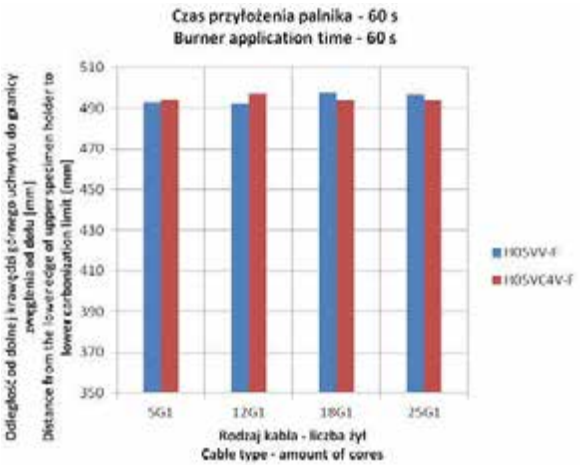
Pięć przewodów poddano również badaniom przy dwu- i trzykrotnie wydłużonym czasie przyłożenia płomienia. Wyniki przedstawiono w tabeli 6.

4. Analiza wyników

Analizując różnice w otrzymanych wynikach, można zauważyć, że dla normatywnego czasu przyłożenia płomienia znacznie większe rozbieżności występują w wartościach odległości do górnej granicy zwęglenia – zgodnie z kierunkiem większego rozprzestrzeniania się ognia, osiągając wartości od 0,7% do 2,7%. W przypadku wartości do dolnej granicy zwęglenia różnice w większości przypadków nie przekraczają 1%. Odnosząc różnice w wynikach do średnicy kabla elektrycznego, łatwo zauważyć, że największe różnice wartości odległości do górnej granicy występują przy najmniejszej średnicy zarówno kabla ekranowanego, jak i nieekranowanego.

Norma wskazuje, że należy przebadać jedną próbkę i dopiero wówczas, gdy nie spełni ona wymagania, wykonuje się kolejne dwie próby, przy czym jeżeli dadzą one wynik pozytywny, to uznaje się, że kabel spełnia wymagania. W przypadku wartości odległości od dolnej krawędzi górnego uchwytu do granic obszaru zwęglonego znacznie większych od 50 mm, różnice w kolejnych seriach nie mają większego znaczenia dla końcowej klasyfikacji kabla elektrycznego pod kątem spełnienia wymagań normy. Na poniższych dwóch wykresach (ryc. 7, ryc. 8) zestawiono zmierzone odległości do granic zwęglenia w zależności od liczby żył (średnicy zewnętrznej), porównując kable ekranowane z nieekranowanymi. Analizując wykresy, należy pamiętać o fakcie, iż kabel posiada tym lepsze właściwości, im jego odległość od dolnej krawędzi górnego uchwytu do górnej granicy zwęglenia jest większa, natomiast do dolnej krawędzi zwęglenia mniejsza.

Ryc. 7. Wielkość zniszczeń w zależności od liczby żył – górna granica zwęglenia
Fig. 7. Destruction size depending on amount of cores – upper carbonization limit
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

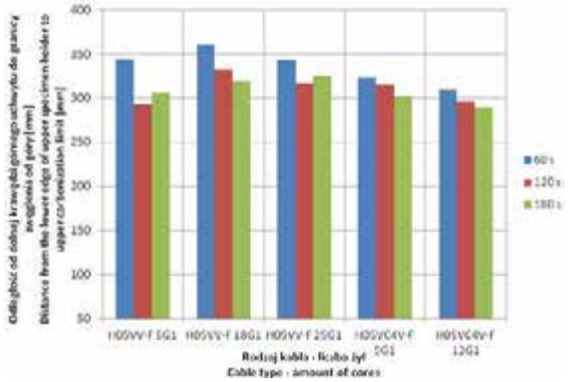


Ryc. 8. Wielkość zniszczeń w zależności od liczby żył – dolna granica zwęglenia
Fig. 8. Destruction size depended on amount of cores – lower carbonization limit
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Analizując oba wykresy, jednoznacznie można stwierdzić, że kable elektryczne ekranowane w znacznie większym stopniu rozprzestrzeniają płomień w stosunku do kabli nieposiadających ekranu. W przypadku wartości do górnej granicy zwęglenia dla kabla ekranowanego widać wyraźne zmniejszanie się mierzonej odległości (pogarszanie właściwości palnych) wraz ze wzrostem liczby żył, a co za tym idzie średnicy zewnętrznej. W przypadku kabli nieekranowanych odległości te wahają się w granicach precyzji badania. Odległość do dolnej granicy zwęglenia praktycznie nie zależy od rodzaju kabla ani liczby żył, a ewentualne rozbieżności również mieszczą się w granicach precyzji metody.

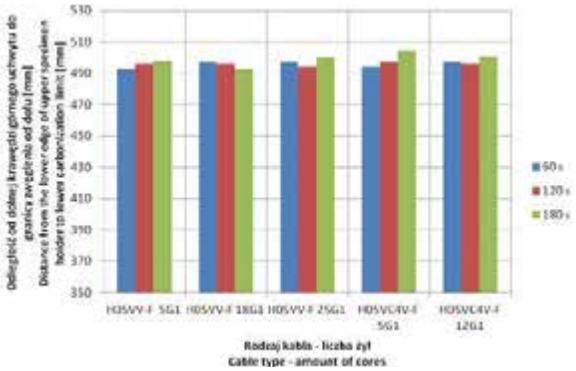
Najlepiej spośród przebadanych kabli zachowywały się przewody typu YKXS oraz YAKXS. W przypadku próbki kabla z żyłami aluminiowymi zauważono wprawdzie nieco większe rozprzestrzenianie płomienia, jednak są to różnice rzędu kilkunastu milimetrów, w przypadku odległości do górnej granicy zwęglenia.

Kolejne dwa wykresy (ryc. 9, ryc. 10) przedstawiają wyniki badań przeprowadzonych na zestawie pięciu kabli przy wydłużonych czasach oddziaływania płomienia (120 s i 180 s).



Ryc. 9. Wielkość zniszczeń w zależności od czasu przyłożenia palnika, górna granica zwęglenia
Fig. 9. Destruction size depended on burner application time, upper carbonization limit
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

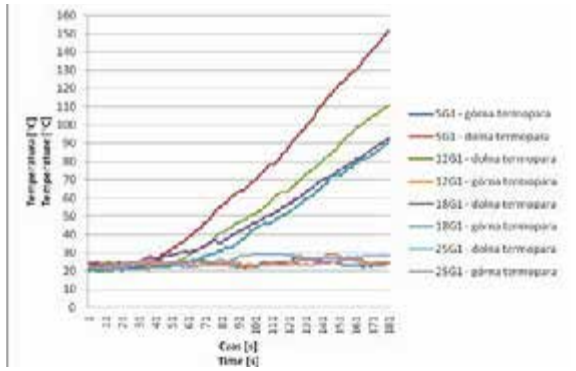
BiTP Vol. 35 Issue 3, 2014, pp. 97-105
DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.8



Ryc. 10. Wielkość zniszczeń w zależności od czasu przyłożenia palnika, górna granica zwęglenia
Fig. 10. Destruction size depended on burner application time, upper carbonization limit
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

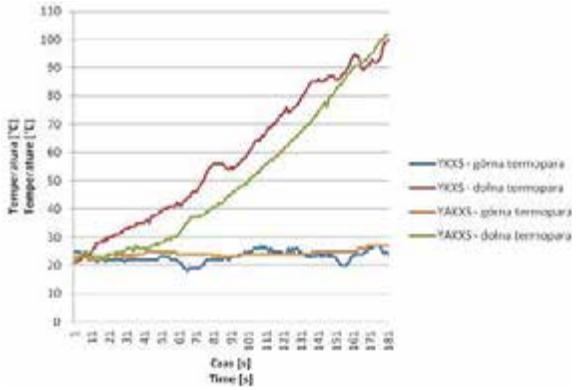
Badania wykazały, iż zwiększenie czasu przyłożenia płomienia negatywnie wpływa na precyzję metody. Współczynnik zmienności przy pomiarze odległości do górnej granicy zwęglenia osiąga wartość nawet 10,7%, natomiast przy odległości do dolnej granicy 2,2%. Zanotowano tendencję spadkową odległości od dolnej krawędzi górnego uchwytu do górnej granicy zwęglenia pomiędzy czasem normatywnym i dwukrotnie wydłużonym (większe zniszczenia), jednak pomiędzy dwu- i trzykrotnym czasem trend ten zanika, a różnice wynoszą maksymalnie kilkanaście milimetrów. W przypadku dolnej granicy zwęglenia dla każdego z kabli odnotowano jedynie minimalne wahania parametru.

Celem zbadania wpływu przewodzenia ciepła przez żyły na rozprzestrzenianie ognia, podczas wszystkich badań dokonywano pomiarów temperatury na obu końcach odcinka kabla. Dolna termopara znajdowała się w odległości ok. 100 mm od miejsca przyłożenia palnika, natomiast górna w odległości ok. 500 mm. Na poniższym wykresie (ryc. 11) zestawiono przykładowe temperatury zarejestrowane podczas badań zestawu kabli ekranowanych H05VC4V-F o różnej liczbie żył przy czasie oddziaływania 180 s. Analizy tej zależności dokonano przy wydłużonym czasie oddziaływania palnika ze względu na nieznaczny wzrost temperatur w czasie określonym w normie.



Ryc. 11. Przykładowy wykres przedstawiający wzrost temperatury żyły w czasie badania dla różnych ilości żył w kablu ekranowanym H05VCV-F
Fig. 11. Sample graph showing core temperature increase during the test for different amount of cores for shielded cables H05VCV-F
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Największy i najbardziej dynamiczny wzrost temperatury odnotowano dla kabla o najmniejszej liczbie żył. Z wykresu wynika, iż wzrost temperatury zarejestrowano jedynie na dolnej termoparze, która była w bliższej odległości od źródła ognia. Można również zauważyć, że charakterystyka wzrostu temperatury rosła liniowo. W przypadku pomiarów temperatury dla kabli różniących się materiałem, z jakiego wykonane były żyły, podobnie jak w poprzednich przypadkach zaobserwowano nagrzewanie jedynie na niewielkiej odległości od miejsca przyłożenia płomienia. Wzrost temperatury żyły miedzianej następuje wcześniej niż aluminiowej, lecz dynamika wzrostu tej drugiej ostatecznie doprowadza do zrównania się wyników po niespełna trzyminutowej ekspozycji, co zaprezentowano na rycinie 12.



Ryc. 12. Przykładowy wykres przedstawiający wzrost temperatury żyły aluminiowej i miedzianej w czasie badania
Fig. 12. Sample graph showing core temperature increase during the test for different core material (aluminum, copper)
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Odnotowane temperatury są znacznie niższe od temperatur samozapłonu materiałów stałych, a proces przewodzenia ciepła przez żyły kabla nie ma istotnego wpływu na rozprzestrzenianie ognia po kablu. Temperatury w odległości niespełna 50 cm od miejsca przyłożenia palnika nawet przy tak długim czasie przyłożenia palnika wzrastają zaledwie o kilka stopni i nie przekraczają 30°C.

5. Wnioski

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że rozprzestrzenianie płomienia na pojedynczym kablu elektrycznym zależy w głównej mierze od materiału powłoki i izolacji, z której został wykonany. Średnica kabla elektrycznego (liczba żył) nie wpływa zasadniczo na wielkość rozprzestrzeniania się płomienia, niemniej jednak zauważono, że w przypadku kabli elektrycznych ekranowanych, w badanym zakresie średnic widoczny jest proporcjonalny wzrost zasięgu zwęglenia wraz ze zwiększaniem się grubości przewodu. Różnice w wartościach były jednak niewielkie, i co ważne, jedynie w minimalnym stopniu powiększające się wraz ze wzrostem czasu przyłożenia, w związku z czym można uznać, że zastosowanie ekranu cienkich ocynkowanych drucików miedzianych nie będzie wpływało znacząco na rozprzestrzenianie się ognia w warunkach pożarowych. Badania

porównawcze kabli miedzianych i aluminiowych wykazały, że sama przewodność cieplna żyły kabla elektrycznego nie odgrywa znaczącej roli w rozprzestrzenianiu się płomienia. Można również uznać, iż wydłużony czas oddziaływania źródła ognia nie ma większego wpływu na zasięg zniszczeń. Stwierdzono, że dobór czasu przyłożenia źródła ognia zastosowany w metodzie jest odpowiedni i dłuższe oddziaływanie źródła ognia nie ma uzasadnionych podstaw. Stąd wniosek, że wielkość rozprzestrzeniania ognia dla pojedynczego kabla jest w pewnym zakresie stała dla danego materiału, z jakiego wykonana została powłoka zewnętrzna i izolacja żył. Dodatkowym wnioskiem płynącym z przeprowadzonych badań jest fakt, że wydłużony czas przyłożenia źródła zapalenia nie powoduje znacznego pogorszenia uzyskiwanych wyników. Podsumowując, nieskomplikowana metoda badawcza pokazała, że głównym czynnikiem wpływającym na rozwój pożaru jest materiał, z którego wykonano powłokę oraz izolację kabla elektrycznego.

Literatura

1. Klapsa W., Małozięć D., Suchecki S., *Badania reakcji na ogień dla kabli elektrycznych – przegląd metod badawczych*, BiTP Vol. 28 Issue 4, 2012, pp. 131-139.
2. Mroczko G., *Znaczenie aprobat technicznych dla bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych*, BiTP Vol. 24 Issue 4, 2011, pp. 87-92.
3. Decyzja Komisji z dnia 27 października 2006 r. zmieniająca decyzję Komisji 2000/147/WE wykonującą dyrektywę Rady 89/106/EWG w odniesieniu do klasyfikacji odporności wyrobów budowlanych na działanie ognia (2006/751/WE).
4. Małozięć D., Koniuch Ariadna, *Reakcja na ogień metody badań i kryteria klasyfikacji*, BiTP Vol. 17 Issue 1, 2010, pp. 63-74.
5. EN 13501-6:2014-04 (E) Fire classification of construction products and building elements – Part 6: Classification using data from reaction to fire tests on electric cables.
6. PN-EN 60332-1-2:2010 Badania palności kabli przewodów elektrycznych oraz światłowodowych Część 1-2: Sprawdzanie odporności pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla na pionowe rozprzestrzenianie się płomienia. Metoda badania płomieniem mieszankowym 1kW.
7. PN-EN 50399:2011 Wspólne metody badania palności przewodów i kabli – Pomiar wydzielania ciepła i wytwarzania dymu przez kable podczas sprawdzania rozprzestrzeniania się płomienia – Aparatura probiercza, procedury, wyniki.
8. PN-EN 60332-1-1:2010 Badania palności kabli przewodów elektrycznych oraz światłowodowych Część 1-1: Sprawdzanie odporności pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla na pionowe rozprzestrzenianie się płomienia. Aparatura.
9. PN-EN 60695-11-2:2006 Badanie zagrożenia ogniowego – Część 11-2: Płomienie probiercze – Znamionowy płomień probierczy mieszankowy 1 kW – Urządzenia, układ do próby sprawdzającej i wytyczne.
10. PN-HD 361 S3:2002/A1:2007P Klasyfikacja przewodów i kabli.

st. kpt. mgr inż. Wojciech Klapsa w 2004 r. uzyskał stopień magistra inżyniera w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. W 2006 r. uzyskał dyplom inż. chemii w Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Obecnie pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej Państwowym Instytucie Badawczym w Józefowie w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości. Oficer PSP

inż. Dawid Bodalski w roku 2013 ukończył studia na Wydziale Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej. Obecnie pracuje na stanowisku młodszego specjalisty w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej – PIB w Józefowie.

lic. Sylwester Suchecki w 2010 r. ukończył studia w Wyższej Szkole Gospodarki Euroregionalnej na Wydziale Nauk Społecznych w Józefowie i uzyskał dyplom licencjata. Obecnie pracuje w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej Państwowym Instytucie Badawczym w Józefowie w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości jako młodszy specjalista.

DOI: 10.12845/bitp.35.3.2014.9

канд. техн. наук **КОВАЛЁВ А.И. / KOVALEV A.I.,** Ph.D.[1]
ДАШКОВСКИЙ В.Ю. / DASHKOVSKII V.Iu.[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 28.02.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 28.07.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНОЙ СПОСОБНОСТИ ПОКРЫТИЯ „AMOTHERM STEEL WB" ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОНСТРУКЦИЙ РАСЧЕТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫМ МЕТОДОМ[2]

Research of the Fireproof Capability of "Amotherm Steel Wb" Coating for Metal Constructions Protection Using an Experiment-Calculation Method

Badanie z wykorzystaniem metody obliczeniowo-eksperymentalnej właściwości ogniochronnych powłoki „Amotherm Steel WB" dla zabezpieczenia konstrukcji metalowych

Аннотация
Цель: Определение характеристики огнезащитной способности огнезащитного покрытия „Amotherm Steel Wb" расчетно-экспериментальным методом решением обратных задач теплопроводности на основе данных огневых испытаний.
Методы: Для определения предела огнестойкости металлических пластин с огнезащитным покрытием использованы экспериментальные методы исследования поведения образцов при нагревании, регламентированных требованиями ДСТУ Б В.1.1-4-98 и ДСТУ-Н-П Б В.1.1–29:2010; математическое и компьютерное моделирование процессов нестационарного теплообмена в системе «металлическая пластина – вспучивающееся огнезащитное покрытие»; определение теплофизических характеристик и характеристики огнезащитной способности исследуемого покрытия.
Результаты: Проведены огневые испытания металлических пластин, покрытых огнезащитным составом „Amotherm Steel Wb", в условиях стандартного температурного режима. На основе полученных данных (температуры с необогреваемой поверхности пластины), решением обратных задач теплопроводности определены теплофизические характеристики образованного огнезащитного покрытия, которые зависят от температуры, и характеристику огнезащитной способности исследуемого покрытия для предела огнестойкости металлической конструкции 30 мин.
Выводы: Доказана эффективность вспучивающегося огнезащитного покрытия „Amotherm Steel Wb" и установлена зависимость коэффициента его теплопроводности от температуры в условиях нагрева в испытательной печи металлической пластины с этим покрытием при стандартном температурном режиме. При этом выявлено, что в диапазоне температур от 0°C до 500°C значение коэффициента теплопроводности покрытия падает на порядок по сравнению с исходным значением, и проходит через минимальное экстремальное значение 0,003 Вт/м·К (при температуре 500°C), что объясняется вспучиванием покрытия и увеличением его пористости, а дальше линейно возрастает до начального значения, что объясняется появлением радиационной составляющей в порах покрытия в сочетании с его высокотемпературной усадкой и обугливанием. Выявлена взаимосвязь между толщиной вспучивающегося огнезащитного покрытия „Amotherm Steel Wb" и огнестойкостью металлических конструкций, а также рассчитаны необходимые минимальные толщины такого покрытия от толщины металлической пластины для обеспечения значения предела огнестойкости 30 минут.

Ключевые слова: огнезащитная способность, огнезащитное покрытие, расчетно-экспериментальный метод, теплофизические характеристики
Вид статьи: оригинальная научная статья

[1] Академия пожарной безопасности имени Героев Чернобыля; Украина, Черкассы, ул. Оноприенко 8; электронная почта: naucovec@ukr.net / Academy of Fire Safety named after Chernobyl Heroes, Cherkassy, Ukraine;
[2] Вклад в статью / Percentage contribution: Kovalev – 80%, Dashkovskii – 20%;

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.9

Abstract
Purpose: To examine the fireproof capability of a fire-retardant coating ("Amotherm Steel Wb"), using an experiment-calculation approach to address inverse heat conduction problems during fire tests.
Methods: Application of experimental research methods to samples, in accordance with the requirements of National Standards of Ukraine B.V. 1.1.-4-98 and N-P B V.11-29:2010, to examine the behaviour of samples which are exposed to a heating process. Utilising mathematical and computer modelling techniques to processes involving unsteady heat transfer in a procedure "Metal plate – Intumescent Fire Retardant Coating", to determine thermal characteristics and fireproof capability of examined coating.
Results: Fire tests of metal sheets covered by the flame retardant "Amotherm Steel Wb" were performed in standard temperature conditions. Based on derived data (temperature from the unheated sheet surface), with the aid of a solution to the problem of inverse heat conduction, the thermal characteristics of a created fire-retardant coating were determined. The formation of a protective screen depends on temperature levels. The level of protection against fire for a sample metal construction R30 was 30 minutes.
Conclusions: The effectiveness of an intumescent coating "Amotherm Steel Wb" was verified. Research revealed a dependence relationship between the heat conduction coefficient and temperature of the metal sheet covered with this coating during heating in the experimental oven at standard temperature conditions. Additionally, it was discovered that within the temperature range from 0°C to 500°C the value of heat conductivity coefficient of coating decreases, compared with the exit value, and achieves the lowest value of 0.003 W/mK (at the temperature of 500°C). This may be explained by bulging of the coating and its increased porosity. Furthermore, the heat conductivity coefficient growth to the initial value adopts a linear pattern which explains the appearance of radioactive elements in the coating pores attributable to high temperature shrinkage and charring. A dependence relationship was identified between the thickness of intumescent coating "Amotherm Steel Wb" and fire-retarding quality of metal constructions. Additionally, the required minimal thickness of the fire retardant covering was calculated to ensure fire resistance parameters for 30 minutes. The required thickness of covering is dependent on the thickness of the metal plate.

Keywords: fireproof capability, fire-retardant coating, experiment-calculation method, thermal characteristics
Type of article: original scientific article

Abstrakt
Cel: Określenie charakterystyki zdolności do zabezpieczenia przed ogniem powłoki ogniochronnej „Amotherm Steel Wb" z wykorzystaniem obliczeniowo-eksperymentalnej metody rozwiązania odwrotnych zadań przewodzenia ciepła na podstawie danych testów ogniowych.
Metody: W celu określenia stopnia odporności ogniowej płyt metalowych pokrytych powłoką ogniochronną wykorzystano eksperymentalne metody badań zachowania się, reglamentowanych wymogami ДСТУ Б В.1.1-4-98 и ДСТУ-Н-П Б В.1.1–29:2010, próbek podczas ich nagrzewania; matematyczne i komputerowe modelowanie procesów niestacjonarnej wymiany ciepła w systemie „płyta metalowa – pęczniejąca powłoka ogniochronna"; określenie termofizycznych charakterystyk oraz charakterystyki zdolności ogniochronnej badanej powłoki.
Wyniki: Przeprowadzono testy ogniowe płyt metalowych pokrytych mieszaniną ogniochronną „Amotherm Steel Wb" w standardowych warunkach termicznych. Na podstawie otrzymanych danych (temperatury nieogrzewanej powierzchni płyty), z wykorzystaniem rozwiązania zagadnienia odwrotnego przewodzenia ciepła, określono właściwości termofizyczne powstałej powłoki ogniochronnej, które zależą od temperatury. Opisano charakterystykę zdolności ogniochronnej badanej powłoki dla stopnia odporności ogniowej konstrukcji metalowej wynoszącej 30 minut.
Wnioski: Udowodniona została skuteczność pęczniejącej powłoki ogniochronnej „Amotherm Steel Wb" i wykazana została zależność współczynnika przewodzenia przez nią ciepła od temperatury nagrzewanej w piecu eksperymentalnym metalowej płyty pokrytej tego rodzaju powłoką przy standardowych warunkach termicznych. Dodatkowo zauważono, iż w przedziale temperatur od 0°C do 500°C wartość współczynnika przewodzenia ciepła powłoki obniża się w porównaniu z wartością wyjściową i osiąga najniższą wartość 0,003 W/mK (przy temperaturze 500°C), co może być wyjaśnione pęcznieniem powłoki i zwiększeniem jej porowatości, a następnie dalej liniowo rośnie do wartości początkowej, co może wyjaśniać pojawienie się składowej radiacyjnej w porach powłoki w połączeniu z jej kurczeniem się i zwęglaniem przy wysokiej temperaturze. Odkryto zależność między grubością pęczniejącej powłoki ogniochronnej „Amotherm Steel Wb" i odpornością ogniową konstrukcji metalowych, a także obliczono konieczną minimalną grubość takiej powłoki w zależności od grubości płyty metalowej w celu zapewnienia parametru odporności ogniowej na poziomie 30 minut.

Słowa kluczowe: zdolność ogniochronna, powłoka ogniochronna, metoda obliczeniowo-eksperymentalna, właściwości termofizyczne
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

1. Постановка проблемы

Металлические конструкции широко используются в строительстве, но при этом обладают низким пределом огнестойкости, что ограничивает использование таких конструкций в зданиях и сооружениях с повышенными требованиями к их огнестойкости. Поэтому, повышение огнестойкости металлических конструкций за счет нанесения огнезащитных веществ, образующих покрытия на защищаемой поверхности, и исследование огнезащитной способности таких покрытий является актуальной научно-технической задачей и целью данной работы.

2. Анализ последних достижений и публикаций

Среди многообразия огнезащитных веществ, особое место занимают те, которые под действием температуры вспучиваются, образуя слой пористого покрытия, обладающего хорошими теплоизоляционными свойствами. Вопросам исследования огнезащитной способности покрытий уделено большое количество работ [1, 2], в которых оценку огнезащитной способности покрытий проводят с помощью экспериментального метода, что наряду с преимуществами, большое количество недостатков: удается опреде-

лить предел огнестойкости конструкции только с одной толщиной покрытия.

3. Постановка задачи и ее решение

Поэтому, для определения огнезащитной способности покрытий металлических конструкций предлагается использовать расчетно-экспериментальный метод (РЭМ), хорошо зарекомендовавший себя во многих работах [3-7], и является более экономичным и точным по сравнению с экспериментальным и расчетным методами соответственно.

4. Изложение основного материала

РЭМ определяется как совокупность экспериментальных и расчетных процедур, позволяющих определять необходимые характеристики исследуемого объекта (рис. 1), в частности зависимость толщины покрытия от толщины (приведенной толщины) металла для нормированных значений предела огнестойкости конструкции.

Рис. 1. Алгоритм (схема) применения расчетно-экспериментального метода определения огнезащитной способности покрытий
Fig. 1. Scheme illustrating the application of experiment-calculation method for determining fireproof capability of coatings
Источник: Собственное исследование
Source: Own elaboration.

Согласно алгоритму, изображенному на рис. 1, были подготовлены и проведены огневые испытания двух металлических пластин, размерами 500×500×5 мм с нанесенным вспучивающимся огнезащитным составом „Amotherm Steel Wb" на водной основе. Для нанесения применялась краска белого цвета с высокой плотностью, равной 1200-1300 кг/м^3, на основе виниловых полимеров в водной дисперсии и специальных реагентов. После нанесения краски на пластине образовалась белая матовая поверхность (рис. 2).

На обогреваемую поверхность металлической пластины перед нанесением огнезащитного вещества был нанесен слой грунтовки ГФ-021, толщиной 0,065 мм. Вещество наносилась механизированным способом агрегатом безвоздушного распыления в соответствии с регламентом работ по огнезащите [8]. Для измерения толщины образованного огнезащитного покрытия использовали толщиномер, которым было осуществлено измерения в 9 точках (рис. 3), средняя толщина составила 0,507 мм.

Рис. 2. Общий вид металлических пластин после нанесения огнезащитного вещества
Fig. 2. An overview of metal sheets after the fire-retardant agents application
Источник: Собственное исследование.
Source: Own elaboration.

Цифры на рис. 3 обозначают толщину покрытия в местах ее измерения.

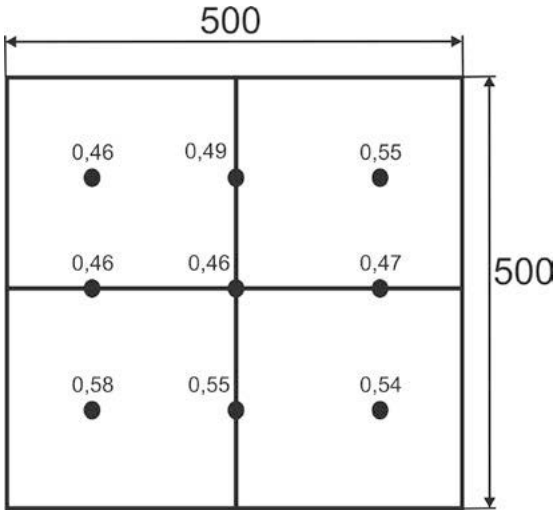


Рис. 3. Схема измерения толщины огнезащитного покрытия
Fig. 3. Scheme of fire-retardant coating thickness measurement
Источник: Собственное исследование.
Source: Own elaboration.

Для измерения средней и максимальной температуры на необогреваемой поверхности металлической пластины были установлены 3 термопары типа ТХА

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.9

(рис. 4) с диаметром проволоки 0,5 мм (T1-T3), одна термопара (T2) в центре образца и две (T1, T3) на расстоянии 100 мм от краев пластины.

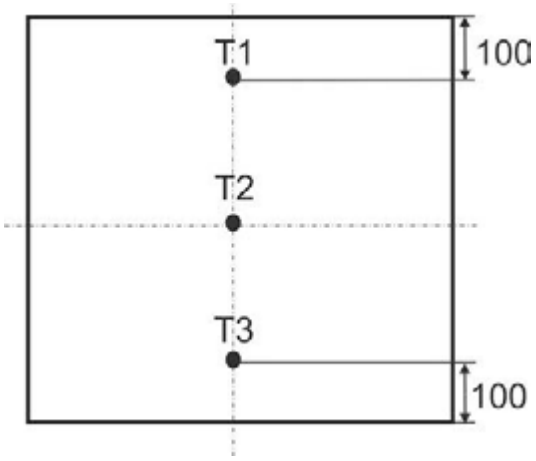


Рис. 4. Схема размещения термопар с необогреваемой поверхности металлической пластины
Fig. 4. Position of thermo-couples from unheated surface of metal sheet
Источник: Собственное исследование.
Source: Own elaboration.

С необогреваемой поверхности пластина была защищена двумя теплоизолирующими слоями, первый из которых толщиной 20 мм, второй – плитой минеральной ваты, плотностью 75 кг/м^3 и толщиной 50 мм.

Суть испытания состояла в создании температурного режима в печи, регламентированного [9], при тепловом воздействии на опытный образец и определении времени от начала теплового воздействия до наступления предельного состояния для опытного образца, когда достигается температура 500°C с необогреваемой поверхности.

Испытания проводились при температуре воздуха 2°C, относительной влажности воздуха 68% и давлении 754 мм. рт. ст.

Испытания образцов проводились в условиях, близких к стандартному температурному режиму в течение 30 минут (рис. 5).

После испытаний при визуальном осмотре образцов установлено (рис. 6):

- огнезащитное вещество (на примере „Amotherm Steel Wb"), нанесенное на металлическую пластину, размерами 500×500×5 мм с грунтовкой ГФ-021, имеет удовлетворительную адгезионную прочность;
- отслоение образованного покрытия от опытного образца по площади не наблюдалось;
- средняя толщина вспученного слоя после испытаний составила 12 мм (11-14 мм).

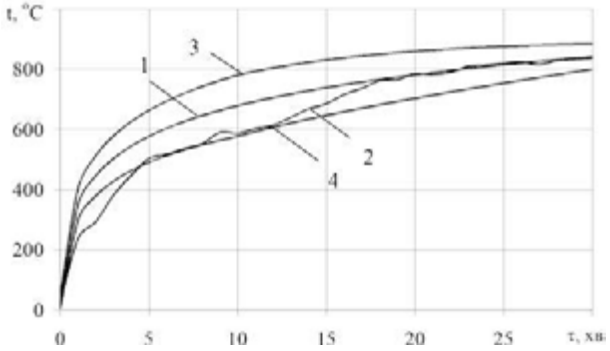


Рис. 5. Зависимость температуры в печи от времени огневого воздействия на обогреваемой поверхности металлической пластины с огнезащитным покрытием: 1 – кривая стандартного температурного режима, кривая 2 – реальная кривая изменения температуры в печи, 3 – допустимые при испытаниях максимальные значения температуры в печи, 4 – допустимые при испытаниях минимальные значения температуры в печи.
Fig. 5. Dependence between temperature in the furnace and time of fire exposure to the surface of metal sheet with fire-retardant coating: 1 – curved line of temperature specifications, curved line 2 –practicable temperature curve in stove, 3 – permitted maximum value of temperature in stove on trials, 4 – permitted minimum value of temperature in stove on trials
Источник: Собственное исследование.
Source: Own elaboration.

Рис. 6. Общий вид образца после испытаний
Fig. 6. A sample overview after tests
Источник: Собственное исследование.
Source: Own elaboration.

На рис. 7 представлены графики изменения температуры от времени огневого воздействия на необогреваемой поверхности металлической пластины.

Как видно из рис. 7, динамика прогрева металлической пластины в разных частях измерения температуры совпадает. Различия в скорости прогрева могут объясняться неоднородностью толщины огнезащитного покрытия (рис. 3) или эффектом сползания с металлической пластины верхнего слоя огнезащитного

покрытия при повышении температуры. Из рисунка видно, что больше всего прогревается верхняя часть металлической пластины в месте установки термопары T1. Но для тепловых расчетов принимали среднее значение показаний трех термопар, установленных с необогреваемой поверхности.

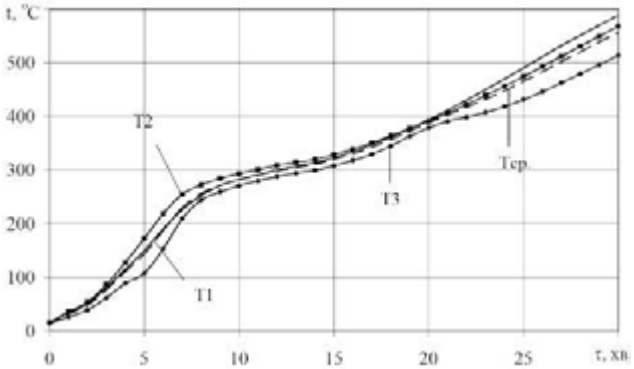


Рис. 7. Зависимость температуры от времени огневого воздействия на необогреваемой поверхности металлической пластины с огнезащитным покрытием „Amotherm Steel Wb": T1 – термопара, установленная на расстоянии 100 мм от верхнего края пластины; T2 – термопара, установленная по центру пластины; T3 – термопара, установленная на расстоянии 100 мм от нижнего края пластины; Tср. – среднее значение показателей термопар.

Fig. 7. Temperature-time relationship of fire effect on unheated surface of metal sheet with fire-retardant coating "Amotherm Steel Wb": T1 – thermal couple, placed at a distance of 100 mm from the upper end of the plate; T2 – thermal couple, placed at the centre of the plate; T3 – thermal couple, placed at a distance of 100 mm from lower end of plate; T av. – average value of thermal couple indexes

Источник: Собственное исследование.
Source: Own elaboration.

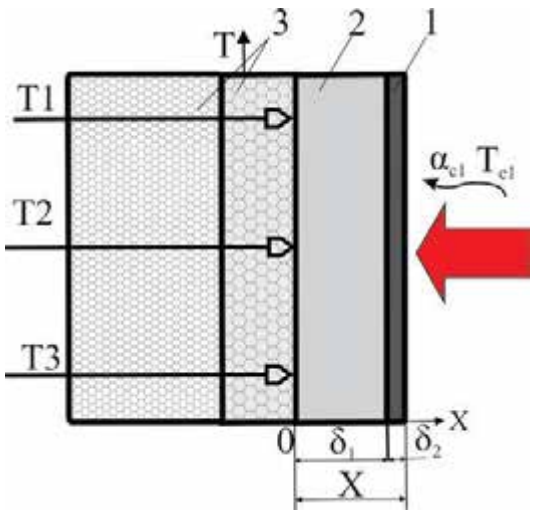


Рис. 8. Схема металлической пластины с огнезащитным покрытием в одномерной постановке: 1 – слой огнезащитного покрытия, толщиной δ_2; 2 – металлическая пластина, толщиной δ_1; 3 – слой теплоизоляции

Fig. 8. Scheme of metal sheet with fire-retardant coating in one-dimensional position: 1 – layer of fire-retardant coating, thickness δ_2; 2 – metal sheet, thickness δ_1; 3 – heat insulation layer

Источник: Собственное исследование.
Source: Own elaboration.

В соответствии с алгоритмом (рис. 1), была построена физическая модель (рис. 8), что включает в себя геометрию металлической пластины с огнезащитным покрытием и состоит из двух слоев толщиной δ_1, δ_2 (рис. 9). Общая толщина пластины с огнезащитным покрытием $X = \delta_1 + \delta_2$.

При испытаниях на огнестойкость правая поверхность пластины (x = X) нагревается конвективно-радиационным теплообменом от горячих газов в печи с температурой T_{C1}, близкой к кривой стандартного пожара и коэффициентом теплоотдачи α_{c1} = 25 Вт/м^2×К. Коэффициент излучения обогреваемой поверхности ОП ε = 0,85. Левая необогреваемая поверхность (x = 0), охлаждается конвекцией и излучением в окружающую среду с температурой T_{c2}. Коэффициент теплоотдачи между необогреваемой поверхностью металлической пластины и окружающей средой α_{c2} принимается равным 7 Вт/(м^2·К). Внутри пластины тепло передается теплопроводностью.

Математическая модель процесса теплопроводности в такой двухслойный системе, описывающая рассмотренную выше физическую модель (рис. 8), многократно описана в литературе [4, 7] и представляет собой одномерное уравнение теплопроводности с комбинацией лучистого теплообмена и граничными условиями 3-го рода на обогреваемой поверхности и граничными условиями 3-го рода на необогреваемой поверхности, учитывающие температуру окружающей среды и коэффициент теплоотдачи.

На основе экспериментальных данных (температуры с необогреваемой поверхности пластины), используя физическую и математическую модели теплового состояния образца, решением обратных задач теплопроводности (ОЗТ), были получены теплофизические характеристики (ТФХ) исследуемого покрытия: постоянное значение удельной объемной теплоемкости $C_v = 1\times10^5$ Дж/м^3×К, а теплопроводность как функция от температуры (рис. 9).

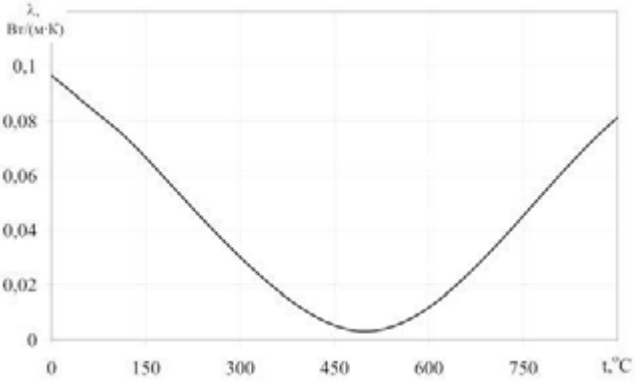


Рис. 9. Зависимость эффективного коэффициента теплопроводности покрытия „Amotherm Steel Wb" от температуры, найденного решением ОЗТ

Fig. 9. Dependence between the effective heat conductivity coefficient of coating "Amotherm Steel Wb" and temperature, found by solving the inverse heat conduction problems

Источник: Собственное исследование.
Source: Own elaboration.

Как видно из рис. 9, в диапазоне температур от начальной температуры до 500°C значение коэффициен-

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.9

та теплопроводности покрытия „Amotherm Steel Wb" падает и проходит через минимальное значение 0,003 Вт/м·К (при температуре 500°С), что можно объяснить вспучиванием покрытия и увеличением его пористости. Рост коэффициента теплопроводности в диапазоне температур от 500°С до 800°С, вероятно, объясняется появлением радиационной составляющей в порах покрытия в сочетании с его высокотемпературной усадкой и обугливанием.

На рис. 10 наблюдается удовлетворительное совпадение расчетных и экспериментальных температур, для которых критерий среднеквадратического отклонения составляет 5,8°С, а максимальная расхождение расчетных и экспериментальных значений температуры составляет около 4,4%.

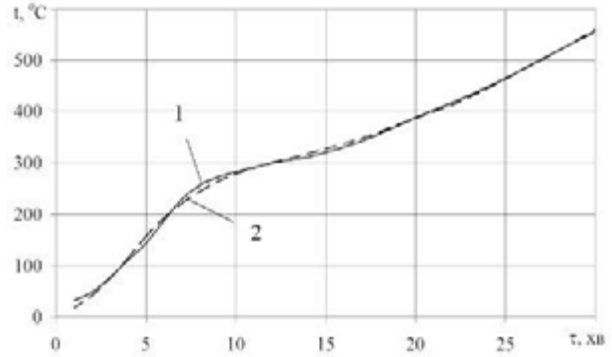


Рис. 10. Зависимость температуры от времени огневого воздействия на необогреваемой поверхности образца с покрытием: 1 – полученная по результатам испытаний на огнестойкость 2 – расчетная кривая, полученная решением ОЗТ

Fig. 10. Temperature-time relationship of fire effect on unheated surface of pattern with coating: 1 – obtained according to results of fire-resistance tests, 2 – calculated curve, obtained by solving the inverse heat conduction problems

Источник: Собственное исследование.

Source: Own elaboration.

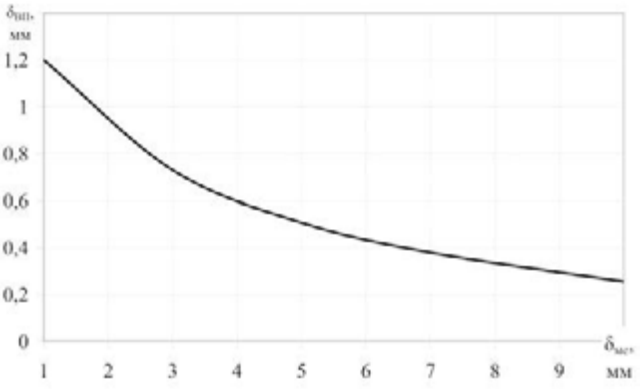


Рис. 11. Зависимость толщины огнезащитного покрытия «Amotherm Steel Wb» от толщины металлической пластины для значения предела огнестойкости 30 мин.

Fig. 11. Dependence between the thickness of fire-retardant coating "Amotherm Steel Wb" and thickness of metal sheet for 30 minute fire-resistance

Источник: Собственное исследование.

Source: Own elaboration.

На основе полученных ТФХ исследуемого покрытия (рис. 9), используя модели (рис. 8), решением серии прямых задач теплопроводности, определили характеристику огнезащитной способности покрытия „Amotherm Steel Wb" для значения предела огнестойкости металлических конструкций 30 мин (рис. 11).

5. Выводы

1. Приведены результаты огневых испытаний металлической пластины (толщина 5 мм), покрытой с одной стороны вспучивающимся огнезащитным составом (на примере „Amotherm Steel Wb") в условиях нагрева в огневой печи при стандартном температурном режиме пожара.
2. По результатам огневых испытаний (температуры с необогреваемой поверхности металлической пластины) решением обратных задач теплопроводности найдены эффективный коэффициент теплопроводности и удельную объемную теплоемкость покрытия „Amotherm Steel Wb".
3. Доказана эффективность вспучивающегося огнезащитного покрытия „Amotherm Steel Wb" и установлена зависимость коэффициента его теплопроводности от температуры в условиях нагрева в испытательной печи металлической пластины с этим покрытием при стандартном температурном режиме. При этом выявлено, что в диапазоне температур от 0 °С до 500 °С значение коэффициента теплопроводности падает на порядок по сравнению с исходным значением, и проходит через минимальное экстремальное значение 0,003 Вт/м·К (при температуре 500 °С), а дальше линейно возрастает до начального значения.
4. Выявлена взаимосвязь между толщиной вспучивающегося огнезащитного покрытия „Amotherm Steel Wb" и огнестойкостью металлических конструкций, а также рассчитаны необходимые минимальные толщины такого покрытия от толщины металлической пластины для обеспечения значения предела огнестойкости 30 минут.

Дальнейшие работы будут направлены на исследование влияния погрешностей в измерении температуры с необогреваемой поверхности металлической пластины на точность определения теплофизических характеристик и характеристики огнезащитной способности исследуемого покрытия.

Список литературы

1. Boris O.P., Polovko A.P., Iuzkiv T.B., *Ekspres-metodyka otciniuvannia vognezakhisnoi zdatnosti vognezakhisnikh materialiv*, „Naukovii visnik UkrNDIPB" Vol. 26, Issue 2, pp. 95-99.
2. Bazhenov S.V., Naumov Iu.V., *Vliianie neodnorodnosti tolshchiny vspuchivaiushchegosia pokrytiia dla metallicheskikh konstruktcii na ognezashchitnuiu effektivnost s uchetom deformacii koksovogo sloia pri teplovom vozdeistvii (usloviia pozhara)*, „Pozharnaia bezopasnost", Issue 6, 2004, pp. 57–62.
3. Krukovskii P.G., O*bratnye zadachi teplomassoperenosa (obshchij inzhenernyi podkhod,* Institut tekhnicheskoi teplofiziki NAN Ukrainy, Kiev, 1998, s. 218.

4. Kachkar E.V., *Obosnovanie parametrov trekhsloinykh peregorodok s mineralovatnymi plitami dla zdanii i sooruzhenii s uchetom ikh ognestoikosti : dis. ... kandidata tekhn. nauk : 21.06.02 / 2009*., s. 157.
5. Novak S.V., *Matematicheskoe modelirovanie processov teploobmena v ognestoikikh konstrukciiakh*: *avtoref. diss. na soiskanie uchen. stepeni kand. tekhn. nauk: spec. 05.14.05 Teoreticheskaia teplotekhnika*, Kkarkov, 1996, s. 24.
6. Tcvirkun S.V., Udoskonalennia metodu viznachennia vognezahisnoi zdatnosti pokrittiv metalevikh konstrukcii: avtoref. dis. na zdobuttia nauk. stupenia kand. tekhn. nauk : spec. 21.06.02 „Pozhezhna bezpeka", Kiiv, 2006, p. 20.
7. Kovalev A.I., *Usovershenstvovanie metoda otcenki ognezashchitnoi sposobnosti pokrytii zhelezobetonnykh perekrytij: diss. ... kandidata tekhn. nauk : 21.06.02*, 2012, s. 163.
8. Reglament robit z vognezakhistu dlia vognezakhisnoi rechovini „Amotherm Steel Wb", shcho spuchuyetsia, dlia stalevykh konstruktcii, DITB Ukrayiny, 2012, 95/1/36946711, s. 29.
9. Zakhist vid pozhezhi. Budivelni konstruktcii. Metody vyprobuvannia na vognestiikist. Zakhalni vymohy (ISO 834:1975): DSTU B V.1.1-4-98. – [Chinnii vid 1998-10-28], K. : Ukrarkhbudynform, 1999, s. 21 (Derzhavnii standart Ukrainy).

Ковалев А.И. – в 2002 году закончил Черкасский институт пожарной безопасности имени Героев Чернобыля МВД Украины. Работал на различных должностях: инспектор ГПН, начальник караула, преподаватель, доцент, ведущий научный сотрудник, начальник отдела. С 2012 года кандидат технических наук по специальности пожарная безопасность. Ученое звание – старший научный сотрудник с 2013 года. Член редколлегии сборника научных трудов АПБ им. Героев Чернобыля (г. Черкассы). Более 50 научных трудов в отрасли пожарной безопасности.

Дашковский В.Ю. – с 2013 года магистрант Академии пожарной безопасности имени Героев Чернобыля. Более 5 научных трудов в отрасли пожарной безопасности.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.10

st. kpt. dr inż. **Paweł OGRODNIK**[1]
dr inż. **Daniel PIENIAK**[1]
dr inż. **Aneta KRZYŻAK**[2]
mł. kpt. mgr inż. **Agata WALCZAK**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 17.01.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 21.08.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

BADANIE WPŁYWU PODWYŻSZONEJ TEMPERATURY NA WYTRZYMAŁOŚĆ NA ŚCISKANIE DREWNA SOSNOWEGO IMPREGNOWANEGO ŚRODKIEM OGNIOCHRONNYM ZAWIERAJĄCYM SiO_2[3]

Study on the Influence of High Temperatures on The Compressive Strength of Pine Timber Treated With the Flame Retardant Containing SiO_2

Исследование влияния повышенной температуры на устойчивость к сжатию древесины сосны, пропитанной огнезащитным веществом, содержащим SiO_2 (диоксид кремния)

Abstrakt

Cel: Celem artykułu było zaprezentowanie wyników badań doświadczalnych wpływu podwyższonej temperatury na wytrzymałość przy ściskaniu drewna sosnowego impregnowanego środkiem ogniochronnym zawierającym nanocząstki SiO_2. Obecnie impregnaty tego typu są coraz częściej stosowane do zabezpieczenia elementów drewnianych.

Metody: Próbki sosnowe do badań wytrzymałościowych, o wymiarach 40×40×60mm, zostały podzielone na dwie grupy. Część próbek została poddana impregnacji środkiem ognioochronnym, wodną dyspersją nanocząstek SiO_2 o rozmiarach 10-20 nm. Próbki zanurzone w zawiesinie umieszczono w komorze próżniowej na czas 20 min, stosując podciśnienie rzędu (0,7 atm). Następnie próbki impregnowane i nieimpregnowane przetrzymywano przez 10 dni w temperaturze pokojowej. Mikroskopem SEM wykonano zdjęcia impregnowanych i nieimpregnowanych próbek. Przed przystąpieniem do badań wytrzymałościowych próbki zostały poddane obróbce termicznej. Podstawowym urządzeniem na stanowisku do wygrzewania próbek był średniotemperaturowy piec komorowy typu PK 1100/5. Regulowanie pracą pieca odbywało się przy użyciu sterownika programator PSP 1 wraz z komputerem pomiarowym i oprogramowaniem ThermoPro. Próbki były wygrzewane w piecu komorowym aż do osiągnięcia temperatury 250°C, przetrzymane w zaplanowanej temperaturze przez 10 lub 20 minut, a następnie schładzane do temperatury otoczenia. Badania wytrzymałościowe przeprowadzono na uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej Zwick/Roell Z100, badania realizowano ze stałą prędkością przesuwu trawersy wynoszącą 2 mm/min.

Wyniki: Przedstawione wyniki badania są ściśle związane z bezpieczeństwem konstrukcji drewnianych poddanych oddziaływaniu podwyższonej temperatury, a także z możliwością stosowania nowoczesnych preparatów ogniochronnych zawierających nanocząstki. W wyniku przeprowadzonych badań można stwierdzić, że szybka dekohezja struktury drewna w warunkach oddziaływania podwyższonych temperatur następuje w zakresie od 220 do 250ºC. Proces degradacji struktury drewna najszybciej postępuje w warstwie wierzchniej, przyczynia się do tego m.in. wysoka izolacyjność cieplna drewna. Wpływ impregnacji środkiem ogniochronnym na bazie krzemionki na wytrzymałość doraźną drewna przy ściskaniu jest jednoznaczny. Obserwowano wyższą wytrzymałość drewna nieimpregnowanego we wszystkich przedziałach temperatur.

[1] Szkoła Główna Służby Pożarniczej, 01-629 Warszawa ul. Słowackiego 52/54; pogrodnik@sgsp.edu.pl / The Main School of Fire Service, Warsaw, Poland;
[2] Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie, 20-209 Lublin, ul. Projektowa 4; krzyzakaneta@gmail.com / University of Economics and Innovation in Lublin, Poland;
[3] Autorzy wnieśli jednakowy wkład w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.10

Wnioski: Impregnacja wodną dyspersją cząstek SiO_2 w nieznacznym stopniu pogarsza wytrzymałość na ściskanie drewna. Podsumowując, należy stwierdzić, że impregnacja środkiem ogniochronnym na bazie SiO_2 pogarsza właściwości wytrzymałościowe w warunkach drewna pracującego na ściskanie. W badaniach nie wykazano korzystnego wpływu impregnacji na wytrzymałość drewna przy ściskaniu po ekspozycji w podwyższonych temperaturach.

Słowa kluczowe: drewno sosnowe, wytrzymałość, impregnacja ogniochronna
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Abstract
Objective: The aim of the article was to present the results of a study on the influence of high temperatures on the compressive strength of pine timber treated with the flame retardant containing SiO_2 particles. Nowadays, this type of retardant is used more and more frequently for the purposes of wooden elements protection.
Methods: Samples for strength investigations with dimensions of 40x40x60 mm^3 were divided into two groups. Some of the samples were impregnated with the use of the method of aqueous dispersion of SiO_2 nanoparticles in 10-20 nm range. Samples were immersed in the liquid and placed in a vacuum chamber for 20 min. at about 0.7 atm. Then, the impregnated and non-impregnated samples were stored for 10 days at room temperature. The impregnated and non-impregnated samples were photographed with the use of SEM microscope. Before the strength tests, the samples were heated. The main instrument of the heating test equipment used to heat the samples was an average-temperature chamber furnace – type PK 1100/5. The temperature in the furnace was controlled by PSP 1 programmer together with a measuring computer and ThermoPro software. The samples were heated up to 250°C and stored in such temperature for 10 or 20 minutes. Afterwards, the samples were cooled down to the room temperature. Strength tests have been conducted with the use of Zwick/Roell Z100 universal testing machine with crosshead speed of 2 mm/min.
Results*:* The research subject is closely related to the safety of wood constructions under high temperatures as well as the possibility of the usage of modern flame retardants containing nanoparticles. Based on the conducted studies, it may be said that the fast degradation of wood structure occurs in the temperature range from 220 °C to 250°C. Degradation process of wood is faster in the top layer than in lower layers due to e.g. high thermal insulation of wood. Timber treatment with silica-based fire retardants has a significant impact on compressive strength. In each temperature interval the strength of non-treated timber has been higher than in case of treated timber.
Conclusion: Treatment with the aqueous dispersion of SiO_2 particles influences on the decrease of compressive strength of timber. To sum up, it should be stated that treatment with silica-based flame retardants has negative influence on the strength of wood under compression. The presented studies do not show positive influence of flame retardant treatment on compressive strength of timber after high temperatures exposure.

Keywords: pine timber, strength, flame retardant
Type of article: original scientific article

Аннотация
Цель: Целью статьи было представление результатов экспериментальных исследований влияния повышенной температуры на устойчивость к сжатию древесины сосны, пропитанной огнезащитным средством, содержащим наночастицы SiO_2. В настоящее время пропитки такого типа всё чаще применяются для защиты деревянных элементов.
Методы: Образцы древесины сосны для испытаний устойчивости, размером 40x40x60 мм, были разделены на две группы. Часть образцов была обработана огнезащитной пропиткой, водной дисперсией наночастиц SiO_2 размером 10-20 нм. Погруженные в суспензию образцы поместили в вакуумную камеру на 20 минут при вакуумном давлении 0,7 атм. Далее, пропитанные и непропитанные образцы держали в течение 10 дней при комнатной температуре. Микроскопом SEM были сделаны фотографии пропитанных и непропитанных образцов. До начала испытаний на устойчивость, образцы подвергли термообработке. Основным устройством установки для нагревания образцов была среднетемпературная камерная печь типа PK 1100/5. Регулирование работы печи проходило при помощи драйвера программатора PSP 1 вместе с измерительным компьютером и программным обеспечением ThermoPro. Образцы нагревались в камерной печи до температуры 250ºC, находились в установленной температуре 10 или 20 минут, и последовательно охлаждались до температуры окружающей среды. Исследования устойчивости провели с помощью универсальной испытательной машины Zwick/Roell Z100. Исследования были проведены с постоянной скоростью перемещения траверсы, составляющей 2мм/мин.
Результаты: Представленные результаты исследования тесно связаны с безопасностью деревянных конструкций, подверженных воздействию повышенной температуры, а также с возможностью использования современных огнезащитных препаратов, содержащих наночастицы. Из проведенных исследований следует, что быстрая декогезия структуры древесины в условиях воздействия повышенных температур наступает при температуре от 220ºC до 250ºC. Процесс деградации структуры древесины проходит быстрее в поверхностном слое, этому способствует, кроме всего прочего, высокая теплоизоляция древесины. Влияние пропитки огнезащитным веществом на основе диоксида кремния на временную устойчивость древесины при сжатии однозначно. Была замечена высокая устойчивость непропитанной древесины при всех диапазонах температур.
Выводы: Пропитка водной дисперсией содержащей частицы SiO_2 (диоксида кремния) в незначительной степени ухудшает устойчивость к сжатию древесины. Подводя итоги, следует отметить, что пропитка огнезащитным веществом на основе SiO_2 ухудшает прочностные свойства древесины, подвергаемой постоянному воздействию сжатия. Исследования не подтвердили положительного влияния пропитки на прочность древесины при сжатии после воздействия повышенных температур.

Ключевые слова: древесина сосны, устойчивость, огнезащитная пропитка
Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wstęp

Od tysięcy lat drewno wykorzystywane jest nie tylko jako materiał opałowy, ale również jako materiał konstrukcyjny. Drewno budowlane posiada korzystne właściwości fizyczne, mechaniczne oraz niewielki ciężar właściwy. Elementy konstrukcyjne wykonane z drewna lub materiałów drewnopochodnych charakteryzują się długim okresem użytkowania przy niewielkich nakładach na ich konserwację. Drewno posiada również szereg innych zalet, takich jak: łatwość obróbki, estetyczność oraz dobre właściwości dźwiękochłonne. Należy także dodać, że drewno jest materiałem odnawialnym, a co za tym idzie, może być również używane jako materiał w przyszłości, przy założeniu zrównoważonej gospodarki pomiędzy zużyciem a przyrostem drzewostanu. Podstawową wadą drewna jest mała odporność na podwyższoną i wysoką temperaturę występującą w czasie pożaru. Spalanie drewna powoduje tworzenie się warstwy zwęglonej, która wraz z czasem trwania pożaru staje się coraz grubsza. Warstwa zwęglona wpływa na zmniejszenie prędkości procesu spalania, jednak łatwo ulega uszkodzeniu lub spękaniu [1,3]. Drewno składa się głównie z celulozy, hemicelulozy i ligniny. Hemiceluloza zbudowana jest z rozgałęzionych polimerów amorficznych i wypełnia obszar pomiędzy celulozą a ligniną w strukturze drewna. Lignina jest polimerem amorficznym odpowiedzialnym za kohezję struktury drewna. Degradacja wysuszonej celulozy następuje w temperaturze około 300ºC, jednakże degradacja hemicelulozy następuje już w zakresie temperatury od 150 do 200ºC [5,6]. Jednocześnie dekompozycja ligniny, odpowiedzialnej za spoistość struktury drewna, następuje w zakresie temperatury pomiędzy 220 a 250ºC.

Aby zwiększyć odporność drewna na podwyższoną temperaturę stosowane są różne metody jego modyfikacji. Obecnie w wielu krajach prowadzone są badania dotyczące modyfikacji termicznej drewna, która korzystnie wpływa na poprawę wytrzymałości, stabilność oraz ochronę drewna przed czynnikami biotycznymi. Pod względem ochrony drewna przed wysoką temperaturą najczęściej stosowane są impregnaty ogniochronne. Ze względu na sposób stosowania impregnaty możemy podzielić na dwie grupy [2]:

- Wnikające w drewno, do których najczęściej zaliczamy środki solne. Impregnaty ogniochronne tego typu w postaci stężonych roztworów wodnych stosowane są do wgłębnego nasycania elementu drewnianego metodą próżniową lub próżniowo-ciśnieniową. Do grupy tej należą środki posiadające w swoim składzie związki fosforu, boru, magnezu, amonu, azotu i mocznika.
- Działające powierzchniowo w postaci farb, lakierów, roztworów wodnych oraz cienkich płyt. Środki te tworzą na powierzchni drewna warstwę ochronną [6, 7].

Środki powłokowe stosowane są w miejscach, w których nie jest wymagane zachowanie naturalnego koloru i słojów drewna. Należy podkreślić, że obecnie budownictwo drewniane przeżywa swój renesans. Jest to związane z niewątpliwymi zaletami drewna, jak również z nowoczesnymi metodami zabezpieczeń przed działaniem czynników niszczących. Celem badań było określenie wpływu podwyższonej temperatury na wytrzymałość przy ściskaniu wzdłuż włókien drewna sosnowego impregnowanego środkiem ogniochronnym, wodną dyspersją nanocząstek SiO_2.

2. Materiał i metodyka wykonania badań

2.1. Próbki do wykonania badań

Próbki do badań wytrzymałościowych, o wymiarach 40×40×60mm, zostały wykonane z drewna sosnowego wolnego od wad. Wszystkie próbki wykonano z materiału głównego, jednego bala sosnowego, sezonowanego przez cztery lata. Następnie wybrana tarcica została pocięta na listwy i poddana suszeniu w suszarni komorowej przez 14 dni. Przed przystąpieniem do obróbki termicznej oraz impregnacji próbki były przechowywane przez sześć miesięcy w suchym pomieszczeniu, a ich wilgotność nie przekraczała 10%. Wybrane losowo próbki zostały poddane impregnacji próżniowej w suszarce SPU-200.

Próbki zostały poddane impregnacji wodną dyspersją nanocząstek krzemionki. Do wykonania impregnatu wykorzystano mieszalnik elektromagnetyczny. Stężenie środka ognioochronnego wynosiło 400 ppm. Do głębokiego pojemnika przelano impregnat w ilości zapewniającej całkowite zanurzenie próbek. Następnie próbki umieszczono w komorze suszarki próżniowej. Impregnację przeprowadzono metodą próżniową przez 20 min, stosując podciśnienie rzędu –70927,5 Pa (0,7 atm). Po przeprowadzeniu impregnacji próbki zostały wyjęte i wysuszone w temperaturze otoczenia.

Tabela 1.
Szczegółowe właściwości fizyczne i chemiczne SiO_2
Table 1.
Detailed physical and chemical properties of SiO_2

Właściwości impregnatu (Properties)	**Opis/wartość** (Description / value)
Wygląd (Appearance)	biały proszek (white powder)
Zapach (Odour)	Brak (odourless)
Wielkość cząstek (Size of particles)	10-20 nm
Początkowa temperatura topnienia (Melting point)	1600°C
Początkowa temperatura wrzenia (Boiling point)	2300°C
Gęstość objętościowa (Density)	0,011 g/ml

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

2.2. Obróbka termiczna próbek

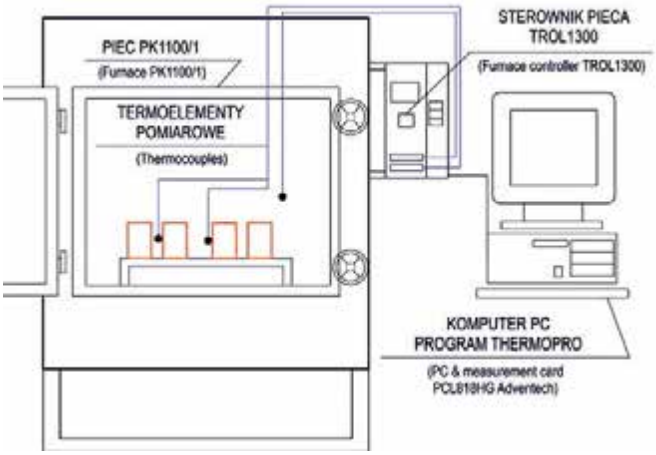
Przed rozpoczęciem badań wytrzymałości przeprowadzono obróbkę termiczną próbek. Wykonano badania wstępne, w których ustalono zakres temperatury eksperymentu oraz określono minimalny czasy ekspozycji próbek na działanie podwyższonej temperatury. Określenie czasu wygrzewania materiału umożliwiło uzyskanie równomiernej wartości temperatury w całej objętości próbki. W celu wyznaczenia wartości temperatury we-

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.10

wnątrz materiału, wywiercono w próbce otwór, w którym umieszczono termoparę. W ten sposób wykonano pomiary temperatury w geometrycznym środku próbki. Minimalny czas nagrzewania próbki określono jako czas, po którym termopara umieszczona wewnątrz próbki pozwoliła na zmierzenie wartości temperatury przyjętej w planie badań. Jako wyjściową do badań wstępnych przyjęto temperaturę otoczenia równą 20°C. Temperaturę graniczną określono na poziomie 250°C, która jest bliska temperaturze zapłonu powierzchni drewna.

Podstawowym urządzeniem na stanowisku do wygrzewania próbek był średniotemperaturowy piec komorowy typu PK 1100/5 (rys. 1). Regulowanie pracą pieca odbywało się przy użyciu sterownika Programator PSP 1 wraz z komputerem pomiarowym i oprogramowaniem ThermoPro.

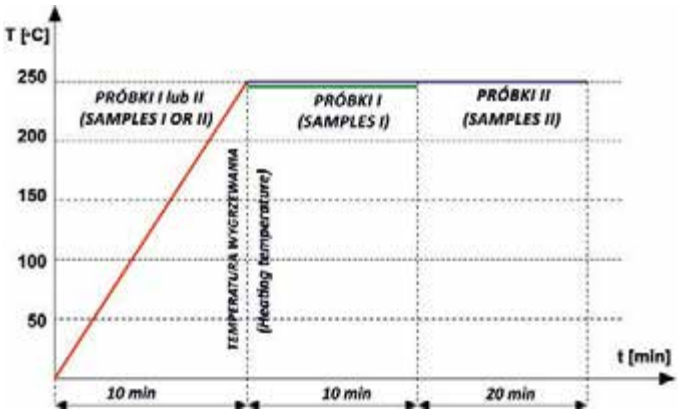
Po umieszczeniu próbek w komorze pieca, rozmieszczono termoelementy pomiarowe. Umożliwiły one pomiar temperatury w piecu i na dwóch zewnętrznych powierzchniach losowo wybranych próbek. W czasie badań mierzono również temperaturę w otoczeniu próbek – w środowisku pieca. Za podstawę w badaniach została przyjęta krzywa normowa „temperatura-czas".



Ryc. 1. Schemat stanowiska do wygrzewania próbek
Fig. 1. The scheme of the test stand for heating samples
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Wygrzewanie próbek zostało podzielone na dwie fazy. W fazie pierwszej, trwającej 10 minut, próbki były ogrzewane do temperatury 250°C. W fazie drugiej – połowa próbek była wygrzewana w ustalonej wartości temperatury przez 10 minut. Czas ten był czasem minimalnym, który był potrzebny do uzyskania temperatury 250°C w całej objętości próbki. Druga część próbek, w fazie drugiej, była wygrzewana w temperaturze 250°C przez 20 minut. Schemat wygrzewania obydwu grup próbek został przedstawiony na (ryc. 2).

Po okresie wygrzewania, w obydwu przypadkach, próbki były wyjmowane z pieca i studzone w sposób naturalny do temperatury otoczenia.



Ryc. 2. Schemat wygrzewania próbek
Fig. 2. The scheme of heating samples
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

3. Badanie wytrzymałości na ściskanie

Badanie wytrzymałości na ściskanie wzdłuż włókien przeprowadzono na uniwersalnej maszynie wytrzymałościowej Zwick/Roell Z100, badania realizowano ze stałą prędkością przesuwu trawersy wynoszącą 2 mm/min.

Wytrzymałość na ściskanie obliczono na podstawie równania (1):

$$\sigma_{max} = \frac{P_{max}}{A} \quad (1)$$

gdzie:
P_{max} – najwyższa wartość siły uzyskana w próbie [N]
A – przekrój próbki [mm^2]

Pracę ściskania określono z następującego równania (2):

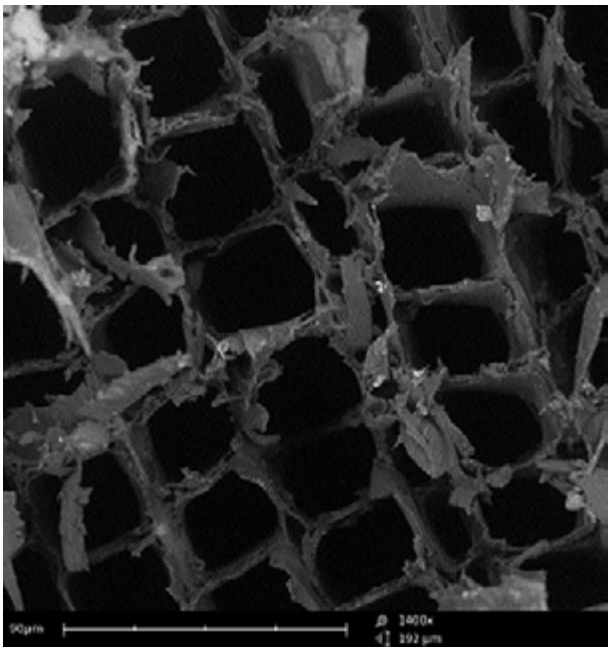
$$W = \int_0^y P_{max}\, dy \text{ [Nmm]} \quad (2)$$

gdzie:
P_{max} – najwyższa wartość siły uzyskana w próbie [N]
y – odkształcenie próbki [mm]

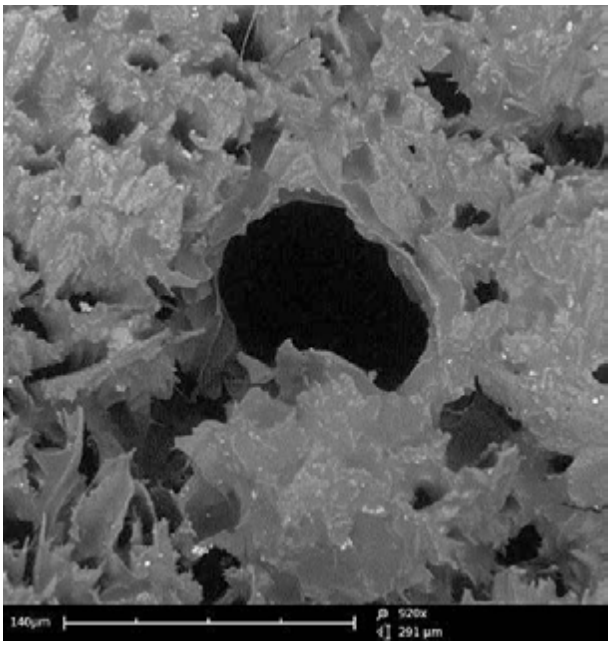
4. Wyniki badań

Na rycinach 3 i 4 przedstawiono obrazy z mikroskopu skaningowego powierzchni drewna sosny nieimpregnowanej i impregnowanej po ekspozycji w podwyższonej temperaturze. Na rycinie 4 widoczne jest częściowe domknięcie porów drewna przez impregnat. Działanie uszczelniające jest korzystne, ponieważ ogranicza emisję gazów palnych ze struktury drewna.

W tabelach 2 i 3 przedstawiono statystyki opisowe wyników badań wytrzymałości na ściskanie i pracy ściskania. Dla odpowiednich wartości temperatury i czasu ekspozycji przedstawiono wartość średnią, odchylenie standardowe i współczynnik zmienności.



Ryc. 3. Obraz z mikroskopu SEM płaszczyzny normalnej do kierunku działania siły drewna niepoddanego impregnacji
Fig. 3. The SEM micrograph of a plane normal to the direction of force application of non-treated timber
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 4. Obraz SEM płaszczyzny normalnej do kierunku działania siły drewna poddanego impregnacji
Fig. 4. The SEM micrograph of a plane normal to the direction of force application of treated timber
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 2.

Statystyki opisowe wyników badań wytrzymałości na ściskanie

Table 2.

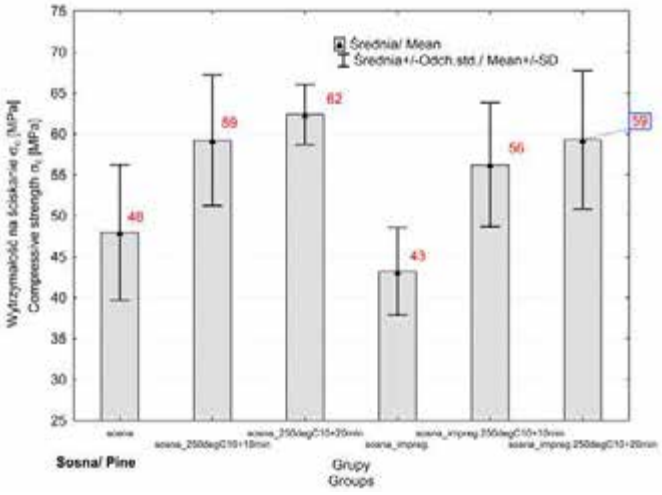
Descriptive statistics of the compressive strength results

Materiał (Material)	**Temperatura [°C] (Temperature [°C])**	**Czas ekspozycji [min] (Exposure time [min])**	**N**	**Średnia [MPa] (Mean [MPa])**	**Odchylenie standardowe [MPa] (Standard deviation [MPa])**	**Współczynnik zmienności [%] (Coefficient of variation k [%])**
Sosna/(Pine)	20	-	15	47,99	8,27	17,24
Sosna/(Pine)	250	10+10	15	59,22	7,96	13,45
Sosna/(Pine)	250	10+20	15	62,41	3,66	5,87
sosna impregnowana SiO_2 (Pine treated with SiO_2)	20	-	15	43,22	5,34	12,36
sosna impregnowana SiO_2 Pine treated with SiO_2	250	10+10	15	56,24	7,58	13,47
sosna impregnowana SiO_2 Pine treated with SiO_2	250	10+20	15	59,29	8,42	14,21

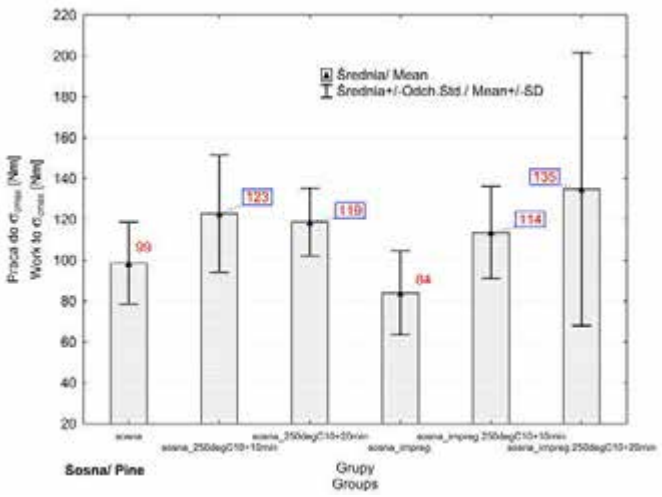
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.10

Na rycinach 5 i 6 przedstawiono wykresy ramkowe wyników badań wytrzymałości na ściskanie i pracy ściskania.



Ryc. 5. Wykres ramkowy wyników wytrzymałości na ściskanie
Fig. 5. The graph of the average compressive strength results
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 6. Wykres ramkowy pracy odkształcenia do maksymalnej siły
Fig. 6. The graph of the average strain work to the maximum force
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Dla celów porównawczych na rycinach 7 i 8 przedstawiono rozkład i interpolację wartości wytrzymałości na ściskanie i pracy ściskania w ujęciu procentowym. Jako wartość odniesienia ustalono wyniki uzyskane dla próbek nieimpregnowanych i niepoddanych obróbce termicznej.

Tabela 3.

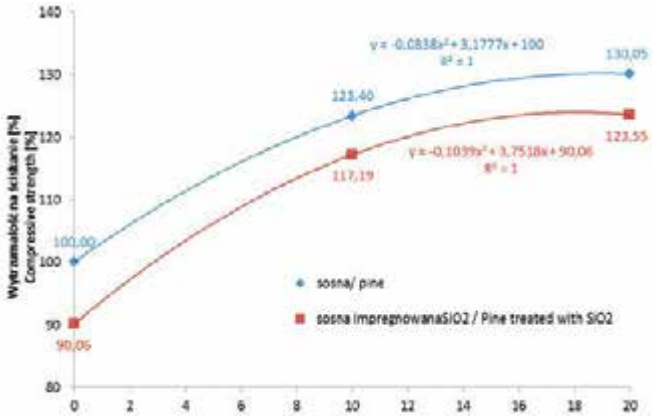
Statystyki opisowe wyników pracy ściskania próbek drewnianych

Table 3.

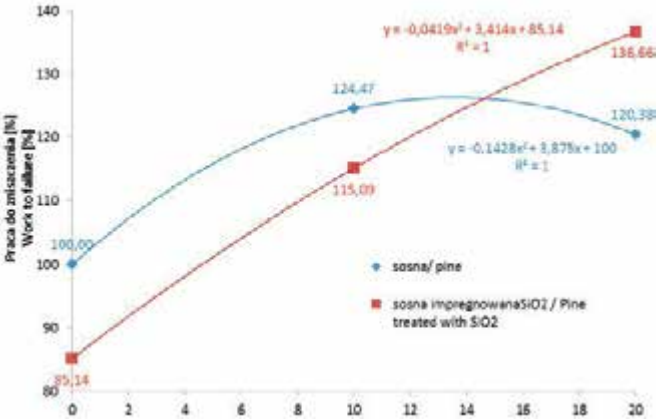
Descriptive statistics of the compression work of the wooden samples

Materiał (Material)	**Temperatura [°C] (Temperature [°C])**	**Czas ekspozycji [min] (Exposure time [min])**	**N**	**Średnia [Nm] (Mean [Nm])**	**Odchylenie standardowe [Nm] (Standard deviation [Nm])**	**Współczynnik zmienności [%] (Coefficient of variation k [%])**
Sosna/(Pine)	20	-	15	98,69	20,01	20,28
Sosna/(Pine)	250	10+10	15	122,84	28,61	23,29
Sosna/(Pine)	250	10+20	15	118,80	16,58	13,95
sosna impregnowana SiO_2 (Pine treated with SiO_2)	20	-	15	84,02	20,51	24,41
sosna impregnowana SiO_2 Pine treated with SiO_2	250	10+10	15	113,58	22,57	19,87
sosna impregnowana SiO_2 Pine treated with SiO_2	250	10+20	15	134,87	66,91	49,62

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 7. Zmiana wytrzymałości na ściskanie w ujęciu procentowym
Fig. 7. Percentage changes in the compressive strength
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 8. Zmiana pracy ściskania w ujęciu procentowym
Fig. 8. Percentage changes in the compression work
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

5. Podsumowanie

Struktura drewna, zwłaszcza litego, jest mało odporna na działanie wysokich temperatur. Jest to jedna z podstawowych wad drewna. Szybka dekohezja struktury drewna w warunkach oddziaływania podwyższonych temperatur następuje w zakresie od 220ºC do 250ºC. Pierwsze osłabienie struktury powodowane jest szybkim i niekontrolowanym obniżeniem wilgotności. Jednym ze skutków może być spadek wytrzymałości w wyniku dekohezji oraz postępująca redukcja przekroju poprzecznego związana ze zwiększającą się grubością warstwy zwęglonej.

Innym niebezpiecznym skutkiem działania podwyższonych temperatur jest intensywna emisja gazów, zapoczątkowana reakcjami egzotermicznymi zachodzącymi w strukturze drewna, gazy powodują m.in. rozpraszanie cząstek koloidalnych, tworząc dym.

Ponadto obróbka termiczna prowadzi do uzyskania ciemnej barwy przez element poddany ekspozycji termicznej. Powoduje to zmniejszenie kontrastu elementu w zadymionej strefie i utrudnia orientację ratownikom prowadzącym akcję ratowniczo-gaśniczą.

Proces degradacji struktury drewna najszybciej postępuje w warstwie wierzchniej, przyczynia się do tego m.in. wysoka izolacyjność cieplna drewna. Pozytywnym skutkiem tego procesu jest powstanie warstwy zwęglonej, która w kolejnych etapach stanowi dodatkową warstwę izolacyjną ograniczającą dopływ ciepła do rdzenia elementu konstrukcyjnego. Jednym z celów ogniochronnej impregnacji drewna jest intensyfikacja tego procesu. Ponadto dzięki zastosowaniu preparatów ogniochronnych uzyskuje się m.in. znaczące podwyższenie temperatury zapłonu drewna.

Wpływ impregnacji środkiem ogniochronnym zawierającym krzemionkę na wytrzymałość doraźną drewna na ściskanie jest jednoznaczny. Obserwowano wyższą wytrzymałość drewna nieimpregnowanego we wszystkich przedziałach temperatury. Środek na bazie cząstek SiO_2 w nieznacznym stopniu pogarsza wytrzymałość na ściskanie drewna. Ze wzrostem temperatury i czasu ekspozycji wytrzymałość na ściskanie drewna impregnowanego i nieimpregnowanego poprawia się. Wzrost wytrzymałości jest prawdopodobnie powodowany przyjętym w badaniu przebiegiem procesu obróbki termicznej, zakres temperatur procesu mieścił się w zakresie podwyższonych temperatur niepowodujących zapłonu drewna. Wpływ może mieć również założony kształt krzywej rozkładu „temperatura-czas". Technologiczny kontrolowany proces termicznej modyfikacji drewna następuje zazwyczaj w zakresie temperatur od 160 do 280ºC [8], a czas ekspozycji drewna zależy m.in. od wielkości elementów poddawanych modyfikacji termicznej oraz ich wilgotności i wynosi od 15 minut do 24 godzin. Kontrolowana modyfikacja struktury drewna wpływa na poprawę jego niektórych właściwości fizyko-mechanicznych, głównie twardości i odporności na ścieranie [9], ma wpływ na poprawę stabilności wymiarowej elementów drewnianych, odporność biologiczną drewna oraz zmniejszenie poziomu pochłanianej przez drewno wilgoci [10, 11]. Poprawa właściwości następuje w wyniku zmian składu chemicznego drewna, głównie w wyniku degradacji hemicelulozy [4, 12]. Proces ten wpływa również na poprawę odporności na agresywne oddziaływania środowiska, zwiększenie odporności na korozję biologiczną drewna oraz, co jest istotne ze względów estetycznych, pozwala uzyskać ciemny dekoracyjny kolor [13].

Połączenie procesu termicznego oddziaływania i impregnacji wpłynęło korzystnie na zdolność do odkształcenia pod obciążeniem i czas potrzebny do zniszczenia próbki, jednakże energia potrzebna do zniszczenia była wyższa dla próbek nieimpregnowanych. Wydłużenie czasu obróbki termicznej spowodowało spadek pracy ściskania dla próbek nieimpregnowanych – może być to związane ze wzrostem kruchości drewna.

Impregnacja ogniochronnym roztworem SiO_2 pogarsza własności wytrzymałościowe w warunkach drewna pracującego na ściskanie wzdłuż włókien. Nie wykazano korzystnego wpływu impregnacji na wytrzymałość przy ściskaniu drewna po ekspozycji w podwyższonych temperaturach.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.10

Literatura

1. Gunduz G., Aydemir D., Karakas G., *The effects of thermal treatment on the mechanical properties of wild Pear (Pyruselaeagnifolia Pall.) wood and changes in physical properties*, "Materials and Design" Vol. 30, 2009, pp. 4391-4395.
2. Korkut S., Akgul M., Dundar T, *The efects of heat treatment on some technological properties of Scots pine (Pinussylvestris L.) wood*, "Bioresource Technology" Vol. 99, 2008, pp. 1861-1868.
3. Bednarek Z., Kaliszuk-Wietecka A., *Analysis of the fireprotection impregnation influence on wood strendht*, "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*m, „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., Małozięć 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 modi*fi*ed 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. Obataya 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.

mł. 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 kadencję 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.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.11

БОРИС А.П. / BORIS A.P.[1]
канд. 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 КОНСТРУКЦИЙ[2]

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 огнезащитых 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 эксперементальных 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%

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.11

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 termoizolacyjnych, 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-termoizolacyjnego 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 ognioochronnej 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 слипанию (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 Образца 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 термопар на опытных образцах.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.11

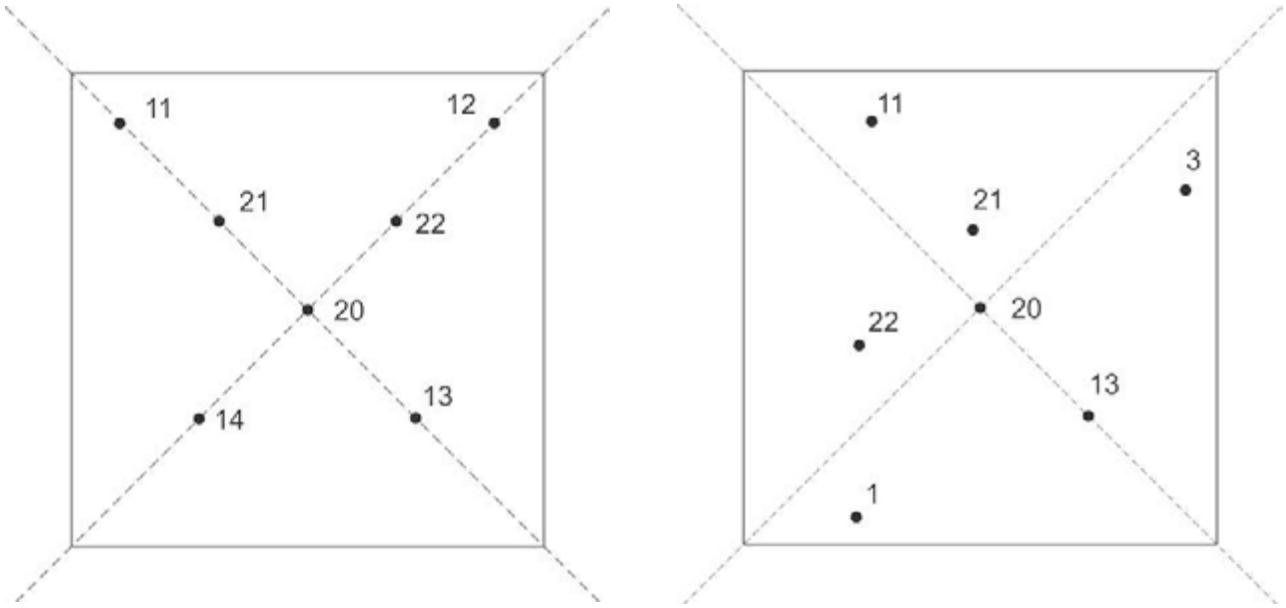


Рис. 1. Схемы размещения термопар в газобетоне, образец:
Г-1
№ 11, 12, 13, 14, 20 - термопары в металле
№ 21 - термопара в клею
№ 22- термопара в газоблоке на глубине 20мм
Г-2
№ 1, 3, 11, 13, 20 - термопары в металле
№ 22 - термопара в клею
№ 21- термопара в газоблоке на глубине 20мм

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 клее.

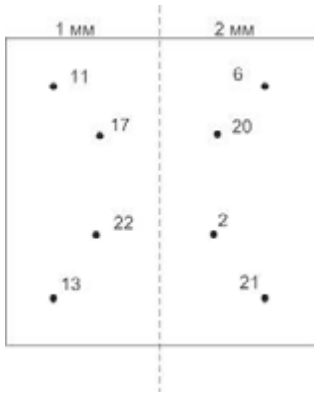


Рис. 2. Схемы размещения термопар в клее
№ 2, 17, 20, 22- термопары в металле; № 11, 13 - термопара в клею толщиной 1 мм; № 6, 21 - термопара в клею толщиной 2 мм.
Fig. 2. Position of thermocouples in glue:
№ 2, 17, 20, 22- thermocouples in metal; № 11, 13 - thermocouples in glue in 1 mm depth; № 6, 21 - thermocouples in glue in 1 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 (Ткр) нагрева металлической пластины при проведении экспериментальных исследований составляло:

$$Ткр = To + 480 = 18 + 480 = 498\ ºC,$$
где To = 18 ºC - 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) достигуто на 98 мин эксперимента.

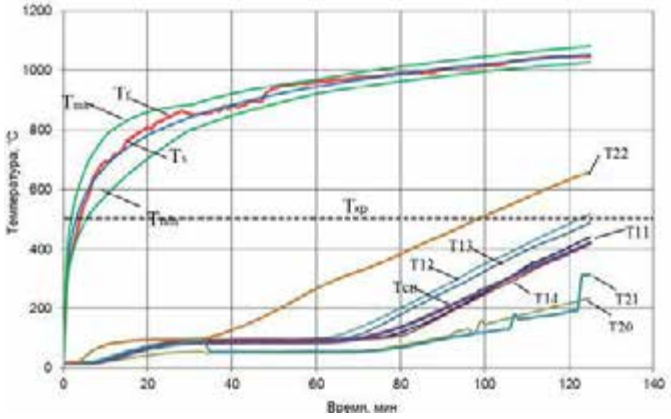


Рис. 3. Сопоставление усредненных результатов для образцов марки Г-1
Ткр - критическая температура предельного состояния для металлической конструкции;
T_F - температура в печи; Ts - стандартная температурная кривая; T_{min} - минимальное значение Ts; Tmax - максимальное значение Ts; T11- T14, T20-T22 - термопары на образцах; Tср - среднее значение для T11-T14, T20
Fig. 3. Comparison of average results for samples Г-1
Ткр- critical temperature of limit state for a metal plate;
T_F- temperature of oven; Ts- standard temperetare curve;
Tmin- minimal value Ts; Tmax- maximal value Ts; T11- T14, T20-T22- thermocouples in samples; Tcp- average value for T11-T14, T20

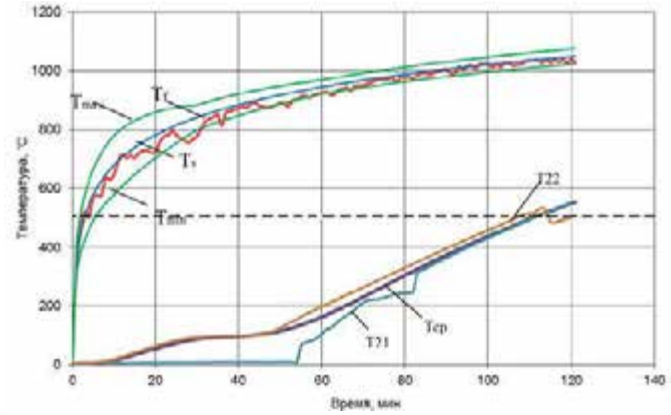


Рис. 4. Сопоставление усредненных результатов для образцов марки Г-2
Ткр - критическая температура предельного состояния для металлической конструкции; T_F - температура печи;
Ts - стандартная температурная кривая; T_{min} - минимальное значение Ts; Tmax - максимальное значение Ts; T21,T22- термопары на образцах;
Tср- средненее значение T21,T22
Fig. 4. Comparison of average results for samples Г-2
Ткр- critical temperature of limit state for a metal plate;
T_F- temperature of oven; Ts- standard temperetare curve;
Tmin- minimal value Ts; Tmax- maximal value Ts; T21, T22- thermocouples in samples; Tcp- 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.

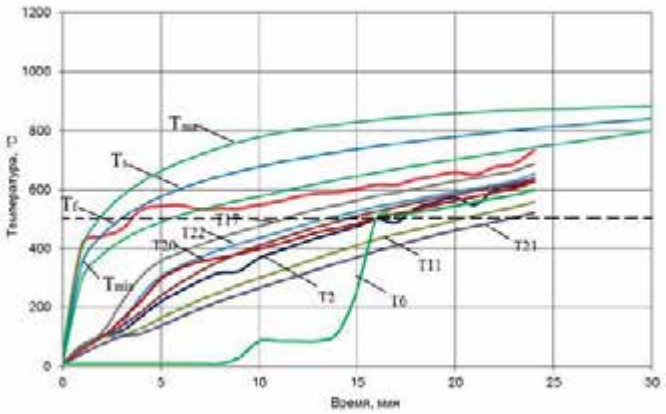


Рис. 5. Сопоставление усредненных результатов для образцов клея
Ткр - критическая температура металической конструкции, при которой наступает предельное состояние по огнестойкости; T_F- температура печи; Ts- стандартная температурная кривая; T_{min}- минимальное значение Ts; Tmax- максимальное значение Ts; 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
Tкр- critical temperature for a metal plate;
T_F- furnace temperature; Ts- standard temperetare curve;
Tmin- minimal value Ts; Tmax- maximal value Ts; 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, можна сделать вывод, что его применение в качестве огнезащитного покрытия – нецелесообразно.

4. Выводы

Проанализированы существующие методы определения огнезащитной способности, проведена идентификация огнезащитной способности эксперементальных 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 - II-V степень огнестойкости;
- марки Г-2 толщиной 40 мм не менее 110 мин – III--V степень огнестойкости.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.11

Список литературы

1. DSTU-N B EN 1993-1-2:2010 EVROKOD 3. Proektuvannia stalevikh konstruktcii „Chastina 1-2. Osnovni polozhennia. Rozrakhunok konstruktcii na vognestiikist".
2. DSTU B V.1.1-17:2007. Vognezakhisni pokrittia dlia budivelnykh nesuchikh metalevikh konstruktcii. Metod viznachennia vognezakhisnoi zdatnosti (ENV 13381-4:2002, NEQ).
3. Zakhist vid pozhezhi. Budivelni konstruktciii. Metody vyprobuvanniia na vognestiikist. Zahalni vymohy (ISO 834:1975) : DSTU B V.1.1-4-98 [Chinnii vid 1998-10-28], K.: Ukrarkhbudinform, 1999, s. 21.
4. EN 1993-1-2 (2005) Eurocode 3: Design of steel structures - Part 1-2: General rules - Structural fire design [Authority: The European Union Per Regulation 305/2011, Directive 98/34/EC, Directive 2004/18/EC].
5. Zakhist vid pozhezhi. Vognezakhysne obrobliannia budivelnykh konstruktcii. Zakhalni vymohy ta metody kontrolyuvanniia : DSTU-N-P B V.1.1–29:2010. – [Chinnii vid 2011-11-01], K.: Minrehionbud Ukrainy, 2011, s. 9.
6. GOST R 53295-2009. Sredstva ognezashchity dlia stalnykh konstruktcii. Metody opredeleniia ognezashchitnoi effektivnosti. Obshchie trebovaniia.
7. Zakhist vid pozhezhi. Pozhezhna bezpeka obektiv budivnitstva : DBN V.1.1-7-2002. – [Chinnii vid 2003-05-01], Derzhpozhbezpeka, 2003, s. 87.

Борис Александр Павлович – адъюнкт, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности.

Половко Андрей Петрович – главный научный сотрудник, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности.

Веселивский Роман Богданович – доцент кафедры гражданской защиты и компьютерного моделирования экогеофизических процессов, кандидат технических наук, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.12

dr hab. inż. **Jerzy PYRCHLA**[1]
bryg. dr inż. **Jacek ZBOINA**[2]
prof. dr hab. **Mariusz ZIELIŃSKI**[3]

Przyjęty/Accepted/Принята: 18.11.2013;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 23.05.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

SYSTEM WIZYJNY DO NOCNYCH POSZUKIWAŃ NAWODNYCH ZINTEGROWANY Z ŁODZIĄ TYPU RIB (RIGID INFLATABLE BOAT)[4]

Night Vision System for Surface Water Search, Integrated with Rigid Inflatable Boat

Система ночного видения для поисковых работ на поверхности водоёмов, интегрированная с лодкой типа Rigid Inflatable Boat

Abstrakt
Cel: Przedstawienie przygotowanego rozwiązania na potrzeby ratownictwa wodnego składającego się z dedykowanej łodzi motorowej typu RIB dostosowanej do prowadzenia poszukiwań w nocy lub w warunkach ograniczonej widzialności oraz z systemu wizyjno-koordynacyjnego wspomagającego to działanie.
Wprowadzenie: System wizyjno-koordynacyjny oraz zintegrowanie go z dostosowaną łodzią motorową do prowadzenia poszukiwań w nocy realizowano w ramach projektu badawczego celowego nr UDA-POIG.01.04.00-22-008/11-00. Wszystkie prezentowane rozwiązania zostały przetestowane w warunkach rzeczywistych, przez specjalistów praktyków. Prezentowane rozwiązanie wpisuje się w priorytetowe kierunki badań naukowych i dotyczy obszaru technologicznego związanego z rozszerzeniem sfery bezpieczeństwa publicznego o okres nocny.
Wyniki: Technologią, która została opracowana, jest łódź motorowa dedykowana do poszukiwań nocnych, zintegrowana z systemem wizyjno-koordynacyjnym dla ratownictwa wodnego. W artykule przedstawiono efekty pracy nad projektem zmian konstrukcyjnych łodzi motorowej dostosowujących ją do zadań poszukiwawczo-ratowniczych realizowanych w nocy, jak również nad systemem wizyjnym dla wspomagania ratownictwa wodnego. Koncentrując się wokół problemów związanych z planowaniem poszukiwań nocnych na akwenach śródlądowych, przedstawiono algorytmy przebiegu i składowe procesu realizacji misji poszukiwawczo-ratowniczych. Szczególną uwagę zwrócono przy tym na wizualizację sytuacji w rejonie poszukiwań oraz wpływ na ich efektywność dostępu do danych środowiskowych. Zaprezentowano sieciocentryczną mapę wykonaną w technologii GIS, która pozwala wizualizować w postaci warstw aktualne i prognozowane warunki hydrologiczno-meteorologiczne. Przedstawiono propozycję skoordynowania ww. sieciocentrycznej mapy ze wsparciem informatyczno-organizacyjnym pozwalającym na poprawę dokładności lokalizacji łodzi z jednoczesną wizualizacją jej pozycji na mapie. Śródlądowe obszary wodne są niewielkie i dlatego pozyskiwanie danych hydrometeorologicznych z serwisów internetowych musi być interaktywne i pozwalać dostosowywać dane do sytuacji operacyjnej. Znaczenie kroku obliczeniowego przedstawiono na przykładzie obszaru Zatoki Gdańskiej przyległego do portu Gdynia wraz z basenami portowymi (zobrazowano go – z krokiem 1 mili morskiej oraz – z krokiem 0,1 mili morskiej).
Wnioski: Autorzy przedstawili sposoby planowania poszukiwań na akwenach wodnych w warunkach nocnych. Dotychczasowy system planowania wzbogacono o mapy elektroniczne zespolone z danymi środowiskowymi, pobieranymi automatycznie z serwisów internetowych. Zwiększono dokładność pozycjonowania podmiotów poszukujących, co przekłada się bezpośrednio na efektywność podejmowanych działań. Uzyskaną tym sposobem platformę sieciocentryczną można również wykorzystywać do symulowania działań poszukiwawczo-ratowniczych.

[1] Akademia Morska w Szczecinie, Wały Chrobrego 2, Szczecin / Maritime University of Szczecin, Poland;
[2] Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów; jzboina@cnbop.pl / Scientific and Research Centre for Protection – National Research Institute, Poland;
[3] Akademia Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte; ul. Śmidowicza 69 Gdynia / Naval University of Gdynia, Poland;
[4] Wkład procentowy w powstanie artykułu / Percentage contribution: J. Pyrchla – 40%, J. Zboina – 30%, M. Zieliński – 30%;

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.12

Słowa kluczowe: ratownictwo wodne, System Informacji Geograficznej, GIS, sieciocentryczność, RIB, poszukiwania nawodne, elektroniczna mapa
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Abstract
Goal: The main goal of the paper is to present a dedicated to water rescue speedboat (RIB type) adapted to conducting search at night or in low visibility conditions, as well as, a video-coordination system supporting rescue actions.
Introduction: The video-coordination system integrated with a speedboat for a night search was developed within the research project No. UDA-POIG.01.04.00-22-008/11-00. All presented results were tested in real conditions by specialist practitioners. What is more, presented solutions correspond with the priority directions of scientific and technological research areas associated with the improvement of public safety at night.
Results: A technology presented by the authors is a speedboat dedicated to night exploration (search), integrated with video-coordination system for water rescue. The paper describes the results of the project, aimed at introducing construction changes to a speedboat. These adapted the boat to search and rescue actions realised at night. The speedboat is also equipped with a video system supporting water rescue. To concentrate on the problems related to the planning of night actions on the inland waters, the algorithms of components of the implementation process of search and rescue actions were presented. Particular attention was paid to visualization of the situation in the area of exploration and the importance of the access to the environmental data. Presented network-centric charts were made in GIS technology which allowed to visualize in the form of layers current and forecasted hydrological and meteorological conditions. The paper showed a proposal of coordinating network-centric charts with the information and organizational support, thus allowing to improve the precision of the boat localisation and simultaneous visualisation of its position on the map. Inland water areas are small and, therefore, downloading hydrometeorological data from web services should be interactive. System has to adapt the data to the operational situation. An example of how important the calculation step is has been shown on the area of the Gulf of Gdansk, adjacent to the harbour of Gdynia with the docks depicted in steps of 1 nautical mile and in 0.1 nautical mile.
Conclusions: The authors presented planning methods of rescue research on water areas at night. The current planning system is enhanced with electronic maps combined with environmental data downloaded automatically from websites. While the accuracy of positioning seeking entities is enhanced, the effectiveness of taken actions is also better. The developed network-centric platform can also be used for simulation of search and rescue operations.

Keywords: water rescue, Geographic Information System, network centric warfare, RIB, surface search, electronic map.
Type of article: original scientific article

Аннотация
Цель: Представление разработки для спасения на воде, которое состоит из специальной моторной лодки типа RIB (жестко-надувной лодки), приспособленной для осуществления ночных поисков или в условиях ограниченной видимости, а также из координационной системы видения, поддерживающей такие действия.
Введение: Координационная система видения и ее интеграция с приспособленной моторной лодкой для проведения ночных поисков была разработана в рамках исследовательского целевого проекта номер UDA-POIG.01.04.00-22-008/11-00. Все представленные решения были испытаны в реальных условиях и протестированы специалистами-практиками. Представленное решение является частью приоритетных научных направлений исследований области науки, касающейся технологической области, связанной с расширением сферы общественной безопасности ночного периода.
Результаты: Технологией, которая была разработана, является моторная лодка, предназначенная для ночных поисков, интегрированная с координационной системой видения для службы спасения на воде. В статье представлены результаты работы над проектом конструкционных изменений моторной лодки, направленных на ее приспособление к поисково-спасательным работам, реализованным ночью, а также над системой видения для служб спасения на воде. Обращая особое внимание на проблемы, связанные с планированием ночных поисков во внутренних водоёмах, представлены алгоритмы хода процесса осуществления поисково-спасательных миссий и его компоненты. Особое внимание было посвящено визуализации ситуации в районе поиска и влиянию доступа к информации об окружающей среде на его эффективность. Была представлена сетецентрическая карта, разработанная с использованием технологии GIS (географической информационной системы), которая позволяет изображать в виде слоев текущие и прогнозируемые гидро и - метеорологические условия. Было также представлено согласование сетецентрической карты с информационно-организационной поддержкой, которое позволяет повысить точность определения расположения лодки с одновременным отображением ее расположения на карте. Предложенное решение принимает во внимание тот факт, что внутренние водные водоёмы малы, и поэтому, скачивание гидрометеорологических данных с веб-сайтов должно происходить интерактивно. Расчеты, проведенные в этих центрах, должны приспосабливать расчётные действия к оперативной обстановке. Примером, показывающим на сколько важными являются расчётные действия, было представление территории Гданьского залива, прилегающего к порту Гдыня, вместе с бассейнами гавани, которые изображены с дискретностью 1 морской мили и с дискретностью 0,1 морской мили.
Выводы: Авторы представили способы и планирование поисков на водоемах в ночных условиях. Нынешняя система планирования была обогащена электронными картами в сочетании с данными о среде, которые автоматически загружаются с веб-сайтов. Повышена точность определения места нахождения искателей. Полученная этим образом сетецентрическая платформа может быть также использована для симуляции поисково-спасательных операций.

Ключевые слова: спасение на воде, Географическая Информационная Система (GIS), сетецентрический подход, RIB, поисковые работы на поверхности воды, электронная карта
Вид статьи: оригинальная научная статья

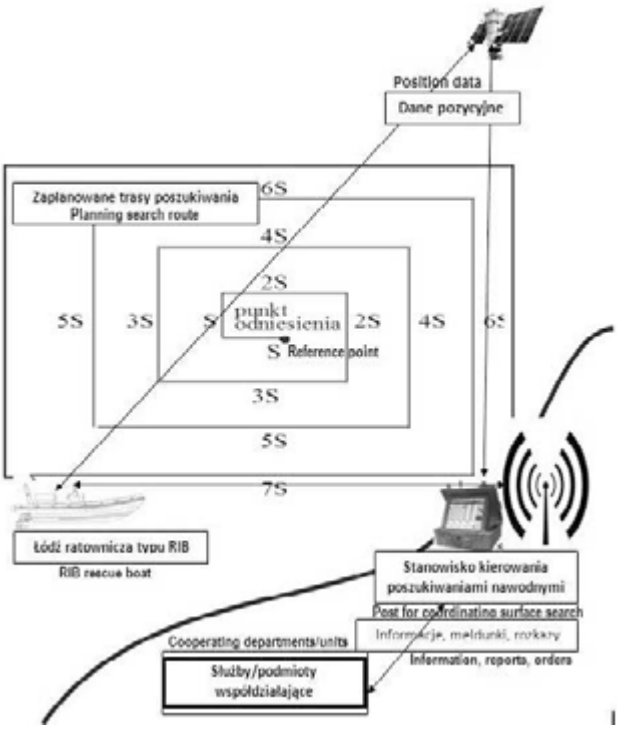
1. Wstęp

Prezentacja różnych technicznych rozwiązań [1] na potrzeby ratownictwa wodnego, realizowanego przez Państwową Straż Pożarną i KSRG [2], to temat niezbyt często podejmowany w publikacjach i artykułach. Jednym z problemów, przed którymi stają ratownicy wodni w mundurach strażackich, jest prowadzenie działań w warunkach ograniczonej widoczności i w nocy. Ratownicze łodzie motorowe typu RIB[5] [3] doskonale nadają się do prowadzenia poszukiwań nawodnych na śródlądowych i przybrzeżnych obszarach wodnych w warunkach dobrej widoczności. Nasuwa się jednak pytanie, co należałoby zrobić, aby wykorzystywać je w warunkach nocnych.

Państwowa Straż Pożarna stara się wciąż doskonalić swoje działania w zakresie ratowania życia ludzkiego. Ukierunkowane są one na dwa obszary, organizacyjny i sprzętowy. Pierwszy z wymienionych obszarów jest doskonalony poprzez ciągłe szkolenie i podnoszenie kwalifikacji operatorów-ratowników. Szkolenia idą w parze z pracami nad poszukiwaniem systemów wspomagających planowanie i koordynowanie akcji poszukiwawczo-ratowniczych. Drugi z obszarów jest rozwijany poprzez doposażenie ratowników w sprzęt techniczny (stacje radiolokacyjne, kamery telewizyjne i termowizyjne) do prowadzenia poszukiwania w każdych warunkach.

Odpowiadając na powyżej postawione pytanie, można stwierdzić, że skuteczne prowadzenie działań ratowniczych na wodzie w warunkach nocnych uwarunkowane jest odpowiednim przygotowaniem i wyposażeniem ratowników. Prowadzenie działań poszukiwawczo-ratowniczych w warunkach nocnych przy wykorzystaniu seryjnie produkowanych łodzi stwarza zagrożenie zarówno dla ratowników będących ich obsadami, jak i dla poszkodowanych, którym miałoby się udzielić pomocy. Przykładem rozwiązania wychodzącego naprzeciw problemom związanym z realizacją działań poszukiwawczo-ratowniczych w nocy[6] jest budowa łodzi motorowej, dostosowanej do prowadzenia poszukiwań w nocy i współdziałającej z systemem wizyjno-koordynacyjnym, realizowana w ramach projektu badawczego celowego przez firmę SPORTIS S.A. Ideę współdziałania łodzi ratowniczej z systemem wizyjno-koordynacyjnym przedstawiono na ryc. 1.

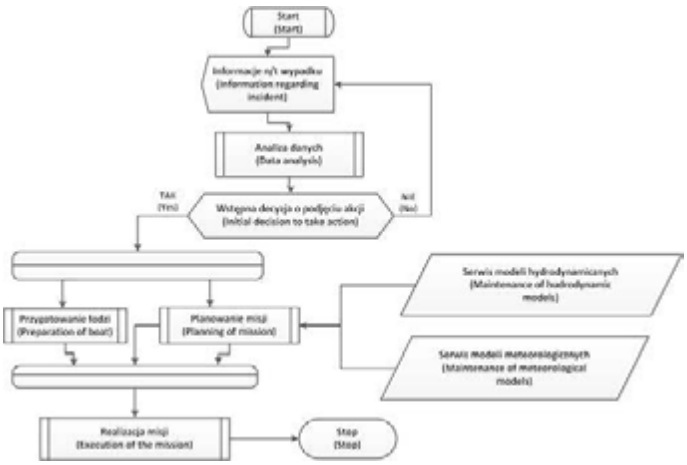
Podstawowymi zadaniami zapewniającymi efektywność prowadzenia działań poszukiwawczo-ratowniczych w warunkach nocnych są dokładna lokalizacja łodzi oraz wizualizacja na mapie operacyjnej aktualnych i prognozowanych warunków hydrologiczno-meteorologicznych. Dostosowanie łodzi motorowej do działań w warunkach nocnych, jak również współdziałanie z systemem koordynacyjno-wizyjnym opracowanym na bazie GIS zostanie przedstawione w artykule. Prezentowane rozwiązanie wpisuje się w priorytetowe kierunki badań naukowych i dotyczy obszaru technologicznego związanego z rozszerzeniem sfery bezpieczeństwa publicznego o okres nocny.



Ryc. 1. Organizacja działań w rejonie poszukiwania
Fig. 1. Organization of activities in the search area

2. Etapy działań podejmowanych w trakcie poszukiwań nocnych

Przebieg procesu poszukiwań nocnych na akwenach wodnych przedstawiony został na ryc. 2 przy pomocy diagramu typu SDL (ang. *Specification and Description Language*).



Ryc. 2. Przebieg i składowe procesu poszukiwań
Fig. 2. Course and components of the search process

[5] ang. RIB (*rigid inflatable boat*) – łódź pneumatyczna ze sztywnym dnem.

[6] Przykład 1. 18 lipca 2010 – nie udało się odnaleźć czterech rybaków, którzy w sobotę zaginęli na Bałtyku. W nocy z soboty na niedzielę poszukiwania zawieszono.
Przykład 2. 6 grudnia 2008 – bez rezultatu zakończyły się poszukiwania mężczyzny, który wypadł z łódki na jeziorze Ilińskim koło Miłomłyna w woj. warmińsko-mazurskim. Ze względu na zapadający zmrok poszukiwania przerwano.
Przykład 3. 08 kwietnia 2013 świadkowie wyciągnęli z wody jedną z dwóch osób pracujących na łodzi. Do późnego popołudnia trwały poszukiwania drugiej osoby. Przeszukiwano też brzegi Wisły i zarośla. Ze względu na te warunki i zapadający zmrok poszukiwania przerwano.
Przykład 4. 21 sierpnia 2007 roku w ciągu kilku minut wiatr osiągnął prędkość 12 stopni w skali Beauforta, przewrócił i zatopił kilkadziesiąt jachtów. W nocy poszukiwania zawieszono.

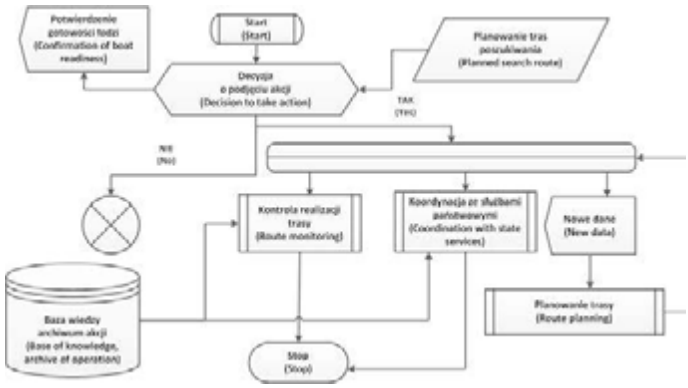
DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.12

Poszczególne składowe przedstawione na diagramie należy rozumieć następująco. Początkiem procesu poszukiwań jest informacja pochodząca z zewnątrz wskazująca na potrzebę przeprowadzenia poszukiwań nocnych. Po dokonaniu analizy danych podejmowana jest wstępna decyzja o tym, czy podjąć poszukiwania. Jeśli decyzja jest pozytywna, inicjowane są jednocześnie dwa podprocesy:

- proces przygotowania łodzi, który dotyczy wszystkich aspektów logistycznych przedsięwzięcia;
- proces planowania misji, który dotyczy aspektów związanych z przetworzeniem posiadanych danych na temat zdarzenia będącego przyczyną inicjacji poszukiwania, a także pozyskaniem dalszych danych niezbędnych do planowania działań i wyznaczenia optymalnej trasy (schematu) poszukiwań.

Drugi z wyżej wymienionych procesów następuje przy wykorzystaniu serwisów zewnętrznych dostarczających dane na temat sytuacji meteorologicznej na obszarze poszukiwań oraz sytuacji hydrologicznej na akwenach potencjalnie wchodzących w skład tego obszaru.

Informacja o gotowości łodzi i jej obsady do rozpoczęcia misji, a także dane z podprocesu planowania wyzwalają rozpoczęcie kolejnego etapu działań tj. procesu realizacji misji. Proces ten przedstawiony został precyzyjniej na ryc. 3.



Ryc. 3. Przebieg i składowe procesu realizacji misji
Fig. 3. Course and components of the implementation of the mission

Jak już wspomniano, realizacja misji rozpoczyna się od podjęcia ostatecznej decyzji o jej podjęciu. Do tego potrzebne są: informacja o gotowości do działań zespołu poszukiwawczego (obejmująca również przemieszczenie do domniemanego/wskazanego rejonu zdarzenia) oraz plan działań przedstawiony tu jako planowana trasa poszukiwań. Podjęcie pozytywnej decyzji o celowości podjęcia akcji skutkuje inicjacją trzech procesów potomnych, to znaczy:

- procesu śledzenia i kontroli realizacji zaplanowanej trasy – obejmuje on również ciągłą komunikację z załogą łodzi;
- procesu koordynacji działań ze służbami państwowymi odpowiedzialnymi za ład i bezpieczeństwo;
- ciągłej analizy napływających danych, której skutkiem może być inicjowanie nowych/kolejnych działań i generowanie nowych tras poszukiwań przez odwołanie się do podprocesu planowania misji.

Należy zwrócić przy tym uwagę, że na ryc. 3 zaznaczony został również podsystem tak zwanej bazy wiedzy oraz archiwizacji zdarzeń. Odpowiedzialny jest on za lokalne przechowywanie informacji/danych na następujące tematy:

- ukształtowanie terenu (mapy akwenów i lądu);
- dane meteo- i hydrologiczne;
- dane o procedurach współdziałania ze służbami państwowymi odpowiedzialnymi za ład i bezpieczeństwo względnie innymi podmiotami współdziałającymi;
- dane na temat kontaktów, dyslokacji ww. służb/podmiotów oraz podjętych działań i osiągniętych rezultatów (np. odnalezienie śladów zdarzenia kryzysowego, czy podjęcie z wody poszkodowanych).

Ponadto podsystem ten służy bieżącej archiwizacji zdarzeń w celu umożliwienia ich późniejszej analizy.

Główne wyzwanie związane z integracją GIS i ENC odnosi się do zbioru danych (w formacie S-57) i zamiana GIS danych przestrzennych formatu (s) do S-57 obiektu formatu albo *vice versa* tak, aby te dwie kategorie danych mogły być stosowane w przestrzennej analizie i podejmowaniu decyzji. Natomiast innowacyjne cechy opracowywanego systemu to:

- optymalizacja rozmieszczenia systemu noktowizyjnego, umieszczonego na łodzi typu RIB;
- możliwość kierowania działaniami łodzi ze stanowiska pomiarowego umieszczonego na brzegu akwenu (patrz ryc. 1);
- nawigacja pozwalająca na uzyskiwanie precyzyjnej dokładności (rzędu kilku cm);
- udoskonalony system pomiarowo-rejestrujący oraz usprawnienia w zakresie transmisji danych;
- szerokość pasa poszukiwania zoptymalizowana do warunków indywidualnego zbiornika wodnego.

Potrzebę korzystania z systemów integrujących informacje hydrometeorologiczne z informacjami geograficznymi wyraźnie widać, gdy przeanalizuje się zadania służb operacyjnych odpowiedzialnych za bezpieczeństwo na polskich akwenach wodnych. W tym kontekście przykładowe zadania to:

- planowanie użycia i wsparcia sił na akwenach wodnych,
- analiza i kontrola wyszkolenia sił planowanych do użycia,
- koordynacja działań sił przydzielonych do realizacji przedsięwzięć poszukiwawczo-ratowniczych,
- nadzór nad realizacją zadań z zakresu poszukiwawczo-ratowniczego,
- współpraca z instytucjami państwa w zakresie reagowania kryzysowego,
- zapewnienie ciągłości działania Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego,
- zabezpieczenie hydrometeorologiczne sił,
- rozpoczęcie implementacji systemów wspomagania reagowania kryzysowego,

- udział w ćwiczeniach narodowych i międzynarodowych.

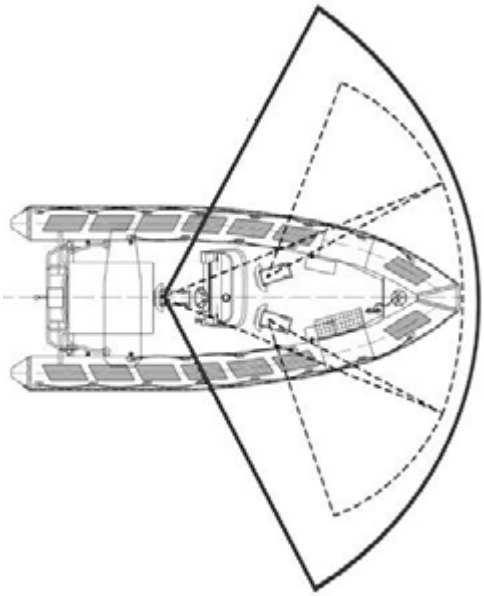
Wymienione zadania uwidaczniają, że służby planujące i koordynujące działania ratownicze muszą korzystać z danych pochodzących z systemu danych nawigacyjnych, jak również danych pochodzących z systemu GIS. System nawigacyjny zapewnia głównie zobrazowanie mapy elektronicznej, pokazuje aktualną pozycję na niej i informację przyjętą od pokładowych sensorów. Najczęściej jest sprzęgnięty z Globalnym System Nawigacji Satelitarnej (np. GPS). Ma on funkcje aplikacji umożliwiającej aktualne zobrazowanie trasy żeglugi z jednoczesnym zapisywaniem danych obejmujących datę, czas, pozycję, kierunek przemieszczania się i prędkość łodzi.

3. System wizyjno-koordynacyjny dla zabezpieczenia nawodnych działań poszukiwawczo-ratowniczych w warunkach nocnych

Prowadzenie działań poszukiwawczo-ratowniczych na różnego rodzaju akwatoriach w warunkach ograniczających widzialność wiąże się z dysponowaniem zobrazowania aktualnej sytuacji w rejonie. Spełnienie tego wymogu gwarantuje technologia, która została opracowana i jest prezentowana, czyli system wizyjno-koordynacyjny (system sieciocentryczny), którego platformą integracyjną jest GIS. System taki jest w pełni skalowalny i znakomicie można go dostosowywać do rosnących wymagań. Uwagę poświęcono również dokładności lokalizacji łodzi ratowniczej i wpływowi na efektywność działań dostępu do danych środowiskowych.

Należy zauważyć, że strefa, którą obsada łodzi obserwuje (z wykorzystaniem noktowizorów) w nocy, jest duża (patrz ryc. 4), gdyż pozwala bezpiecznie sterować łodzią i prowadzić obserwacje, a jednocześnie mała, jeśli porównamy ją z zasięgiem obserwacji w okresie dziennym. Wyposażenie obsad łodzi w urządzenia optoelektroniczne pozwala prowadzić poszukiwania, ale jest zarazem na tyle ograniczone, że bez wsparcia informacyjnego nie może skutecznie wykonywać zadań. Wsparcie informacyjne musi być kompleksowe, czyli obejmować środowisko i jego stan tzn. geoinformację tj. dane o akwenie, panujące i prognozowane warunki hydrologiczne i meteorologiczne.

Śródlądowe obszary wodne, jak również morska strefa przybrzeżna charakteryzują się ogromną ilością geodanych, dlatego środowisko GIS było zawsze uznawane za najlepsze do gromadzenia i wizualizacji tych danych. Systemy oparte o to środowisko są integralnym komponentem w planowaniu i koordynowaniu działań na tych obszarach [3],[4]. Źródłem danych hydrologicznych i meteorologicznych są serwisy internetowe ośrodków rozpowszechniających te dane zróżnicowanymi urządzeniami do ich przekazu. Prowadząc badania nad zagadnieniem dopływu danych hydrologiczno-meteorologicznych do informacyjnego systemu wizyjno-koordynacyjnego, oceniono, że najlepsze rezultaty osiąga się, stosując sieciocentryczną mapę wykonaną w technologii GIS.



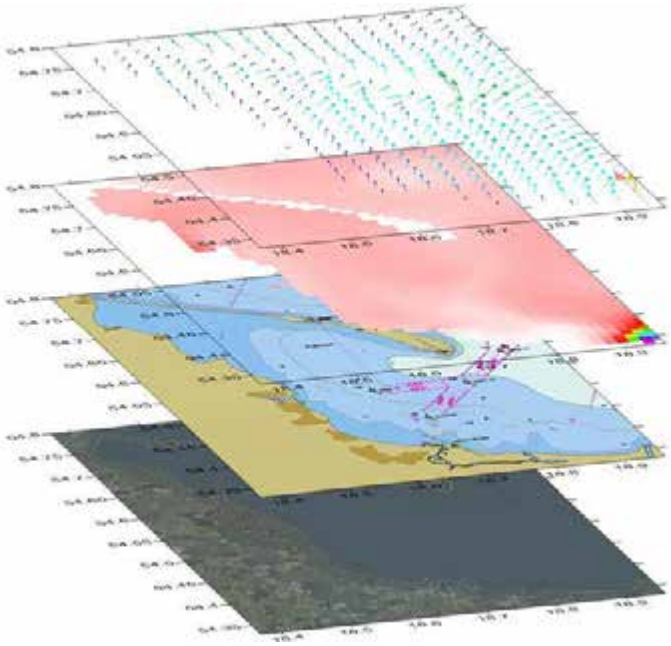
Ryc. 4. Kątowy zakres obserwacji obsady łodzi ratowniczej działającej w nocy (cienka linia) i w dzień (gruba linia)
Fig. 4. Angular range of observation of the rescue boat team at night

Podstawowym założeniem wykonania takiej mapy jest dostosowanie struktur zmodernizowanej geobazy tak, aby przechowywane dane opisujące atmosferę i hydrosferę miały możliwość dialogu (tzn. komponowania w dowolnym zestawieniu między sobą i z pozostałymi typami danych) oraz wykorzystania jako matrycy podstawowej do prognozowanego działania. Niezwykle ważna w odniesieniu do planowanych zastosowań jest możliwość zobrazowania aktualnej sytuacji w rejonie. Rozwiązanie takie można nazwać sieciocentrycznym, gdyż daje nadmiar informacji, co stanowi podstawową cechę tego typu systemów. Kolejną cechą jest skalowalność, co pozwala dostosowywać go do rosnących wymagań.

Sieciocentryczność jako pojęcie wiązało się pierwotnie przede wszystkim z zastosowaniami głównie wojskowymi, a pochodzi od anglojęzycznego określenia *Network Centric Warfare* (NCW), co można tłumaczyć jako „sieciocentryczne działania wojenne" [5]. Termin ten oznacza przetworzenie przez dowódcę (organ kierujący) przewagi informacyjnej na przewagę w dowodzeniu, a w konsekwencji na przeważające (również wyprzedzające) oddziaływanie. Przewaga ta osiągana jest na podstawie dostępnego dla dowódcy danego szczebla stale aktualizowanego (rozpoznanego), obszernego obrazu sytuacji. Aby obraz sytuacji był stabilny, pełny i aktualny, podmioty (struktury) pozyskujące, przetwarzające i wykorzystujące informację powinny być powiązane (najlepiej w czasie rzeczywistym) w zakresie wymiany informacji. Reasumując, głównym celem NCW jest uzyskanie supremacji w dziedzinie informacji dla zwiększenia efektywności prowadzenia działań [6]. Podobne do czysto wojskowych zastosowania i rezultaty można osiągać w systemach służących polepszeniu dyspozycyjności danych o sytuacji geograficznej pozyskiwanej dla celów planowania akcji poszukiwawczo-ratowniczych na akwenach wodnych.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.12

W systemie platformą integrującą wszystkie geoprzestrzenne dane cyfrowe pochodzące z różnych źródeł jest System Informacji Geograficznej [7]. Umożliwia to nakładanie na wspólną mapę-bazę różnorodnych warstw tematycznych takich jak: lądowe tereny przybrzeżne (np. mapy topograficzne, ortofotomapy), morskie elektroniczne mapy nawigacyjne (batymetria, oznakowanie nawigacyjne) oraz dane środowiskowe z numerycznych modeli pogody i hydrodynamicznych. System GIS pozwala łączyć dane cyfrowe zapisane w różnych standardach i odwzorowaniach (ryc. 5).



Ryc. 5. Mapy zapisane w różnych formatach i projekcjach geograficznych stanowiące warstwy tematyczne prezentowanego sytemu: a) ortofotomapa (format: GeoTIFF); b) elektroniczna mapa nawigacyjna (standard S-57); c) temperatura wody i prądy z modelu hydrodynamicznego (format NetCDF)

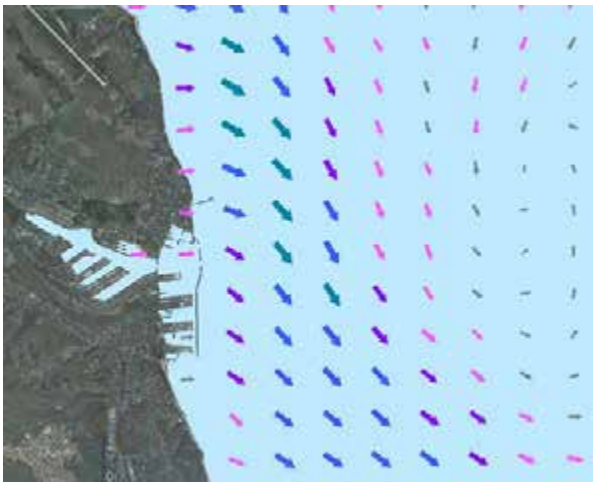
Fig. 5. Maps in different formats and geographic projections, which are thematic layers of the present system: a) orthophotomap (format: GeoTIFF); b) electronic navigational map (standard S-57); c) water temperature and currents from the hydrodynamic model (format NetCDF)

W prezentowanym systemie ortofotomapa jest zapisana w formacie graficznym umożliwiającym dodawanie informacji georeferencyjnych (GeoTIFF) oraz w obowiązującym w Polsce dla map wielkoskalowych Państwowym Układzie Współrzędnych Geodezyjnych 2000 (PUWG 2000). Dane elektronicznej morskiej mapy nawigacyjnej dostarczone zostały w standardzie IHO „Standard Wymiany Cyfrowych Danych Hydrograficznych S-57" (ang. IHO *Transfer Standard for Digital Hydrographic Data* – S-57) wykorzystywanym obecnie dla danych wektorowych. Wizualizację w zastosowanym systemie GIS (ArcGIS 10) oraz symbolizację oznaczeń nawigacyjnych zgodnie z powszechnie stosowaną na mapach morskich normą S-52 zapewnił dodatek: S-57 Viewer dla ArcGIS. Systemy GIS pozwalają także na import komórek morskiej mapy nawigacyjnej ENC (ang. *Electronic Nautical Chart*) w standardzie S-57 do geobazy, a dzięki temu umożliwiają wykonywanie analiz geoprzestrzennych.

W kontekście użytkowym system wizyjno-koordynacyjny został zaprojektowany w sposób, który pozwala na jego integrację z serwisami prognoz meteorologicznych i hydrodynamicznych, bazujących na modelach numerycznych: prądów wodnych, pogody i falowania. Dane z tych modeli pozwalają na zobrazowanie warunków środowiskowych na mapach, co w stosunku do tradycyjnych, tekstowych komunikatów meteorologicznych lub hydrologicznych jest dużym udogodnieniem. Możliwie prosta, a jednocześnie pewna wizualizacja danych jest szczególnie istotna w ograniczonych warunkach jednostki bezkabinowej. Zautomatyzowanie procesu akwizycji danych do systemu pozwala koordynatorowi akcji analizować jednocześnie informację o położeniu łodzi ratowniczej [8] wraz z informacją o warunkach meteorologicznych (np. prędkość wiatru, temperatura powietrza itp.) i hydrodynamicznych (np. wysokość fali, prędkość prądu, temperatura wody, poziom morza itp.). Integracja informacji środowiskowych jako jednej z warstw tematycznych na mapie systemu, przyczynia się do wspomagania decyzji podczas akcji poszukiwawczo-ratowniczych na akwenach wodnych [9].

Ważnym elementem współdziałania z serwisami internetowymi dostarczającymi informacje hydrometeorologiczne jest to, aby wersji operacyjnej modeli obliczenia mogły być przeprowadzane równolegle dla poszczególnych obszarów o różnych krokach przestrzennych. Przykładem mogą być dane z modelu M3D Wydziału Oceanografii Uniwersytetu Gdańskiego. Obszar Zatoki Gdańskiej przyległy do portu Gdynia wraz z basenami portowymi zobrazowano – z krokiem 1 mili morskiej ryc. 6a, oraz – z krokiem 0,1 mili morskiej ryc.6b [10]. Obliczenia w omawianym obszarze odbywają się równolegle, a wymiana informacji na wspólnej granicy odbywa się na każdym kroku czasowym [11]. Istnieje możliwość pozyskiwania informacji o prądach morskich na różnych głębokościach, gdyż w pionie stosuje się podział na warstwy o nieregularnej grubości [12]. W celu lepszego odwzorowania powierzchniowej i przydennej warstwy przyściennej stosuje się tam warstwy o mniejszej grubości niż pozostałe.

a)

b) 

Ryc. 6. Integracja danych prądów morskich z Ortofotomapą: a) rozdzielczość 0,1 Nm; b) rozdzielczość 0,5 Nm .
Fig. 6. Integration of certain sea currents with Orthophotomap: a) resolution 0,1 Nm; b) resolution 0,5 Nm.

Wsparciem informatyczno-organizacyjnym planowania i koordynowania poszukiwań jest komputer wraz z opracowanymi dla tych celów programami informatycznymi. Takie rozwiązanie pozwala na uzyskanie większej dokładności pozycji łodzi ratowniczej niż przy standardowym pomiarze zainstalowanym na niej jednym odbiornikiem GPS. W tym kontekście w trakcie realizacji projektu opracowana została metoda uzyskiwania 20 cm dokładności pozycjonowania łodzi ratowniczej. Polega ona na wykorzystaniu do wyznaczania na bieżąco poprawek różnicowych dla poszczególnych satelitów poprzez odbiornik (stacjonarny) ustawiony w dokładnie wyznaczonym punkcie (np. przez pomiar geodezyjny). Drugi odbiornik (ruchomy) zainstalowany na łodzi przesyła pozycje za pomocą GSM do komputera znajdującego się na stanowisku kierowania. Poprawki są transmitowane również do tego samego komputera, co pozwala na wyeliminowanie większości błędów (gdyż błędy obserwowane na małym obszarze są skorelowane). Przyjęto, że czas rejestracji pozycji w poszczególnych danych jest jego stemplem, czyli identyfikatorem. Do wyznaczenia poprawionej pozycji łodzi wykorzystano skrypt napisany przez Kirka Kuykendalla. Takie rozwiązanie pozwala wizualizować pozycję łodzi na mapie obsługiwanej przez komputer punktu kierowania akcją z założoną dokładnością.

Przedstawione rozwiązanie pozwala uzyskać dokładność wystarczającą do koordynowania poszukiwań na akwenach wodnych w nocy, a jednocześnie obniżyć koszty całego systemu o zakup nawigacji inercyjnej. Doświadczenia wykonywane w trakcie realizacji projektu wykazały, że urządzenia nawigacji inercyjnej współpracujące z odbiornikami GPS używanymi na łodziach motorowych pozwalały uzyskiwać dokładność pozycji rzędu 15 cm. Dokonując zestawienia kosztów urządzeń i dokładności pozycjonowania, uznano, że korzystniejsza i możliwa do stosowania na większą skalę jest przedstawiona powyżej metoda.

4. Sprawdzenie łodzi motorowej dostosowanej do prowadzenia poszukiwań w nocy i systemu wizyjno-koordynacyjnego w warunkach rzeczywistych

Głównym celem badań środowiskowych była praktyczna weryfikacja poprawności, skuteczności i efektywności działania zaproponowanego rozwiązania. W trakcie eksperymentów prowadzonych głównie na wodach Zatoki Gdańskiej, praktycznej weryfikacji poddane zostały zasadność zmian konstrukcyjnych na łodzi, jak również współdziałanie zlokalizowanego na brzegu systemu wizyjno-koordynacyjnego z łodzią. Każdy eksperyment był przeprowadzany w podobny sposób, w pierwszym etapie umieszczano cel poszukiwań – jedną z pław pomiarowych, na żądanej pozycji w wodach Zatoki Gdańskiej. Przyjęto, że z pewnymi uogólnieniami ten etap badań może odzwierciedlać zaistniały wypadek morski. Następnie przez pewien czas (od 1 h do 2 h) pozwalano, by cel poszukiwań – pława pomiarowa, podobnie jak to się dzieje w rzeczywistych poszukiwaniach w sytuacjach SAR, swobodnie dryfowała pod naporem sił środowiska morskiego. W tym czasie dysponując już parametrami wejściowymi do obliczeń: pozycją zaistniałego wypadku morskiego – pozycją wystawienia pławy pomiarowej, parametrami geofizycznymi środowiska morskiego otaczającego cel poszukiwań oraz pewnymi przybliżeniami kształtu i charakterystyk dryfowych etc., dokonywano wstępnej symulacji scenariusza poszukiwań. Wszelkie obliczenia związane z planowanym wykonaniem praktycznego poszukiwania nawodnego wykonywane były przez system wizyjno-koordynacyjny. Po upływie zadanego czasu dryfowania rozwiązane zadanie poszukiwania nawodnego nanoszone było na mapę w postaci serii współrzędnych tzw. „waypointów".

Na pokładzie łodzi ratowniczej, podobnie jak to się dzieje w rzeczywistości, znajdowały się trzy osoby: sternik i dwóch obserwatorów, których zadaniem było odszukanie na powierzchni morza poszukiwanego obiektu – pławy pomiarowej w kolorze żółtym. Obserwatorzy poszukujący pławy pomiarowej byli wykwalifikowanymi motorowodniakami. Każdorazowo poszukiwania trwały do chwili wykrycia przez obserwatorów poszukiwanego obiektu. Zakończeniem każdej z prób było manewrowanie w pobliżu pławy na różnych kursach i w zróżnicowanym oświetleniu.

W trakcie doświadczenia na wodzie operator znajdujący się w brzegowym stanowisku kontrolnym miał podgląd na realizację zadania oraz ewentualne odchylenia od profili poszukiwania etc. Było to możliwe dzięki otrzymywaniu drogą radiową z odbiornika GPS, znajdującego się na pokładzie łodzi ratowniczej, ciągłej transmisji pozycji w standardzie NMEA 0183, która wczytywana była do elektronicznej mapy nawigacyjnej. Ponadto operator obsługujący brzegowe stanowisko kontrolne w każdej chwili mógł zlokalizować poszukiwany obiekt, dzięki zainstalowanemu wewnątrz pławy pomiarowej nadajnikowi GSM połączonemu z odbiornikiem systemu GPS.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.12

Eksperymenty prowadzone były w różnych warunkach hydrometeorologicznych, jak również w warunkach zróżnicowanego oświetlenia (księżyc). W trakcie doświadczenia przeprowadzany był eksperyment praktyczny związany z określeniem średniego zasięgu wykrycia dla wybranego celu, warunków hydrometeorologicznych i oświetlenia (księżyc).

Analizując zebrane, dane można było stwierdzić, że proponowane rozwiązanie jest poprawne pod względem przyjętych założeń. Wszystkie misje poszukiwawcze zakończyły się powodzeniem. Obiekt był wykrywany w różnych odległościach w zależności od oświetlenia pochodzącego od księżyca. Najlepsze rezultaty uzyskiwano, gdy księżyc był w pełni, ale przykryty cienka warstwą chmur. Należy wnioskować, że w takich warunkach następuje równomierne rozproszenie światła. Noktowizory w tych warunkach pozwalały wykrywać obiekt z 250 m, a identyfikować z 170 m. Podczas innych faz księżyca zasięgi wykrycia i identyfikacji zmniejszały się od 10 do 20 procent. Ważnym spostrzeżeniem jest również to, że prędkość poszukiwań musi być również dobierana w zależności od ilości światła.

5. Podsumowanie

Organizowany ze względu na swoją specyfikę system ratownictwa wodnego wydaje się być najbardziej podatny na implementację struktur sieciocentrycznych. W aspekcie sieci powiązań system wymiany informacji geograficznej wydaje się być, zdaniem autorów, elementem najbardziej dojrzałym do prób implementacji sieciocentryczności na gruncie polskim. Z samej swej istoty system ten stanowił powiązania systemów na długo przed pojawieniem się pojęcia NCW.

W niniejszej pracy starano się wykazać, że właściwym sposobem radzenia sobie z integracją przestrzennych danych środowiskowych w procesie planowania działań operacyjnych w rejonie wód śródlądowych i przybrzeżnych jest usieciowienie sposobów powiązania informacji. Autorzy przedstawili sposoby, które można z powodzeniem wykorzystać do stworzenia podstaw planowania poszukiwań na akwenach wodnych w warunkach nocnych poprzez uzupełnianie dotychczasowego systemu o mapy elektroniczne zespolone z danymi środowiskowymi oraz równoczesne zwiększenie dokładności pozycjonowania podmiotów poszukujących. Uzyskana tym sposobem platforma sieciocentryczna pozwala również na wykorzystanie jej do symulowania działań.

Tym sposobem wyszczególnione na ryc. 1 brzegowe stanowisko kierowania poszukiwaniami nawodnymi sprowadzało się będzie li tylko do dysponowania na miejscu laptopem z systemem łączności.

Przedstawione rezultaty badawcze projektu wpisują się w *Krajowy Program Badań. Założenia polityki naukowo-technicznej i innowacyjnej państwa* z 2011 r., gdzie w rozdziale VII (*Bezpieczeństwo i obronność państwa*) wskazuje się, że priorytetowymi obszarami rozwoju technologii w sferze bezpieczeństwa wewnętrznego są nowoczesne technologie i innowacyjne rozwiązania w zakresie wykrywania, zwalczania i neutralizacji zagrożeń, a w rozdz. IV – *Technologie priorytetowe wynikające ze zdolności operacyjnych* w zakresie zarządzania informacją. Realizowany projekt odpowiada również na potrzeby rynku sprecyzowane w kolejnym dokumencie programowym pt. *Długoterminowy plan rozwoju priorytetowych obszarów badawczych w zakresie techniki i technologii obronnych na lata 2007-2019* z 2006 r. W rozdz. V *Technologie przełomowe* wskazuje się na potrzebę rozwijania – systemów informacyjnych. Obydwa wspomniane dokumenty są kompatybilne ze *Strategią Rozwoju Systemu Bezpieczeństwa Narodowego RP 2012-2022* z 2012 r., jak również z *Białą księgą bezpieczeństwa narodowego RP* z 2013 r., gdzie odpowiednio rozdział IV wskazuje na potrzebę tworzenia warunków do rozwoju zintegrowanego systemu bezpieczeństwa narodowego (pkt 2 Cel 5), a rozdz. IV drugiego dokumentu pt. *Koncepcja przygotowania systemu bezpieczeństwa narodowego* traktuje o jego strategii preparacyjnej. Jak wynika z powyższych dokumentów, w obecnej sytuacji istnieje pilna potrzeba opracowania tematyki objętej niniejszym projektem.

Prezentowane rozwiązania mają zastosowanie w praktyce, stwarzając możliwości do skutecznego prowadzenia działań ratowniczych w warunkach ograniczonej widoczności i w nocy. Są to rozwiązania potrzebne i oczekiwane do wdrożenia, być może wymagające określonej implementacji i dostosowania do potrzeb i oczekiwań poszczególnych służb.

Prace badawcze finansowane były w ramach projektu celowego nr UDA-POIG.01.04.00-22-008/11-00, „Opracowanie innowacyjnego systemu wizyjnego dla ratownictwa wodnego przez firmę SPORTIS S.A.” finansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego.

Literatura

1. Popis J., *Możliwość wykorzystania węży pożarniczych W-75 w akcji ratowania tonącego,* BiTP Vol. 17 Issue 1, 2010, pp. 141-146.
2. *Zasady organizacji ratownictwa wodnego w Krajowym Systemie Ratowniczo-Gaśniczym*, KG PSP, Warszawa, 2012.
3. Pyrchla J., Przyborski M., Środowiskowy system informacji geograficznej elementem zabezpieczenia działań operacyjnych w strefie przybrzeżnej, „Roczniki Geomatyki” Tom IX, Zeszyt 1, Warszawa, 2011.
4. Pyrchla J., Przyborski M., *Fuzja systemów ECDIS i GIS na terenach portów*, „Roczniki Geomatyki”, Tom IX, Zeszyt 1, Warszawa, 2011.
5. Zieliński M., *Rozwiązania sieciocentryczne* w siłach morskich, „Zeszyty Naukowe AON” Vol. 58 Issue 1, 2005.
6. Zieliński M., *Cooperative Engagement Capabilitry (CEC), a obrona zespołu okrętów*, Materiały z XI Konferencji nt.: „Automatyzacja dowodzenia”, Pieczyska, 2003.
7. Pyrchla J., *Wpływ danych geoinformatycznych na planowanie akcji ratowniczych w polskiej strefie SAR,* „Roczniki Geomatyki”, Tom VIII, Zeszyt 1, Warszawa, 2010.
8. Pyrchla J., *Geoinformacja a ratownictwo morskie w świetle badań dryfu małych obiektów w rejonie Bałtyku Południowego*, „Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji” Zeszyt XVIII, 2008.
9. Pyrchla J., *Zastosowanie teorii zbiorów rozmytych do reprezentacji informacji wzrokowych wspomagających lokalizację obiektów na powierzchni morza,* AGH Uczelniane Wydawnictwo Naukowo-Dydaktyczne, Kraków, 2008.

10. Pyrchla J., Kowalewski M., *Dokładność przestrzennych danych z hydrodynamicznych modeli Bałtyku a bezpieczeństwo w polskim rejonie odpowiedzialności SAR*, „Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji" Zeszyt XIX, 2009.
11. Kowalewska-Kalkowska H., Kowalewski M., *Hydrological forecasting in the Oder Estuary using a three-dimensional hydrodynamic model*, "Hydrobiologia" Vol. 554 Issue 1, 2006.
12. Kowalewski M., *An operational hydrodynamic model of the Gulf of Gdańsk, in Research works based on the ICM's UMPL numerical prediction system results*, Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, 2001.

dr hab. inż. Jerzy Pyrchla – absolwent Wyższej Szkoły Marynarki Wojennej, doktor habilitowany nauk technicznych w dyscyplinie geodezja i kartografia Wydziału Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie, komandor rezerwy Marynarki Wojennej RP. Profesor Akademii Morskiej w Szczecinie.

bryg. dr inż. Jacek Zboina – pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej Państwowym Instytucie Badawczym na stanowisku p.o. Dyrektora CNBOP-PIB. Specjalizuje się w ochronie przeciwpożarowej, technicznych systemach zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz ocenie zgodności. Absolwent studiów dziennych inżynierskich i uzupełniających studiów magisterskich w Szkole Głównej Służby Pożarniczej, ukończył również studia podyplomowe Menedżer Innowacji w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie. Stopień naukowy doktora nauk społecznych w zakresie nauk o bezpieczeństwie uzyskał w Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni na Wydziale Dowodzenia i Operacji Morskich. Oficer PSP. Rzeczoznawca Komendanta Głównego PSP ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych.

prof. dr hab. Mariusz Zieliński – absolwent Wyższej Szkoły Marynarki Wojennej, Akademii Wojskowej NAL NRD w Dreźnie oraz Akademii Dowodzenia Bundeswehry w Hamburgu, oficer rezerwy Marynarki Wojennej RP. Wizytator Polskiej Komisji Akredytacyjnej oraz ławnik Odwoławczej Izby Morskiej w Gdyni. Profesor Akademii Marynarki Wojennej oraz Wyższej Szkoły Administracji i Biznesu w Gdyni.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.13

dr inż. **Dorota RIEGERT**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 1.09.2013;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 25.07.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

DORAŹNE METODY OCHRONY PRZED POWODZIĄ

Temporary Flood Protection Measures

Временные методы защиты от наводнения

Abstrakt
Cel: Artykuł ma na celu podsumowanie i usystematyzowanie informacji dotyczących doraźnych metod ochrony przed powodzią.
Wprowadzenie: Artykuł porusza trudną tematykę, jaką jest ochrona przeciwpowodziowa. W pracy scharakteryzowano zjawisko powodzi i omówiono poszczególne jej rodzaje z podziałem na rozmiar oraz genezę pochodzenia. Omówiono również krótko najważniejsze akty prawne – europejskie i krajowe, w tym: Dyrektywę 2007/60/We Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim zwanej potocznie Dyrektywą Powodziową, Rozporządzenie Ministra Środowiska, Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Ministra Administracji i Cyfryzacji oraz Ministra Spraw Wewnętrznych w sprawie opracowania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego.
W artykule poruszono również niezmiernie ważną kwestię, jaką jest rola edukacji w poprawie bezpieczeństwa przeciwpowodziowego. Każda z osób mieszkających na terenach zagrożonych zalaniem powinna zdawać sobie sprawę z ewentualnego zagrożenia i w razie potrzeby wiedzieć, jak należy postępować w takich sytuacjach.
W pracy scharakteryzowano stałe metody ochrony przed powodzią, do których zalicza się między innymi wały przeciwpowodziowe, zbiorniki retencyjne i poldery. Oprócz stałych metod ochrony przed powodzią stosuje się również różnego rodzaju doraźne zabezpieczenia – od popularnych worków z piaskiem, poprzez rękawy przeciwpowodziowe, do płotów przeciwpowodziowych. Podjęto również próbę przedstawienia dostępnych na rynku różnego rodzaju doraźnych zabezpieczeń przed powodzią, wśród których między innymi wymienić należy różnego typu rękawy przeciwpowodziowe różniące się między sobą przekrojem, wymiarami oraz materiałem, z którego zostały wykonane. Dodatkowo omówiono również pionowe zapory przeciwpowodziowe, a także scharakteryzowano i opisano główne zalety innych dostępnych na rynku doraźnych zabezpieczeń przed powodzią – płotów przeciwpowodziowych i barier szklanych. W artykule poruszono również tematykę związaną ze sprzętowym zabezpieczeniem terenów zagrożonych powodziami w różnego typu kontenery przeciwpowodziowe takie jak: kontenery przeciwpowodziowe z pompami do wody zanieczyszczonej typu KPpPm, kontenery przeciwpowodziowe z łodziami typu KPpŁ, kontenery przeciwpowodziowe z zaporami typu KPpZ.
Metody: Analiza literatury oraz dokumentów źródłowych firm produkujących doraźne metody ochrony przeciwpowodziowej oraz dokumentów Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej
Wnioski: Artykuł porusza tematykę bardzo istotną z punktu widzenia zmian klimatycznych i wydarzeń ostatnich lat, gdy coraz częściej powodzie pokazują swoją siłę. W pracy pokazane są podstawowe metody ochrony przed tą niszczycielską siłą natury, które mogą być stosowane w ramach potrzeby zarówno doraźnej ochrony, jak i ochrony stałej.

Słowa kluczowe: powódź, Dyrektywa Powodziowa, doraźne metody zabezpieczeń przed powodzią, rękawy przeciwpowodziowe
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Abstract:
Aim: The article aims to summarize and systematize information about temporary flood protection measures.
Introduction: The article broaches the difficult issue of flood protection and describes flood incidents with an illustration of types, by grouping incidents according to size and origin. It also presents a brief overview of the most important European and national laws such as: Directive 2007/60/EC of the European Parliament and European Council, dated 23 October 2007, dealing with assessment and management of flood risks - commonly referred as the Flood Directive, Regulation of the Minister of the Environment, Regulation of the Minister of Transport, Construction and Maritime Affairs, the Minister of Administration and Digitization and the Minister of Home Affairs concerning the development of flood hazard and flood risk maps. The article also presents an extremely important issue concerning the role of education in improving flood safety - everyone who lives in flood risk areas should be aware of potential risks and, where appropriate, apply themselves accordingly. The article describes permanent flood protection measures including levees,

[1] Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy, ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów k/Otwocka; e-mail:driegert@cnbop.pl / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland;

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.13

reservoirs and polders. In addition to these there is a range of temporary solutions, commencing with popular sandbags and flood sleeves and, culminating with flood fences. An attempt was made to present a range of short-term flood protection solutions currently available on the market such as the range of flood sleeves which, differ from each other by cross-section dimensions and material from which they are made. Additionally, the article examines the application of vertical flood barriers and explores the most important advantages of other commercially available temporary flood protection measures, including fences and glass barriers. Furthermore, the article also addresses issues concerning equipment used in areas exposed to the risk of flooding. These include storage containers and equipment such as: containers with pumps for contaminated floodwater - KPpPm type, containers with boats – KPpŁ type, flood containers with barriers type KPpZ.
Methods: Examination of manufacturers equipment documentation and documents held by the National Headquarters of the State Fire Service of Poland.
Conclusions: The article addressed a significant issue associated with climate change and trends covering the recent past which, increasingly reveal the significant power of flooding. The paper illustrates fundamental protection approaches against the destructive force of nature, which can be used for temporary as well as permanent solutions.

Keywords: flood, Flood Directive, temporary flood protection measures, flood sleeves
Type of article: review article

Аннотация
Цель: Целью статьи является подведение итогов и систематизирование информации, касающейся временных методов защиты от наводнения.
Введение: Статья поднимает сложную тематику, которой является защита от наводнений. В работе охарактеризовано явление наводнения и оговорены его отдельные типы, вместе с классификацией по размерам и генезисом происхождения. Также представлен короткий обзор важнейших европейских и национальных правовых актов, таких как Директива 2007/60/We Европарламента и Евросовета от 23 октября 2007 г. по оценке и управлении рисками, связанными с наводнениями, так называемая „Директива о наводнениях", Распоряжение Министра Окружающей Среды, Министра Транспорта, Строительства и Морского Хозяйства, Министра Администрации и Цифровизации, а также Министра Внутренних Дел по разработке карт угроз наводнений, а также карт риска наводнений.
В статье затронуто также необыкновенно важный вопрос: роль образования в улучшении безопасности от наводнения. Каждый человек живущий на территориях, которые могут быть затоплены должен осознавать возможную угрозу, и в случае необходимости знать каким образом надо себя вести в таких ситуациях. В работе охарактеризованы постоянные методы защиты от наводнения, которые включают в себя противопаводковые дамбы, противопаводковые водохранилища и польдеры. Кроме стационарных методов защиты от наводнений, применяется также разного вида временные меры безопасности, начиная с популярных мешков с песком, противопаводковых рукавов, и заканчивая противопаводковыми заграждениями. Была также сделана попытка представить существующие на рынке разного рода временных способов защиты от наводнений, среди которых, также можно перечислить разного рода противопаводковые рукава, отличающиеся друг от друга сечением, размером и материалом из которого были сделаны. Дополнительно, рассмотрены также вертикальные защитные дамбы, а также охарактеризованы и описаны важнейшие преимущества других доступных на рынке временных защитных сооружений - противопаводковых заграждений и стеклянных барьеров. Кроме того, в статье также затронута тематика, связанная с аппаратным обеспечением районов, которые могут быть затоплены, разного рода контейнерами для помощи при наводнениях такими как: противопаводковые контейнеры с насосами для загрязненной воды типа KPpPm, противопаводковые контейнеры с лодками типа KPpŁ и противопаводковые контейнеры с дамбами типа KPpZ.
Методы: Анализ публикаций и исходных документов фирм, производящих временные методы защиты от наводнений и документов Главной Комендатуры Государственной Пожарной Службы.
Выводы: Статья затрагивает очень важную тематику с точки зрения климатических изменений и событий за последние годы, когда всё чаще наводнения показывают свою силу. В работе показаны основные методы защиты от этой разрушительной силы природы, которые могут применяться как в рамках временной так и постоянной защиты.

Ключевые слова: наводнение, Директива о наводнениях, временные методы защиты от наводнения, противопаводковые рукава
Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Powódź jest przejściowym zjawiskiem hydrologicznym, najczęściej polegającym na gwałtownym wezbraniu wody w rzekach lub morzu, powodującym zalewanie, podtapianie lub zatapianie znacznych obszarów lądowych, przynoszącym jednocześnie znaczne straty materialne i ekonomiczne. Powodzie mogą powodować ofiary śmiertelne, wysiedlenia i przesiedlenia osób, a także szkody w środowisku i gospodarce [1]. Powodzie uznawane są za jedne z najbardziej niszczycielskich klęsk żywiołowych [2].

Wyróżnia się wiele rodzajów powodzi, które można podzielić ze względu na przestrzenny zasięg występowania lub ze względu na przyczynę i proces powstawania. Wyszczególnia się powodzie:

- małe – występujące na małym terenie – lokalnie,
- średnie – czyli o zasięgu regionalnym, ale nie mające wpływu na funkcjonowanie kraju,
- duże – występujące na terenie kraju lub dużej jego części, przeważnie zakłócające i uniemożliwiające normalne funkcjonowanie państwa.

Natomiast jeżeli chodzi o podział powodzi ze względu na źródło i proces ich powstawania, to przede wszystkim wyróżnia się:

- powodzie opadowe, czyli powstające w wyniku nagłych i gwałtownych opadów deszczów, które zasilają zlewnie rzeczne i są transformowane w wezbranie rzeczne,
- powodzie roztopowe – spowodowane szybkim topnieniem pokrywy śnieżnej, transformowanej jak wyżej,
- powodzie zatorowe – powodowane szybkim topnieniem pokrywy śnieżnej z jednoczesnym zatrzymywaniem kry lodowej na rzekach, uniemożliwiającej swobodny przepływ wody,
- powodzie sztormowe spowodowane silnymi często nawalnymi wiatrami na zalewach lub wybrzeżach morskich.

Powódź jest jedną z najgroźniejszych i najbardziej niszczycielskich klęsk żywiołowych [2]. Walka z nią jest wciąż aktualnym ogólnoświatowym problemem. Istnieje wiele metod ochrony przed powodzią, wśród których należy wymienić: środki administracyjno-organizacyjne, ekonomiczne i techniczne.

Poprzez środki administracyjno-organizacyjne należy rozumieć działalność komitetów przeciwpowodziowych, których zadaniem jest organizowanie i kierowanie akcją, likwidacja skutków powodzi, opracowywanie map obszarów zagrożonych, a także opracowywanie planów ewakuacji ludności z zagrożonych terenów. Do tego typu środków ochrony zalicza się także działanie centrów antykryzysowych na szczeblach regionalnym, wojewódzkim i krajowym, do obowiązków których należy zarządzanie i koordynacja różnorodnych działań ratowniczych prowadzonych przez straż pożarną, policję i wojsko. W tej grupie należy również wyróżnić system monitoringu i osłony kraju, w ramach działalności Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, który polega na obserwacji, prognozie i ostrzeganiu ludności przed ekstremalnymi zjawiskami pogodowymi mogącymi powodować zagrożenie zdrowia i życia.

Niezwykle ważnym elementem w tej grupie środków walki z powodziami jest również edukacja ludności terenów zagrożonych wystąpieniem powodzi, która opiera się przede wszystkim na przeprowadzaniu szkoleń dla zagrożonej ludności i opracowywaniu materiałów edukacyjnych takich jak np. broszura *Powódź. W obliczu zagrożenia* [3] opracowana przez Rządowe Centrum Bezpieczeństwa. Broszura ta zawiera najważniejsze informacje i podstawowe pojęcia związane z powodzią, jak również wskazówki dotyczące przygotowania się do nadejścia powodzi oraz zasad postępowania w jej trakcie. Działania, które powinny zostać podjęte przed wystąpieniem powodzi, to między innymi: zapoznanie się z informacjami o zagrożeniu, różnorodnych możliwościach ubezpieczenia osób i mienia, o ewakuacji oraz stosowanych na danym terenie systemach ostrzegania przed nadchodzącym zagrożeniem, podstawowych metodach zabezpieczania budynków czy też stworzenie rodzinnego planu powodziowego. W broszurze RCB znajdują się również informacje dotyczące przygotowania się do nadejścia powodzi, aby w maksymalny sposób zmniejszyć ewentualne straty. W ulotce tej zawarte są także informacje o ewakuacji z zagrożonego terenu. Kolejne części zawierają informacje o ewakuacji i o postępowaniu po powodzi. Z broszury tej można dowiedzieć się, gdzie można uzyskać pomoc finansową i jakiego typu może to być wsparcie, a także jak należy oczyścić dom z wody, która zalała mieszkanie.

Wśród środków ochrony przed powodzią wyróżnia się działania ekonomiczne takie jak różnorodne typy polis ubezpieczeniowych i wynikające z nich odszkodowania. Ten typ ochrony przed powodzią obejmuje również regulacje prawne dotyczące wysokości podatków dla ludności zamieszkującej tereny zagrożone powodziami.

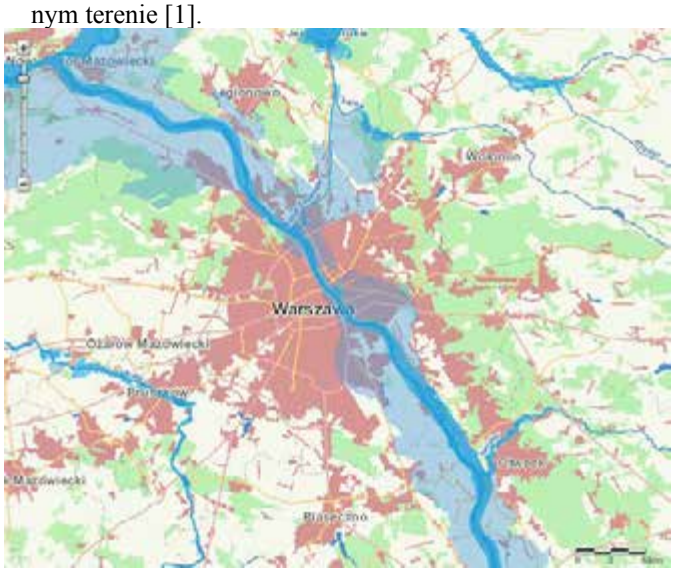
Trzecia grupa środków ochrony przed powodzią obejmuje techniczne środki ochrony, które w pierwszej kolejności dzieli się na środki ochrony czynnej i środki ochrony biernej. Środki ochrony czynnej mają na celu ograniczyć wielkość powodzi, czyli zwiększyć ilość retencjonowanej wody, a tym samym zmniejszyć odpływ i zredukować natężenie występowania wielkich powodzi. Do środków tych należą między innymi: retencyjne przystosowanie zlewni, tworzenie i utrzymywanie w dobrej kondycji wielozadaniowych zbiorników retencyjnych posiadających rezerwę powodziową, suchych zbiorników i polderów retencyjnych. Retencyjne przystosowanie zlewni polega w głównej mierze na zapewnieniu zdolności dorzecza do zatrzymania wody, która zależy od ukształtowania terenu oraz szaty roślinnej. Natomiast zadaniem tak zwanych suchych zbiorników jest skuteczne zmniejszanie fali powodziowej z jednoczesnym zachowaniem naturalnego przepływu w korycie rzeki w okresach pozapowodziowych [4]. Większość suchych zbiorników występujących na terenie Polski zlokalizowana jest w Sudetach na obszarze odrzańskich dopływów województwa opolskiego i dolnośląskiego. Zbudowano je w latach 1905-1929, ale do tej pory są w dobrym stanie technicznym i spełniają swoją funkcję. Poldery natomiast są to tereny na zawalach zazwyczaj w dolinach dużych rzek, przeznaczone do zalania w celu obniżenia kulminacji fal powodziowych [5]. Środki ochrony biernej są to środki, których głównym celem jest ograniczenie częstotliwości występowania zagrożenia powodziowego. Do środków tych zalicza się między innymi: wały przeciwpowodziowe, regulację rzek, kanały ulgi.

Ograniczanie skutków powodzi w głównej mierze można sprowadzić do dwóch sposobów postępowania: trzymania powodzi z daleka od ludzi lub trzymania ludzi z dala od powodzi.

Do trzymania ludzi daleko od powodzi, ale przede wszystkim do racjonalnego zarządzania ryzykiem powodziowym, Unia Europejska zobowiązała państwa członkowskie Dyrektywą nr 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim, zwaną popularnie Dyrektywą Powodziową [1]. Jej zapisy wymusiły na wszystkich krajach członkowskich przygotowanie map zagrożenia i map ryzyka powodziowego do końca roku 2013. Metodykę opracowania takich map w Polsce określa Rozporządzenie Ministra Środowiska, Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Ministra Administracji i Cyfryzacji oraz Ministra Spraw Wewnętrznych [6] w sprawie opracowania map

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.13

zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego [7], respektujące wymagania Dyrektywy Powodziowej [1]. Mapy zagrożenia powodziowego mają pokazywać zasięg występowania powodzi, głębokość wody i tam, gdzie jest to możliwe, prędkość przepływu wody [1]. Na ryc. 1 przedstawiono przykładową mapę zagrożenia powodziowego dla miasta stołecznego Warszawy. Natomiast mapy ryzyka przedstawiają potencjalne negatywne skutki związane z powodzią. Na tych mapach zawarte są informacje o liczbie mieszkańców danego terenu oraz o sposobie użytkowania terenu, jego zagospodarowaniu i rodzajach działalności gospodarczej prowadzonej na danym terenie [1].



Ryc. 1. Mapa zagrożeń powodziowych dla Warszawy [8]
Fig. 1. Flood hazard map for Warsaw [8]

Mapy powodziowe są tworzone przede wszystkim, by uniknąć niebezpiecznych zdarzeń podczas powodzi. Dzięki nim każdy może dowiedzieć się, czy jest zagrożony i jakie jest ryzyko wystąpienia powodzi na danym obszarze. Mapy te pokazują, gdzie można bezpiecznie się osiedlać i budować domy. Informacje zawarte na mapach pokazują również, na których terenach należy szczególnie informować i ostrzegać ludność przed ewentualnym nadchodzącym zagrożeniem, a także mieszkańcy zagrożonego terenu mogą dowiedzieć się o możliwości zaistnienia niebezpieczeństwa, dzięki czemu zawczasu mogą ubezpieczyć siebie i swój dobytek. Tego typu opracowania pokazują również, na których obszarach powinno zintensyfikować się działania mające na celu poprawę bezpieczeństwa powodziowego, a co za tym idzie, przeznaczyć nakłady finansowe na przykład na rozwój infrastruktury hydrotechnicznej (budowle wraz z urządzeniami i instalacjami technicznymi z nimi związanymi, służące gospodarce wodnej oraz kształtowaniu zasobów wodnych i korzystaniu z nich, w tym: zapory ziemne i betonowe, jazy, budowle upustowe z przelewami i spustami, przepusty wałowe i mnichy, śluzy żeglugowe, wały przeciwpowodziowe, siłownie i elektrownie wodne, ujęcia śródlądowych wód powierzchniowych, wyloty ścieków, czasze zbiorników wodnych wraz ze zboczami i skarpami, pompownie, kanały, sztolnie, rurociągi hydrotechniczne, syfony, lewary, akwedukty, budowle regulacyjne na rzekach i potokach, progi, grodze, nadpoziomowe zbiorniki gromadzące substancje płynne i półpłynne, porty, baseny, zimowiska, pirsy, mola, pomosty, nabrzeża, bulwary, pochylnie i falochrony na wodach śródlądowych, przepławki dla ryb [9]). Mapy zagrożenia powodziowego wskazują również obszary, na których powinno wprowadzić się ograniczenia: budowy domów, oczyszczalni ścieków, urządzeń wodnych, lokalizowania magazynów chemicznych, składowania odpadów niebezpiecznych.

Dyrektywa Powodziowa [1] zobowiązuje wszystkie kraje Unii Europejskiej do opracowania i publikacji planów zarządzania ryzykiem powodziowym do dnia 22 grudnia 2015. Plany te powinny przede wszystkim obejmować działania mające na celu zapobieganie, ochronę i prognozowanie powodzi oraz systemy ostrzegania. Dodatkowo mogą one uwzględniać elementy zagospodarowania przestrzennego, retencję wód oraz kontrolowane zalewanie wybranych obszarów w przypadku wystąpienia powodzi [1].

Drugą metodą ochrony przed powodzią jest trzymanie ludzi z daleka od powodzi. W głównej mierze robi się to poprzez budowę i wykorzystanie: zbiorników retencyjnych, wałów przeciwpowodziowych, kanałów ulgi i polderów.

Głównym zadaniem zbiorników retencyjnych jest magazynowanie wody w okresach jej nadmiaru w celu wykorzystania w okresach jej niedoboru (np. zbiorniki Solina, Rożnów, Jeziorsko, Goczałkowice) [10]. Dodatkowo mogą one być wykorzystywane do produkcji energii lub w celach rekreacyjnych.

Kanały ulgi stosuje się często w miastach, w których zabudowa zlokalizowana jest blisko rzeki, a zagrożenie przerwania wałów jest duże. Są to sztucznie przekopane koryta rzeczne, które powyżej miasta pobierają część wody z rzeki i odprowadzają ją do niej poniżej miasta. Dzięki temu obniża się poziom wody w rzece. W Polsce w ten sposób zwiększona została przepustowość koryta rzeki w Śremie, Koninie, Kole i Poznaniu oraz Raciborzu, Opolu i Wrocławiu.

Polder retencyjny to obszar doliny rzeki, normalnie chroniony wałami, który w przypadku wysokich stanów wód może być zalany dla obniżenia kulminacji fali. Do wpuszczenia i później wypuszczenia wody z polderu stosuje się specjalne urządzenia wałowe. Jednym z największych polderów w Polsce jest polder Buków ukończony w 2002 roku.

Wały przeciwpowodziowe to sztuczne usypiska, czyli ziemne obiekty techniczne, w kształcie pryzmy najczęściej o trapezowym przekroju poprzecznym. Budowane są wzdłuż rzek w pewnym oddaleniu od ich koryt tak, aby tworzyć dodatkową przestrzeń dla ewentualnych wód powodziowych. Ich głównym zadaniem jest ochrona terenów zagospodarowanych przed zalaniem. Wały przeciwpowodziowe dobrze sprawdzają się podczas małych i średnich powodzi, a przy dużych, w których zwierciadło przepływu kulminacyjnego przewyższa rzędną korony wału, dają jedynie więcej czasu na ewakuację ludzi z terenów do nich przyległych. Wały przeciwpowodziowe są najpopularniejszą stosowaną w Polsce metodą ochrony z „wielką wodą" i jest ich około 8500 km. Jednakże

mimo że jest ich dużo, to nie są niezawodne, o czym mogliśmy przekonać się podczas historycznej powodzi mającej miejsce w 2010 roku w Polsce, kiedy to doszło do uszkodzenia prawie 1300 km wałów przeciwpowodziowych [11].

2. Doraźne metody ochrony przed powodzią

Poza stałymi środkami ochrony przeciwpowodziowej istnieje wiele różnorodnych doraźnych technik ochrony przeciwpowodziowej, do których można zaliczyć między innymi: worki z piaskiem, rękawy przeciwpowodziowe, bariery przeciwpowodziowe.

Worki z piaskiem są najczęściej stosowanym doraźnym sposobem umacniania i uszczelniania wałów przeciwpowodziowych. Jest to bardzo prosta metoda, bowiem nie wymaga dodatkowej wiedzy ani specjalnych umiejętności. Należy jedynie pamiętać, by worki napełniano piaskiem do ok. 80% i układano w tak zwany sposób mijankowy, czyli podobnie jak cegły tworzące mur. Worki z piaskiem mogą chronić i wzmacniać wały przeciwpowodziowe lub ochraniać budynki przed zalaniem. Mimo wielu zalet tej doraźnej metody zabezpieczenia terenu przed zalaniem jest ona pod pewnymi względami problematyczna podczas prowadzenia akcji przeciwpowodziowej. Do podstawowych wad tej metody należy zaliczyć dużą pracochłonność i czasochłonność wykonania, a także bardzo często spotykany niedobór piasku niezbędnego do napełniania worków.

Dobrą alternatywą dla worków z piaskiem są tak zwane rękawy przeciwpowodziowe. Na rynku dostępne są rękawy wykonane z różnorodnych materiałów: tkaniny poliestrowej pokrytej dwustronnie polichlorkiem winylu w mieszance z poliuretanem [12], folii polietylenowej [13], z różnego rodzaju tkanin wzmacnianych siatką [14], gumowanej dwustronnie tkaniny poliestrowej [15] i innych. Różnią się one między sobą również budową. Wyróżnia się rękawy o przekrojach kołowych, eliptycznych czy trapezowych, a także jedno-, dwu- i wielokomorowe. Rękawy różnego typu mają również dodatkowy osprzęt ułatwiający ich sprawianie, czyli rozstawianie na chronionym terenie. Do tego osprzętu zalicza się: odpowietrzniki, zawory, kołnierze do mocowania rękawów między sobą, relingi, pasy itp. Rękawy poziome produkowane są w różnych długościach: 5 m, 10 m i 25 m. Jednak najbardziej optymalną długość mają rękawy 10-metrowe. Do podstawowych zalet tego typu wyrobów należy zaliczyć przede wszystkim możliwość napełniania ich wodą powodziową. Dodatkowo do rozstawienia jednego odcinka o długości 10 m potrzeba kilku ludzi (2-5), dostępu do źródła wody, a czas sprawienia wynosi zaledwie około 5 minut. Natomiast do zbudowania zapory o takich samych wymiarach potrzeba około 200 szt. worków z piaskiem i dużo więcej czasu, energii i ludzi.

Ryc. 2. Przykładowy rękaw o przekroju trapezowym [16]
Fig. 2. An example of a trapezoidal flood sleeve (inflatable flood barrier) [16]

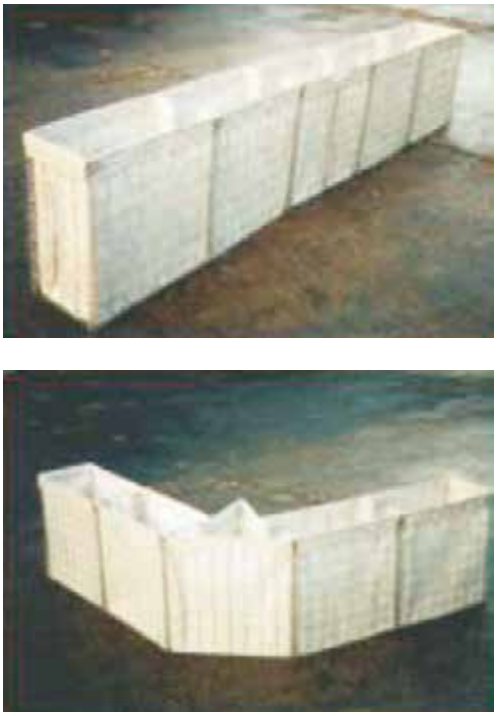
Ryc. 3 Przykładowy rękaw o przekroju kołowym [16]
Fig. 3. An example of a circular flood sleeve (inflatable flood barrier) [16]

Ryc. 4. Przykładowy rękaw o przekroju eliptycznym (fot. Z. Ślosorz)
Fig. 4. An example of an elliptical flood sleeve (inflatable flood barrier) (fot. by Z. Ślosorz)

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.13

Na rynku dostępne są również doraźne zabezpieczenia przeciwpowodziowe innego typu, swoim działaniem przypominające działanie rękawów przeciwpowodziowych. Mają one różną budowę i konstrukcję, a łączy je możliwość napełniania wodą powodziową i ustawiania nawet w wielokilometrowe odcinki.

Jeden z przykładów tego typu zabezpieczeń to zapora zbudowana z „koszy" zrobionych z siatki i wyłożonych folią (ryc. 5). Ustawia się je błyskawicznie i można napełniać je wodą, piaskiem lub kamieniami. Można ustawiać je szeregowo w długie zapory.



Ryc. 5. Przykładowe bariery koszowe [17]
Fig. 5. Typical basket barriers [17]

Innym przykładem tego typu zabezpieczeń jest zapora pionowa o przekroju kołowym (ryc. 6). Składa się ona jednocześnie ze sztywnej i elastycznej płyty spinanej w walec za pomocą specjalnych klamer. Następnie do środka wkłada się foliowe wypełnienie przypominające duży worek, które napełnia się wodą, piaskiem lub kamieniami (ryc. 6). Poprzez ustawianie tego typu zapór jedna koło drugiej można tworzyć długie zabezpieczenie terenu, a przy ustawianiu długiej zapory należy pamiętać tylko o tym, by poszczególne moduły się ze sobą stykały. Przy użyciu takich zapór można budować zabezpieczenia osiągające nawet 2,4 m wysokości poprzez ustawianie 3 warstw jedna na drugiej. Jednakże dobrze jest ustawiać je na suchym terenie, ponieważ wymagają one dodatkowego zabezpieczenia w postaci folii, która jest układana od strony wody (ryc. 7). Tego typu zapory w 2011 roku pozwoliły zmniejszyć straty powodziowe we Frankfurcie (ryc. 8).

Ryc. 6. Zapory pionowe o przekroju kołowym [18]
Fig. 6. Vertical circular barriers [18]

Ryc. 7. Zabezpieczenie zapór od strony napierającej wody [18]
Fig. 7. Protection of the barriers against pressing water [18]

Ryc. 8. Zapory pionowe chroniące Frankfurt przed zalaniem w 2011 roku [18]
Fig. 8. Vertical barriers protecting Frankfurt against flooding in 2011 [18]

Wśród szerokiej gamy różnorodnych wyrobów stanowiących doraźną metodę zabezpieczeń przed powodzią wyróżniają się ruchome (mobilne) przegrody przeciwpowodziowe. Zbudowane są ze specjalnych metalowych lub aluminiowych przęseł, które ustawiane są i montowane do specjalnie przygotowanych wcześniej kotw i fundamentów. W praktyce stosuje się dwa typy płotów: wsuwane w specjalnie przygotowane stelaże stałe, najczęściej przykręcane na śruby do stelaży (ryc. 9) albo ustawiane liniowo pod kątem 45 stopni (ryc. 10) [19].

Ryc. 9. Płoty przeciwpowodziowe [19]
Fig. 9. Flood fence [19]

Ryc. 10. Płoty przeciwpowodziowe [19]
Fig. 10. Flood fence [19]

Przegrody przeciwpowodziowe wprowadzono w Polsce po wielkiej powodzi w 1997 roku i wykorzystano je w 2010 roku podczas powodzi na Odrze. Chroniły one wtedy między innymi wrocławską dzielnicę bloków mieszkalnych – Kozanów [19]. Ostatnio można było obserwować ich bardzo skuteczne wykorzystanie podczas powodzi w Austrii (czerwiec 2013 rok) (ryc. 11) i w czeskiej Pradze w 2013 roku (ryc. 12).

Ryc. 11. Wykorzystanie płotów przeciwpowodziowych podczas powodzi w czerwcu 2013 roku w Austrii [20]
Fig. 11. Application of flood fence – flooding in June 2013 in Austria [20]

Ryc. 12. Płoty przeciwpowodziowe ustawiane w czeskiej Pradze podczas powodzi w czerwcu 2013 roku [21]
Fig. 12. Flood fences erected during Prague flooding in June 2013 [21]

Na rynku dostępne są również bardziej estetyczne i równie wytrzymałe szklane bariery przeciwpowodziowe (ryc. 13), które mogą być montowane na stałe, nie naruszając przy tym estetycznego wyglądu budynków i otoczenia. Tego typu bariery stosuje się głównie w miejscowościach turystycznych. Cieszą się one dużą popularnością w Stanach Zjednoczonych i na południowym wybrzeżu Anglii [22].

Ryc. 13. Szklane bariery przeciwpowodziowe [22]
Fig. 13. Glass flood barriers [22]

3. Przeciwpowodziowe bazy kontenerowe

Oprócz wielu doraźnych środków ochrony przeciwpowodziowej w Polsce istnieją również tak zwane Przeciwpowodziowe Bazy Kontenerowe [23].

W praktyce wyróżnia się trzy główne typy kontenerów w zależności od ich wyposażenia: kontenery przeciwpowodziowe z pompami do wody zanieczyszczonej typu KPpPm, kontenery przeciwpowodziowe z łodziami typu KPpŁ, kontenery przeciwpowodziowe z zaporami typu KPpZ. KPpPm oprócz standardowego wyposażenia, w skład którego wchodzą między innymi: ubrania do pracy w wodzie czy łopaty i szpadle, mają na swoim wyposażeniu pompy do wody zanieczyszczonej o małej i średniej wydajności. Kontenery tego typu wykorzystywane są głównie do wypompowywania wody z zalanych terenów

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.13

i obiektów [24]. Kontener KPpŁ oprócz standardowego wyposażenia, w skład którego wchodzą między innymi: węże tłoczne, worki na piasek, a także szpadle czy łopaty, zawiera również łodzie płaskodenne. Kontenery tego typu wykorzystywane są do ewakuacji ludzi z zalanych terenów [25]. KPpZ oprócz wyposażenia w pompy pływające i węże tłoczne wyposażone są w rękawy przeciwpowodziowe. Wyposażenie tego typu kontenerów wykorzystywane jest do ochrony i zabezpieczania terenów i budowli zagrożonych powodziami [26].

W Polsce jest 29 baz kontenerowych [27] rozmieszczonych głównie na południu kraju. Jednakże bazy te zostały rozmieszczone nierównomiernie, a w wielu miejscach zagrożonych wystąpieniem powodzi ich nie ma. Zauważono również, że kontenery znalazły się w miejscach, w których nie występuje zagrożenie powodziowe. Przykładowymi miastami są tu między innymi Konin czy Szczecin. Natomiast w południowo-zachodniej Polsce zauważa się istotne braki w wyposażeniu kontenerowym np. we Wrocławiu czy Opolu.

4. Podsumowanie

Przez wiele lat nie traktowano tematu ochrony przed powodzią z należytą troską. Dopiero ogólnounijne i krajowe akty prawne, w postaci dyrektyw i rozporządzeń, które opisują metody działania i zarządzania bezpieczeństwem powodziowym, zmieniły podejście do tej kwestii. Unia Europejska zobowiązała nasz kraj do poprawy bezpieczeństwa ludności i mienia podczas powodzi. Realizowane jest to poprzez tworzenie map zagrożenia i map ryzyka powodziowego. Jednakże zanim osiągnięty zostanie ostatni etap działania przeciwko zagrożeniom powodziowym, musimy się nauczyć, jak zapobiegać takim zdarzeniom i jak z nimi walczyć. Do tego celu mogą służyć różnego rodzaju stałe metody ochrony przeciwpowodziowej w postaci wałów przeciwpowodziowych, polderów czy zbiorników retencyjnych. Jednakże w przypadku nagłych zdarzeń powodziowych można wykorzystywać tak zwane doraźne metody ochrony w postaci worków z piaskiem, rękawów przeciwpowodziowych czy płotów przeciwpowodziowych. Nie będzie to zabezpieczenie trwałe, ale pozwoli na ochronę zagrożonych terenów, tak jak to miało miejsce w 2013 roku w Austrii.

Praca została sfinansowana przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu „Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi (rękawy przeciwpowodziowe)", nr umowy 0013/R/ID2/2011/01. Projekt realizowany jest w konsorcjum: Instytut Technologii Bezpieczeństwa Moratex (Lider), Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy, Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie, Wyższa Szkoła Prawa i Zarządzania im. Chodkowskiej w Warszawie, Delta Rescue, AMZ Kutno, Z.P.Chr. P.P.H.U. „Lester".

Literatura

1. Dyrektywa 2007/60/We Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim
2. Zboina J., Pastuszka K., *Znaczenie oceny zgodności dla ochrony przeciwpożarowej i ochrony ludności*, BiTP Vol. 8 Issue 4, 2012, 87-95.
3. https://rcb.gov.pl
4. Lenar-Matyas A., Poulard Ch., Ratomski J., Royet P., *Konstrukcja i działanie suchych zbiorników przeciwpowodziowych o różnej charakterystyce i lokalizacji*, „Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich" Issue 9, 2009, Polska Akademia Nauk, Oddział w Krakowie, Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi, 115-129.
5. Cabala-Zielińska B., Darski T., Nawocień J., Supryk R., *Analiza wielokryterialna możliwości realizacji suchych zbiorników oraz polderów w dorzeczu Wisły Środkowej*, Raport formy Integrated Engineering, Raszyn, 2012.
6. Rozporządzenie Ministra Środowiska, Ministra Transportu, Budownictwa i Gospodarki Morskiej, Ministra Administracji i Cyfryzacji oraz Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 grudnia 2012 r. w sprawie opracowywania map zagrożenia powodziowego oraz map ryzyka powodziowego (Dz.U.2013.0.104)
7. Kurczyński Z., *Mapy zagrożenia powodziowego i mapy ryzyka powodziowego a dyrektywa powodziowa*, „Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji" Vol. 23, 2012, 209-217
8. http://mapy.isok.gov.pl/imap/ [dostęp z dn. 1 sierpnia 2014]
9. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 kwietnia 2007 r. w sprawie warunków technicznych, jakimi powinny odpowiadać budowle hydrotechniczne i ich usytuowanie (Dz. U. 2007 nr 86 poz. 579)
10. Małecki Z., Pokładek R., *Istotne procesy zagrażające bezpieczeństwu zbiorników wodnych*, „Zeszyty Naukowe Inżynieria Lądowa i Wodna W Kształtowaniu Środowiska" Issue 2, 2010, 33-43.
11. Kledyński Z., *Ochrona przed powodzią i jej infrastruktura w Polsce*, XXV Konferencja Naukowo Techniczna, Międzyzdroje 24-27 maja 2011, Awarie budowlane 2011.
12. http://www.sprzet-ratowniczy.pl/?co=products&act=show&m1=7&m2=&m3=&m4=&id=40 [dostęp z dn. 15 czerwca 2012]
13. www. stopwodzie.pl [dostęp dn. 15 czerwca 2012]
14. http://www.supron1.com.pl/main4.php?action=show&path=405&pid=913 [dostęp dn. 15 czerwca 2012]
15. www. lubawa.com [dostęp dn. 15 czerwca 2012]
16. http://www.supron1.com.pl/docs/zapory-przeciwpowodziowe.pdf [dostęp dn. 15 czerwca 2012]
17. http://www.torkret.pl/gabiony_zabezpieczenia_przeciwpowodziowe.php [dostęp dn. 15 czerwca 2012]
18. http://www.aquariwa.de/karty katalogowe [dostęp dn. 15 czerwca 2012]
19. http://www.stoppowodziom.pl/plotki.html [dostęp dn. 15 czerwca 2012]
20. http://www.tokfm.pl/Tokfm/51,103086,14047322.html?i=2 [dostęp dn. 15 czerwca 2012]
21. http://www.gloswielkopolski.pl/artykul/ [dostęp dn. 15 czerwca 2012]
22. http://www.stoppowodziom.pl/szklane.html [dostęp dn. 15 czerwca 2012]
23. Riegert D., Ślosorz Z., Radwan K., Rakowska J., Porycka B., Abgarowicz I., Suchorab P., *Doraźne metody ochrony stosowane podczas powodzi ze szczególnym uwzględnieniem rękawów przeciwpowodziowych*, wyd. CNBOP-PIB, 2012.
24. Standard wyposażenia kontenera pożarniczego, Kontener przeciwpowodziowy z pompami do wody zanieczyszczonej

typu KPpPm, Załącznik nr 10 do „Wytycznych standaryzacji pojazdów co najwyżej i innych środków transportu Państwowej Straży Pożarnej" z dnia 14.04.2011 r., Warszawa 2 lipca 2012 r.
25. Standard wyposażenia kontenera pożarniczego, Kontener przeciwpowodziowy z łodziami typu KPpŁ, Załącznik nr 11 do „Wytycznych standaryzacji pojazdów i innych środków transportu Państwowej Straży Pożarnej" z dnia 14.04.2011 r., Warszawa 2 lipca 2012 r.
26. Standard wyposażenia kontenera pożarniczego, Kontener przeciwpowodziowy z zaporami typu KPpZ, Załącznik nr 12 do „Wytycznych standaryzacji pojazdów i innych środków transportu Państwowej Straży Pożarnej" z dnia 14.04.2011 r., Warszawa 2 lipca 2012 r.
27. Plany zarządzania ryzykiem powodziowym dla obszarów dorzeczy i regionów wodnych, część III, Krajowy Zarząd Gospodarki Wodnej.

dr inż. Dorota Riegert w roku 2012 ukończyła studia doktoranckie na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej, uzyskując stopień doktora nauk technicznych. Jest autorem lub współautorem artykułów publikowanych w czasopismach naukowych i materiałach konferencyjnych, a także autorem referatów prezentowanych na konferencjach krajowych i zagranicznych. Od czerwca 2012 pracownik Zespołu Laboratoriów Badań Chemicznych i Pożarowych w CNBOP-PIB, gdzie zajmuje się tematyką związaną z ochroną przeciwpowodziową.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.14

mgr inż. **Iwona CŁAPA**[1]
prof. dr hab. inż. **Marek DZIUBIŃSKI**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 25.08.2013;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 25.07.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2014;

ZACHOWANIE LUDZI JAKO JEDEN Z CZYNNIKÓW DETERMINUJĄCYCH PRZEBIEG PROCESU EWAKUACJI[2]

Human behaviour as one of the factors determining the course of the evacuation process

Поведение людей как один из факторов, определяющий ход процесса эвакуации

Abstrakt
Cel: Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie zachowania wybranej grupy ludzi w średnim wieku podczas ewakuacji z reprezentatywnego budynku użyteczności publicznej.
Wprowadzenie: W artykule omówiono czynniki wpływające na przemieszczanie się tłumu podczas zdarzenia ekstremalnego, którym może być alarm pożarowy lub inne zagrożenie takie jak na przykład alarm bombowy w budynku. Wyjaśniono definicję tłumu, a także ukazano możliwe zachowania się ludzi podczas ewakuacji reprezentatywnej grupy ludzi w średnim wieku. Dane literaturowe, a zwłaszcza modele obliczeniowe w głównej mierze wykorzystywane są do określania maksymalnego czasu potrzebnego do bezpiecznego opuszczenia obiektu tj. wyjścia na zewnątrz budynku lub do wyznaczonego bezpiecznego miejsca lub sąsiedniej strefy pożarowej. Metody te, z uwagi na wprowadzone uproszczenia, są łatwe i szybkie w kalkulacjach, jednak w większości przypadków nie uwzględniają wpływu zachowań użytkowników budynku na czas ewakuacji. Po ogłoszeniu alarmu pożarowego zaobserwować można różne zachowania ludzi takie jak kończenie rozpoczętych czynności, pakowanie i zabieranie rzeczy osobistych, szukanie członków rodziny, próby gaszenia pożaru, przyglądanie się, co się dzieje, próby kradzieży przy wykorzystaniu panującego zamieszania i wiele innych czynności, które wydłużają czas ewakuacji, a tym samym mają negatywny wpływ na poziom bezpieczeństwa ludzi.
Wnioski: Stosowane w modelach obliczeniowych uproszczenia i brak odniesienia się do przewidywalnych zachowań podczas ewakuacji powodują, że otrzymane wyniki mogą odbiegać w znacznym stopniu od czasów rzeczywistych potrzebnych na opuszczenie budynku.
Znaczenie dla praktyki: Przedstawiony eksperyment wykonany w jednym z łódzkich budynków wysokościowych przedstawia najczęściej obserwowane zachowania ludzi podczas próbnych ewakuacji. Eksperyment nie obejmował badania zachowań oraz czasu ewakuacji osób niepełnosprawnych. Został on porównany z wykonaną symulacją komputerową przy użyciu programu Pathfinder i jest obecnie najczęściej używanym modelem obliczeniowym opisanym w literaturze przedmiotu, dzięki czemu otrzymano pogląd na szacowane czasy ewakuacji przy użyciu różnych narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego. Eksperyment miał również na celu sprawdzenie występowania modelu koncepcyjnego wyróżniającego poszczególne fazy: postrzegania, interpretacji, podejmowania decyzji i akcji w trakcie ewakuacji z budynku.

Słowa kluczowe: zachowanie ludzi, ewakuacja, tłum, zachowanie tłumu, eksperyment
Typ artykułu: studium przypadku

Abstract
Aim: The purpose of this article is to show how a representative middle-aged group of people tend to behave during the implementation of an evacuation procedure in a given public building.
Introduction: This article describes factors which, influence people's mobility in extreme circumstances, such as: the sounding of a fire alarm or bomb alert in a building. The article defines the term "crowd" but also illustrates potential behaviour of middle-aged group of evacuees. Data, specifically calculation models are, in the main, employed to determine the maximum lead time necessary for safe evacuation of a building - exit a building to a safe location or an adjacent fire free zone. Calculations, because of simplification,

[1] Politechnika Łódzka, ul. Wólczańska 175, 90-924 Łódź; ivona2005@wp.pl / Lodz University of Technology, Poland;
[2] Wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage contribution: I. Cłapa – 70%, M. Dziubiński – 30%;

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.14

are quick and straightforward but, in the main, ignore human behavioural aspects during evacuation. After sounding of a fire alarm one can observe a range of reactions such as: completion of work in progress, collection and packing of personal items, a search for family members, attempts to extinguish fires, people gaping at what is going on, others exploiting the confusion with theft attempts and other happenings which, extend the evacuation lead time and negatively impact on the safety of people.
Conclusion: Simplification of calculation models and lack of due regard to human behavioural aspects, during an evacuation, may contribute to a significant divergence from realistic time requirements necessary to vacate a building.
Practical impact: The described experiment, conducted in a high rise building, in the city of Łódź, illustrates most frequently observed behaviour of people during an evacuation practice. The experiment did not incorporate an evaluation of behaviour or duration of an evacuation involving disabled people. The experiment outcome was compared with Pathfinder, a computer simulation programme and currently most frequently used calculation model described in this article. This facilitated a deeper insight into calculated evacuation lead times using a range of engineering tools harnessed in fire safety. The experiment also allowed for the verification of individual phases of the conceptual simulation model, highlighting distinctive phases such as: perception, interpretation, decision making, and direct action during an evacuation.

Keywords: human behavior, evacuation, crowd, crowd behaviour, experiment
Type of article: case study

Аннотация
Цель: Целью данной статьи является описание поведения выбранной группы людей среднего возраста во время эвакуации из представленного общественного здания.
Введение: В статье рассмотрены факторы, влияющие на движение толпы людей во время экстремальной ситуации: пожарной тревоги или другой угрозы, например, угрозы заминирования здания. Подано объяснение термина „толпа", а также представлены возможные варианты поведения выбранной группы людей среднего возраста во время эвакуации. Литературные данные, а именно, вычислительные модели, в главной мере, используются для определения необходимого времени для безопасной эвакуации из объекта т.е. выхода наружу здания либо прибытия в назначенное безопасное место или в соседнюю пожарную зону. Эти методы, в связи с введёнными упрощениями, простые и быстрые в подсчётах, однако, в большинстве случаев не учитывают влияние поведения людей, находящийся в здании во время эвакуации. После объявления пожарной тревоги наблюдается разные поведения людей, такие как, например, завершение начатых действий, пакование и сбор личных вещей, поиск членов семьи, попытки тушения пожара, наблюдение за происходящим, попытки кражи используя ситуацию общей паники и беспорядка и многие другие, которые увеличивают время эвакуации, тем самым, отрицательно влияя на уровень безопасности людей.
Выводы: Используемые в вычислительных моделях упрощения и отсутствие учёта предсказуемого поведения людей во время эвакуации, могут привести к тому, что полученные результаты будут существенно отличаться от реального времени необходимого, чтобы покинуть здание.
Значение для практики: Представленный эксперимент, проведенный в одном из многоэтажных зданий г. Лодзи, показывает наиболее распространенное поведение людей, которое можно наблюдать во время пробных эвакуаций. Во время эксперимента не исследовали поведение и время эвакуации инвалидов. Эксперимент был сравнён с проведённой компьютерной симуляцией при использовании программы Pathfinder и с наиболее популярной вычислительной моделью, описанной в предметной литературе. Благодаря этому была получена информация о приблизительной длительности эвакуации при использовании разных инструментов инженерии пожарной безопасности. Эксперимент также был проведён для проверки отдельных фаз концептуальной модели: восприятия, интерпретации, принятия решений и действий во время эвакуации из здания.

Ключевые слова: поведение людей, эвакуация, толпа людей, поведение толпы, эксперимент
Вид статьи: тематическое исследование

1. Zarys historyczny

Zainteresowanie problemem ewakuacji rozpoczęło się po serii tragicznych pożarów, w wyniku których zginęła bardzo duża liczba osób. Największym i najtragiczniejszym pożarem w historii ludzkości był pożar w teatrze Iroquois w Chicago w 1903 r., gdzie zginęły 602 osoby. Drugim co do liczby ofiar był pożar w klubie nocnym Cocoanut Grove w Bostonie w dniu 28 listopada 1942 r. Zginęły wówczas 492 osoby, a rannych zostało kilka tysięcy [1]. W 2006 r. w Stanach Zjednoczonych [2] w pożarach zostało rannych ponad 14 000 osób, a śmierć poniosło ponad 2700 osób. Analiza urazów i zgonów spowodowanych pożarami wykazała, że ponad dwie trzecie rannych i ponad połowa ofiar śmiertelnych była w stanie ewakuować się z budynku. Jednak ludzie ci wykonywali czynności, które spowodowały opóźnienia w rozpoczęciu ewakuacji np. kończyli rozpoczęte czynności, gasili ogień, próbowali ratować innych z budynku [3]. W tym czasie pożar spowodował, że parametry krytyczne na drogach ewakuacyjnych zostały przekroczone, co w konsekwencji spowodowało śmierć lub poważne obrażenia, w następstwie których zginęli.

Po tych zdarzeniach zaczęto się zastanawiać, co wpływa na zachowanie ludzi podczas pożaru oraz w jaki sposób zapewnić ludziom bezpieczną ewakuację. Zwrócono szczególną uwagę na potrzebę zapewnienia bezpieczeństwa przez wymagany czas, a także na odpowiednie środki gwarantujące bezpieczną ewakuację wszystkich osób przebywających w budynku.

Zaczęto poddawać analizie obowiązujące dotychczas procedury i przyjęte scenariusze pożarowe. Zaobserwowano [4], że zamiast modelowania i przewidywania zachowań użytkowników, niektóre modele ewakuacji posiadają z góry określone założenia i uproszczenia dotyczące zachowań ludzi. Często są one nierealne i mogą powodować otrzymanie niedokładnych wyników. Jednym

z podstawowych błędów może być założenie natychmiastowej ewakuacji po usłyszeniu alarmu pożarowego lub wykryciu pożaru, co może skutkować znacznym skróceniem obliczeniowego czasu ewakuacji, a w konsekwencji prowadzić do nieświadomego projektowania niebezpiecznych warunków np. niewystarczającej liczby wyjść ewakuacyjnych, opracowania niewłaściwych procedur organizacyjnych.

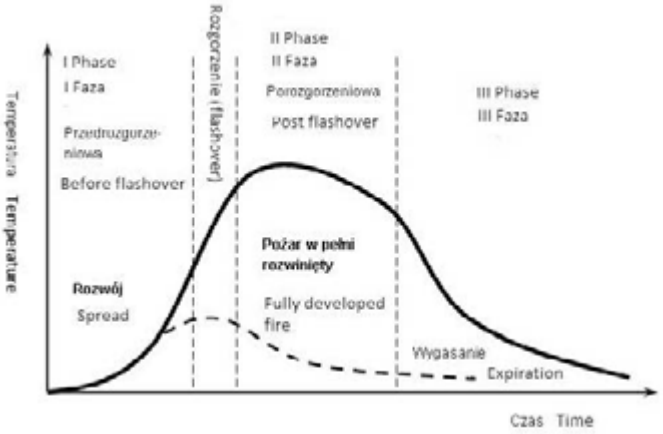
Sytuacja może być również odwrotna. Niewłaściwe założenia mogą prowadzić do przeszacowania wyników i wyznaczenia znacznie dłuższego czasu ewakuacji. Zaprojektowane na takiej podstawie budynki lub opracowane procedury mogą niepotrzebnie podnieść koszty inwestycji. Dlatego tak ważne jest, aby właściwie określić model zachowań ludzkich podczas ewakuacji i prawidłowo wyznaczyć czas niezbędny do ewakuacji.

2. Proces ewakuacji ludzi z budynków

We wczesnej fazie rozwoju pożaru (ryc. 1) ludzie znajdujący się w budynku lub pomieszczeniu zagrożonym pożarem, zmuszeni do podjęcia czynności ewakuacyjnych mogą polegać na:

- indywidualnych umiejętnościach oraz własnej wiedzy o zjawisku pożaru i jego rozprzestrzenianiu,
- na możliwości uratowania ich przez inne osoby znajdujące się w ich najbliższym otoczeniu.

Udział służb ratowniczych w procesie ewakuacji zapewniony będzie jedynie po ich przybyciu na miejsce, co przy uwzględnieniu czasu zaalarmowania i dojazdu może nastąpić w fazie flashover pożaru, a co za tym idzie, parametry krytyczne na drogach ewakuacyjnych mogą być już przekroczone. Dlatego też zachowanie ludzi w zagrożonym obiekcie podczas pierwszej fazy rozwoju pożaru jest niezwykle istotnym czynnikiem, mającym zasadniczy wpływ na sprawność przeprowadzenia ewakuacji.



Ryc. 1. Krzywa przedstawiająca przebieg pożaru pomieszczenia wyrażona średnią temperaturą gazu w funkcji czasu. Linia przerywana przedstawia zużycie paliwa przed momentem wystąpienia rozgorzenia [5]
Fig. 1. A curve showing the course of the fire space expressed by the mean gas temperature as a function of time. The dotted line shows the consumption prior to the time of flashover [5]

3. Zachowanie ludzi podczas ewakuacji

Na początku XX wieku prowadzono szereg prac badawczych w zakresie poprawności, efektywności oraz identyfikacji czynników zewnętrznych mających wpływ na proces ewakuacji ludzi z budynków, ze szczególnym uwzględnieniem prędkości przemieszczania się ludzi oraz wzajemnych sił oddziaływania na siebie podczas ewakuacji w korytarzach, na klatkach schodowych oraz przejściach ewakuacyjnych. Zbudowano wówczas kilka baz danych [5, 6, 7] dotyczących takich parametrów ewakuacji jak prędkości przemieszczania się oraz widoczności w dymie. Badania przeprowadzone w tamtym okresie do dnia dzisiejszego stanowią fundamentalną wiedzę w zakresie określania bezpiecznych warunków ewakuacji, a także nierzadko są wykorzystywane w przepisach i normach technicznych na całym świecie [8, 9].

Jako jedni z pierwszych badaniem zjawiska zachowania się ludzi zajmowali się między innymi w latach pięćdziesiątych XX wieku Hankin i Wright [10], w latach sześćdziesiątych Hoel [11] oraz Older [12], w latach siedemdziesiątych O'Flaherty i Parkinson [13]. Wszystkie uzyskane przez nich wyniki oparte były na bezpośredniej obserwacji dokonanej za pomocą fotograficznej analizy poklatkowej (ang. *time-lapse films*). Badania polegały przede wszystkim na obserwacji zachowań, tworzenia się strumieni ludzi i kształtowania się ich przepływu.

W literaturze przedmiotu znaleźć można opisy różnych modeli zachowania się ludzi podczas ewakuacji [14] m.in:

- modele kolejkowania (ang. *queueing models*) [15, 16],
- modele macierzy przejścia (ang. *transistion matrix models*) [17],
- modele stochastyczne [12].

W latach siedemdziesiątych Henderson [18, 19, 20] zaproponował, aby zachowanie tłumu potraktować jak zachowanie cząstek gazu lub płynu. Przy takim podejściu należało odnieść się do poszczególnych zależności pomiędzy tymi cząsteczkami, wśród których należy wymienić unikanie przeszkód, a także zmniejszenie prędkości poruszania się, przez co nie do końca spełnione są klasyczne zasady zachowania energii i pędu. W swoich założeniach wykorzystywał on równania Naviera-Stokesa, czyli zestaw równań w postaci równań ciągłości opisujących zasadę zachowania masy i pędu dla poruszającego się płynu, według których zmiany pędu elementu płynu zależą jedynie od zewnętrznego ciśnienia i wewnętrznych sił lepkości w płynie opisujących przepływ laminarny cieczy newtonowskiej (kolejne warstwy płynu nie ulegają mieszaniu). Przepływ zachodzi przy małych prędkościach, gdy liczba Reynoldsa nie przekracza tzw. wartości krytycznej.

4. Czym jest tłum i jak się zachowuje?

W zależności od tego, czy jednostka jest odosobniona, czy znajduje się w grupie, jej zachowanie może być różne. W przypadku gdy człowiek jest sam i zauważy zagrożenie, z reguły będzie postępować instynktownie, a więc najczęściej po przerwaniu rozpoczętych czynności przemieszczał się będzie w kierunku miejsca bezpiecznego. Sytuacja komplikuje się w przypadku przebywania w grupie. Aby lepiej poznać zachowania ludzi, należałoby dowiedzieć się, czym jest tłum i jakimi rządzi się prawami.

BiTP Vol. 35 Issue 3, 2014, pp. 149-158
DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.14

Zgodnie ze wskazaniami *Encyklopedii PWN* [21] tłum to zgromadzenie wielu ludzi skupionych blisko siebie, związanych przelotnie silną więzią psychiczną, przejawiającą się we wspólnym spontanicznym zachowaniu – narzucone przez emocje działania nie są oceniane krytycznie. W tłumie dochodzi często do naśladownictwa i (chwilowego) wyzbywania się indywidualizmu. Często też uczestnicy tłumu czują się silniejsi i tracą zdolność obiektywnej oceny sytuacji.

Najpopularniejszy podział tłumu zaprezentowany został przez Blumera w 1951 r. w „Collective Behavior" [22, 23]. Autor przedstawił w nim następujące rodzaje tłumu:

- **tłum przypadkowy** – charakteryzuje się słabymi oddziaływaniami pomiędzy jego uczestnikami, a nawet ich brakiem. Powstaje na skutek określonego wydarzenia. Przykładem takiego tłumu są osoby przyglądające się wypadkom, egzekucjom itp.;
- **tłum konwencjonalny –** czyli zbiór osób zgromadzonych w konkretnym celu, który osiągany jest przez każdą osobę z tłumu odrębnie. Przykładem takiego tłumu są widzowie na koncertach, w kinie, pasażerowie na przystanku. Tłum taki bardzo często nazywany jest publicznością;
- **tłum ekspresyjny –** czyli taki, w którym szczególną rolę odgrywa określony ładunek emocjonalny, a w konsekwencji na nim oparte są dalsze zachowania się tłumu. Przykładem takiego tłumu są uczestnicy zabaw sylwestrowych na rynkach miast, karnawału w Rio czy też *Love Parade* w Berlinie. Tłum taki może przejawiać zachowania niedopuszczalne, niespotykające się z powszechną akceptacją;
- **tłum aktywny** – jest nastawiony na działalność niszczycielską, której celem jest rozładowanie emocji i/lub przeciwnika dokonywanie negatywnego oddziaływania. Przykładem takiego tłumu są agresywni kibice na meczach piłkarskich;
- **tłum protestujący** – jest szczególnym przykładem tłumu, który wykazuje cechy tłumu konwencjonalnego (dość dobra organizacja) oraz tłumu aktywnego (działalność destruktywna).

W sytuacji zagrożenia powyższy podział przestaje jednak obowiązywać, ponieważ cel lub motywy zgromadzenia tłumu przestają być ważne, a na pierwsze miejsce wysuwa się zazwyczaj potrzeba jak najszybszego opuszczenia zagrożonego miejsca oraz dbałość o własne życie, które staje się wartością nadrzędną. W takich przypadkach bardzo często dochodzi do tragicznych obrażeń, a nawet śmierci poprzez stratowanie osób przez innych ewakuujących się ludzi.

Kolejną próbę kwalifikacji tłumu podjął Blumer [22], a następnie rozwinął ją Park [24]. Wprowadzili oni pojęcie „zachowania zbiorowego" (ang. *collective behavior*), które opisuje działanie pośrednie pomiędzy zachowaniem konformistycznym (zgodnym z normami) a zachowaniem odstępującym od norm. Zachowanie zbiorowe jako trzecia forma działania tłumu zachodzi, gdy normy są sprzeczne ze sobą lub gdy ich brakuje. Oznacza to, że duża liczba wzajemnie obcych sobie ludzi, którzy w tym samym czasie znaleźli się w tym samym miejscu (np. na koncercie), w wyniku nagłej zmiany sytuacji (np. powstania pożaru), może przekształcić się w „masę". Pojęcie „masa" wg Le Bona cechuje się anonimowością jednostki, określoną emocjonalnością, obniżeniem poziomu inteligencji oraz odpowiedzialności osobistej:

„Zatem każdą jednostkę w tłumie cechuje: zanik świadomości swego »ja«, przewaga czynników nieświadomych, utrata autonomii w kierowaniu myślami i uczuciami pod wpływem sugestii i przeniesienia, a nadto dążenie do jak najszybszego urzeczywistnienia sugerowanych idei. Jednostka przestaje być sobą, staje się automatem, którym kieruje wola narzucona, nigdy zaś własna" [25].

Biorąc pod uwagę obserwacje, a także przeprowadzone badania i dostępne materiały źródłowe najczęściej spotykanymi zachowaniami tłumu w czasie sytuacji zagrożenia są:

- przyspieszenie kroku, ruchu, co skutkuje zwiększeniem prędkości poruszania,
- odpychanie się, potrącanie, wpadanie na siebie, a więc wzajemne oddziaływanie,
- poruszanie się w sposób chaotyczny, nieprzewidywalny,
- wracanie się po zapomniane rzeczy, szukanie dzieci i członków rodziny,
- tworzenie się zatorów, zwłaszcza na zwężeniach poziomych dróg ewakuacyjnych przy drzwiach,
- ludzie oddziaływają na siebie siłą fizyczną, przepychają się,
- zwolnienie ruchu poprzez osoby poszkodowane, potykające się, przeszkody,
- bezkrytyczne podążanie za innymi.

Wszystkie te zachowania wpływają negatywnie na przebieg ewakuacji, ponieważ powodować mogą powstanie paniki [23], czyli panicznego lęku, trwogi o swoje życie, co wydłużać będzie czas ewakuacji.

5. Symulacje zachowań użytkowników w czasie ewakuacji

Zgodnie z obserwacjami [4], oprócz celowego ruchu osób ewakuujących, użytkownicy skłonni są do wykonywania wielu innych czynności, które mogą opóźnić ich przemieszczanie się na zewnątrz budynku lub wyznaczonego bezpiecznego miejsca. Takie działania mogą obejmować zbieranie informacji, przygotowanie się do ewakuacji, zbieranie swoich rzeczy osobistych, pomoc innym, a nawet ich ratowanie, ostrzeganie innych osób w budynku, zmianę kierunku ewakuacji i gaszenie pożaru.

W obecnych modelach ewakuacji [4] skoncentrowano się głównie na celowym ruchu, a nie na symulacji dodatkowych zachowań, które mogą mieć wpływ na opóźnienie przebiegu całego procesu ewakuacji.

Do symulacji zachowania użytkowników w czasie ewakuacji budynku stosuje się głównie dwie metody. Pierwsza to wprowadzenie czasu zwłoki np. określonego czasu, dla osób lub grup ludzi w symulowanym budynku w celu uwzględnienia wszelkich działań, które mogą być wykonywane w czasie ewakuacji (przed i w trakcie jej trwania). Ta metoda wykorzystywana jest przez następujące modele: Simulex [26, 27], EXIT89 [28], GridFlow

BiTP Vol. 35 Issue 3, 2014, pp. 149-158
DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.14

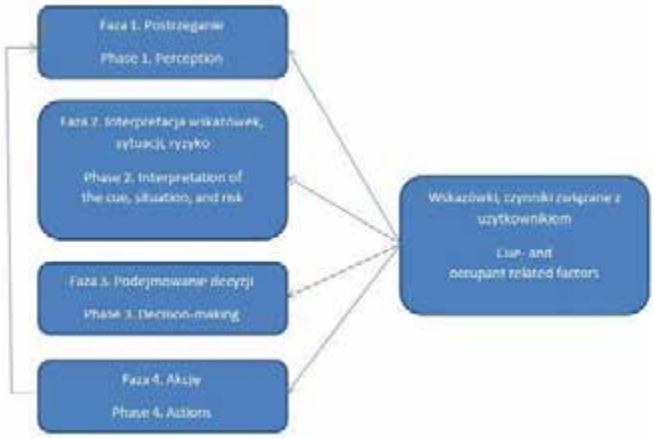
[29]. Stosując tę metodę, pozostawiamy użytkowników w pozycji wyjściowej na określony czas, a następnie rozpoczynamy celowy ruch ewakuacji.

Drugą metodą jest przypisanie konkretnych zachowań, takich jak kolejność działań, do określonego budynku. Przykładowymi programami wykorzystującymi tę metodę są CRISP [30], buildingEXODUS [31, 32]. Ciągłość ruchu może być przerwana przez takie zachowania jak wyszukiwanie informacji, pozostanie na schodach, pomoc innym osobom, powrót do pierwotnego miejsca w celu zabrania rzeczy osobistych. Każde takie działanie posiada przypisany czas określony dla każdego z użytkowników. Obie te metody symulacji zachowania się podczas ewakuacji posiadają znaczne uproszczenia procesów zachodzących w czasie ewakuacji. Zdaniem Eriki Kuligowski [4] w pierwszej metodzie przy przypisywaniu czasu opóźnienia nacisk kładzie się na opóźnienie (a nie na decyzje) działania i interakcji osób znajdujących się w reakcji z warunkami panującymi wewnątrz budynku. Druga metoda – przypisywanie zachowań do określonego budynku – zaczyna symulować decyzje i działania podejmowane w odpowiedzi na określone warunki w czasie ewakuacji, jednak wszystkie zachowania są definiowane przez użytkownika przed rozpoczęciem symulacji (zamiast przewidywanych przez model), interakcje między innymi użytkownikami są uproszczone lub nie istnieją.

Głównym problemem powyższych metod jest określenie zachowań ludzi przez użytkownika programu, co ważniejsze, to on określa działania, które występują w scenariuszu pożarowym. Nie ma spójności związanej z przypisywaniem zachowań, ponieważ ww. metody opierają się całkowicie na wiedzy użytkownika programu, jednocześnie brak jest jasnych wytycznych, kompleksowego zbioru danych, czy teorii określających, co ludzie robią w czasie ewakuacji budynku.

6. Model koncepcyjny zachowania ludzi

Aby zrozumieć proces zachowania i wpływające na nie czynników, zaprezentowany zostanie model koncepcyjny, który rozróżnia cztery fazy zachowań ludzi [4].



Ryc. 2 Model koncepcyjny zachowań podczas ewakuacji [4]
Fig. 2 Conceptual model of behavior during the evacuation [4]

Faza 1 obejmuje zachowania postrzegania, odbierania zewnętrznych sygnałów społecznych w ich otoczeniu [33]. Te sygnały mogą być fizyczne lub mogą mieć charakter społeczny, co oznacza, że wynikają odpowiednio z rzeczywistego środowiska naturalnego lub środowiska społecznego. Przykładami sygnałów fizycznych w pożarze budynku są płomienie, dym, dźwięk tłuczonego szkła, alarmy i ostrzeżenia automatyczne. Te sygnały mogą docierać do użytkowników pojedynczo lub kilka na raz, w zależności od rodzaju i miejsca zdarzenia. Faza postrzegania polega na dotarciu do świadomości użytkownika informacji o tym, że coś się zmieniło w jego otoczeniu [34],[35]. Sygnały docierać mogą do świadomości za pośrednictwem słuchu np. alarm, zapachu np. dym, wzroku np. płomień, smaku np. smak dwutlenku siarki lub chlorowodoru w ustach, czucia np. ciepło.

W fazie interpretacji (faza 2) użytkownicy próbują zinterpretować informacje dostarczone przez bodźce postrzegane w fazie postrzegania [36],[37].

Faza 3 wymaga od osób lub grup ludzi podejmowania decyzji, co dalej robić w oparciu o interpretację sygnałów, sytuacji i zagrożeń. Podejmowanie decyzji w tej fazie jest procesem dwuetapowym, w którym użytkownicy początkowo wyszukują opcje postępowania, a następnie wybierają jedną z nich [4]. Pierwszym krokiem w etapie podejmowania decyzji jest wyszukiwanie opcji, co można zrobić w oparciu o interpretację wydarzenia. Propozycje działań mogą pochodzić od użytkownika lub dowolnego członka grupy [38]. W obliczu niepewności i braku czasu ludzie mogą się spotykać, dzielić interpretacjami oraz określać plan działania. W drugim etapie podejmowania decyzji należy wybrać jedną z opcji wykonania.

W fazie 4 należy wykonywać działania, podjąć akcje, które są ustalane na etapie podejmowania decyzji.

Jeśli nowe informacje/wskazówki zostaną przedstawione zanim akcja zostanie wykonana, użytkownicy będą na bieżąco zmieniać zachowanie. Działania te w zależności od sytuacji mogą obejmować poszukiwania informacji, czekanie, badanie incydentu, ostrzeganie innych, przygotowanie do ewakuacji, pomoc innym, gaszenie pożaru, a także poszukiwanie i ratowanie innych [4].

7. Eksperyment

W celu sprawdzenia, czy przedstawiony powyżej model koncepcyjny jest prawdziwy, przeprowadzono obserwacje w jednym z łódzkich budynków podczas próbnej ewakuacji.

Badanie oprócz obserwacji zachowań ludzkich miało również na celu pomiar prędkości poruszających się ludzi po pionowych i poziomych drogach ewakuacyjnych. Eksperyment przeprowadzany był w siedemnastokondygnacyjnym budynku biurowym z dwoma poziomami podziemnymi. Wysokość budynku wynosi ok. 62 m. Powierzchnia wewnętrzna poszczególnych kondygnacji nadziemnych od parteru do 11 piętra wynosi ok. 400 m^2, powierzchnia kondygnacji wyższych – ok. 250 m^2. Powierzchnia wewnętrzna dwóch połączonych ze sobą kondygnacji podziemnych w sumie wynosi ok. 700 m^2. W budynku kondygnacje od 0-11 połączone są dwoma klatkami schodowymi zlokalizowanymi po obu stronach budynku. Klatki te połączone są ze sobą korytarzem, wzdłuż którego znajdują się pokoje biurowe. Od 12 piętra występuje tylko jedna klatka zlokalizowana w central-

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.14

nej części budynku. Klatki boczne są obudowane ścianami i zamknięte drzwiami na wszystkich poziomach. Klatka środkowa jest klatką otwartą.

Ryc. 3. Widok budynku z zewnątrz
Fig. 3. View of the building from the outside
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Podczas eksperymentu wykorzystano trzy punkty obserwacyjne umożliwiające rejestrowanie na kamerach wideo przebiegu ewakuacji. Pierwszym punktem obserwacji była pozioma droga ewakuacyjna na 11 piętrze, w miejscu gdzie wzbudzany był system sygnalizacji pożarowej. Drugi punkt obserwacyjny znajdował się w klatce schodowej i miał umożliwić zmierzenie prędkości przemieszczających się ludzi po pionowych drogach ewakuacyjnych, trzeci znajdował się w hallu głównym, gdzie następowało łączenie się strumieni ewakuujących się ludzi. Badana grupa ludzi to osoby aktywne zawodowo w wieku 30-65 lat, mężczyźni i kobiety.

Podczas przebiegu ewakuacji zaobserwowano następujące zachowania:

1. Czynności polegające na dokończeniu rozpoczętych prac, z racji na specyfikę obiektu było to przede wszystkim zakończenie prac rozpoczętych na komputerach, zapisanie stworzonych dokumentów, wyłączanie sprzętu.
2. Wracanie się do pomieszczeń w celu zabrania swoich rzeczy.
3. Zamykanie drzwi na klucz.
4. Czekanie na znajomych, przez co powstawały naturalne przeszkody na drodze ewakuacyjnej.
5. Zmiana kierunku przemieszczania się.
6. Brak zdecydowania, którą klatką schodową się ewakuować.
7. Wpadanie na innych, popychanie ich.
8. Przytrzymywanie się poręczy podczas schodzenia.
9. Zatrzymywanie się podczas ruchu na schodach w celu sprawdzenia, czy znajome osoby idą z tyłu.
10. Przepuszczanie kobiet w drzwiach, na drogach ewakuacyjnych.
11. Dopytywanie się, co się stało, gdzie się pali.
12. Tworzenie się grup ewakuujących się.

Ryc. 4. Tworzenie się skupisk, grup ewakuujących się ludzi
Fig. 4. The formation of clusters, groups of people evacuating
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Ryc. 5. Ewakuujący się ludzie na pionowych drogach ewakuacyjnych
Fig. 5. Evacuating people on vertical escape routes
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Ryc. 6. Widok łączenia się strumieni ewakuujących się ludzi w hallu głównym
Fig. 6. View connect to streams evacuating people in the main hall
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Na podstawie materiału nakręconego przy pomocy kamer wideo określono, że całkowity czas ewakuacji wszystkich ludzi z budynku wyniósł 8 min 56 s. W ewakuacji brało udział 137 osób. Minimalny czas zwłoki wy-

BiTP Vol. 35 Issue 3, 2014, pp. 149-158
DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.14

nosił 1 minutę, natomiast maksymalny wynosił 4 min 4 sek. Na podstawie przeprowadzonego eksperymentu otrzymano poniższe wartości prędkości przemieszczających się ludzi, które zebrano w tabeli 1.

Tabela 1.
Średnie prędkości przemieszczających się osób podczas ewakuacji

Tabela 1.
Average speed of moving people during evacuation

	Pozioma droga ewakuacyjna/ Horizontal escape route		**Pionowa droga ewakuacyjna/ Vertical evacuation route**	
Płeć/Sex	Kobieta/ woman	Mężczyzna/ man	Kobieta/ woman	Mężczyzna/ man
Prędkość/ Speed	**1,02 m/s**	**1,21 m/s**	**0,60 m/s**	**0,65 m/s**

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

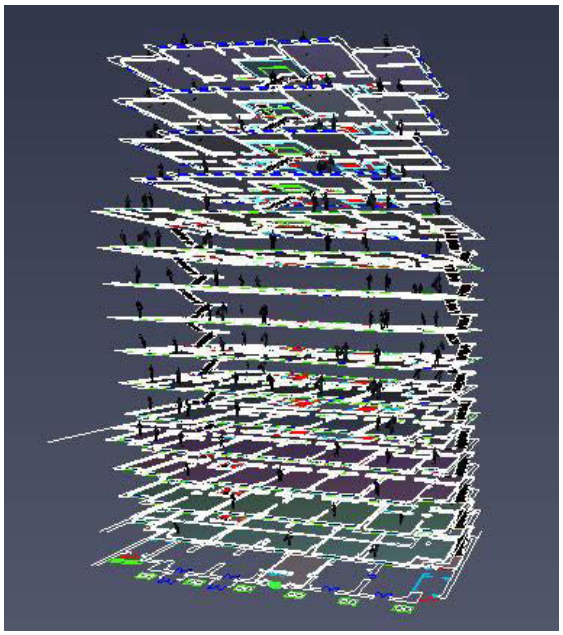
Należy zaznaczyć, że są to prędkości zbliżone do danych literaturowych [39]. Przedstawione wyniki obserwacji znalazły swoje odzwierciedlenie również w innych prowadzonych eksperymentach w budynkach użyteczności publicznej podczas próbnych ewakuacji. Przedstawiony eksperyment został wybrany jako reprezentatywny.

7.1. Otrzymane wyniki przy wykorzystaniu programu do symulacji komputerowej Pathfinder

Do celów porównania rzeczywistych wyników pomiaru czasu ewakuacji z otrzymywanymi wynikami symulacji komputerowych wykorzystano program Pathfinder [40]. Zawiera on zestaw niezbędnych narzędzi do przeprowadzenia analizy czasów ewakuacji. Definiowalne cechy ludzi znajdujących się w budynku pozwalają na obliczenie granic czasu ewakuacji. Pathfinder jest programem, w którym zdefiniowany osobnik posiada szereg indywidualnych cech, które mogą wpływać na jego ruchy i decyzje podczas samej symulacji niezależnie od innych jednostek [40].

Pathfinder używa algorytmów z zakresu sztucznej inteligencji, gdyż każdy zdefiniowany w systemie pracownik ma zdefiniowane swoje cele, poglądy oraz cechy osobowościowe. Technika przemieszczania się użyta w Pathfinder (zmienna sterująca) jest wariantem w oryginalnej technice sterowania, która pozwala modelom uciekających ludzi wybierać tak cząstkowe kierunki poruszania, aby ich indywidualny czas ewakuacji był jak najkrótszy. Pathfinder zawiera również alternatywny model poruszania się tłumu bazujący na równaniach z SFPE (*Engineering Guide on Human Behavior in Fire*). Charakterystyka poruszania się osób składa się z dwóch części: profili i zachowań. Profile definiują prędkość poruszania się, wymiary (średnicę kołową), wygląd i kolor, natomiast zachowania określają sekwencję akcji w trakcie trwania symulacji, takich jak przejście we wskazane miejsce, postój i wyjście. Mechanizm ten jest zgodny z SFPE [39] zarówno w profilach prędkości, jak i kontroli przejścia przez drzwi. W tym trybie pracy Pathfinder odtwarza w pierwszej kolejności ręczne obliczenia, używając do tego założeń i wytycznych SFPE. Pozwala to na szybkie określenie czasu ewakuacji dla modelu budynku, a nawet dla dużych kompleksowych obiektów [40].

Wizualizację zbudowanego w programie Pathfinder modelu wykorzystanego do symulacji ewakuacji z budynku przedstawiono na ryc. 7.



Ryc. 7. Model przedstawiający budynek wraz z rozmieszczonymi osobami w poszczególnych pomieszczeniach
Fig. 7. Model showing the building with people distributed in different rooms
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Zgodnie z założeniami eksperymentu w ewakuacji brało udział 137 osób, które rozmieszczono w poszczególnych pomieszczeniach budynku. Na podstawie danych literaturowych [9] oraz danych z obserwacji ewakuujących się ludzi do celów symulacji założono wartość czasu zwłoki 2 min 30 s dla każdej osoby ewakuującej się.

Ryc. 8. Rozpoczęcie ewakuacji po ustalonym 2,5-minutowym czasie zwłoki
Fig. 8. Begin evacuation after a set delay time of 2.5 minutes
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

BiTP Vol. 35 Issue 3, 2014, pp. 149-158
DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.14

Ryc. 9. Widok po 5 minutach i 20 sekundach
Fig. 9. View after 5 minutes and 20 seconds
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Przeprowadzona symulacja wykazała, że zgodnie z najbardziej optymistycznym wariantem całkowity czas ewakuacji 137 osób z budynku przy założonym czasie zwłoki 2,5 minuty wyniesie 5 minut i 29,5 sekundy.

7.2. Wyznaczenie wymaganego czasu ewakuacji na podstawie normy British Standard

Po zastosowaniu wskazań literaturowych [9,41] analiza warunków ewakuacji w oparciu o dostępny czas bezpiecznej ewakuacji i wymagany czas bezpiecznej ewakuacji przedstawia się następująco.

Na wymagany czas bezpiecznej ewakuacji (WCBE) składają się

- czas zauważenia (wykrycia),
- czas alarmu,
- czas reakcji,
- czas przemieszczania.

$$WCBE=\Delta t_{det} + \Delta t_{a} +(\Delta t_{pre} + \Delta t_{przej}) \qquad (1)$$

gdzie:

t_{det} – czas detekcji, czyli czas od zainicjowania pożaru do czasu jego wykrycia przez system sygnalizacji pożarowej lub przez użytkowników

t_{a} – czas alarmowania, czyli czas od momentu detekcji do czasu ogłoszenia alarmu

t_{pre} – czas wstępnych reakcji użytkowników i rozpoznania

t_{przej} – czas przejścia użytkowników budynku, składający się z czasu wymaganego do przejścia użytkowników do wyjścia na zabezpieczone drogi ewakuacyjne tzw. „czas przejścia" oraz czas wymaganego na przejście przez wyjścia i drogi ewakuacyjne tzw. „flow".

W przedmiotowym obiekcie przy założeniu pożaru w jednym z pomieszczeń WCBE:

- czas zauważenia – 120 s (założono najgorszy wariant: wykrycie po 30 s, alarm I stopnia i jego weryfikacja, następnie alarm II stopnia)
- czas alarmu – 30 s
- czas reakcji – 90 s
- czas przemieszczania – 280 s

Razem WCBE= 520 s = 8 min 40 sekund

Należy zwrócić uwagę na to, że zastosowanie systemu sygnalizacji pożarowej zaalarmuje po kilkunastu sekundach od momentu powstania pożaru obsługę centrali o pożarze, a następnie obsługa sprawdzi alarm i powiadomi użytkowników przebywających w budynku o konieczności ewakuacji lub rozpocznie akcję gaśniczą, w zależności od oceny sytuacji.

7.3. Wnioski z przeprowadzonego eksperymentu

Porównując rzeczywisty czas ewakuacji z symulacją komputerową, czas uzyskany przy pomocy tej ostatniej jest krótszy o 3 minuty 23,5 sekundy. Trzeba jednak wziąć pod uwagę fakt, iż założenia programowe każą wybrać najkrótszą drogę ewakuującej się osobie, a w rzeczywistości ludzie z reguły wybierają drogę lepiej im znaną, tę, którą przyszli, wracają się po coś lub kogoś. Dlatego widoczna jest różnica pomiędzy uzyskanymi wynikami.

Podczas obserwacji zauważono również, że ruch nie jest ciągły tak jak w przypadku symulacji komputerowej. Różne osoby ewakuują się z różnym czasem opóźnienia, ponieważ każda jednostka zachowuje się w sposób indywidualny. Dlatego warto podczas szacowania czasów ewakuacji zakładać margines bezpieczeństwa, aby mieć pewność, że ludzie ewakuują się w bezpiecznych warunkach.

Jednocześnie warto zwrócić uwagę na wykonane obliczenia w oparciu o wytyczne standardów [9], które praktycznie przy założeniu najmniej korzystnego wariantu pokrywają się z wynikami obserwowanej ewakuacji.

W trakcie trwania eksperymentu można było zaobserwować widoczne cztery fazy modelu koncepcyjnego.

8. Podsumowanie

W celu poznania rzeczywistych zachowań użytkowników podczas ewakuacji należy dokonywać szczegółowych analiz rzeczywistych zdarzeń, aby poznać które działania prowadzą do opóźnień i jakie zachowania mają decydujący wpływ na przebieg ewakuacji. Następnie teorię zachowań należy przetłumaczyć na język programowania. Obecne modele nadal są niekompletne i uproszczone, nie stanowią odzwierciedlenia rzeczywistego zachowania użytkowników podczas pożarów budynków. Rozwiązaniem tego problemu jest tworzenie kompleksowej, solidnej teorii na temat zachowania ludzi podczas ewakuacji w trakcie pożaru budynku.

Każdy proces ewakuacji zaczyna się nowymi wskazówkami i informacjami z otoczenia fizycznego i społecznego. Po pierwsze sygnały trzeba dostrzegać, interpretować, a następnie należy podjąć decyzję, co należy zrobić dalej. Podczas ewakuacji osób proces ten należy powtó-

rzyć kilka razy, angażując się w różnorodne działania zarówno przed, jak i w trakcie ruchu celowego ewakuacji [4].

Studium przypadków z prób ewakuacji, pożarów i katastrof powinno być włączone do aktualizacji obecnych modeli ewakuacji, aby możliwe było dokładne odzwierciedlenie zachowania użytkowników podczas ewakuacji. Dzięki poznaniu zachowań ludzkich możliwe będzie tworzenie dokładnych i realistycznych modeli ewakuacji, które przekładać się będą na zapewnienie bezpieczeństwa użytkownikom budynków.

Literatura

1. Kuk M.L., *A Nightclub, A Fire ... And a Generation Vanishes. The Story of the Rhythm Night Club Tragedy*, "Firehouse" Vol. 35 Issue 11, 2010, pp. 96-100.
2. http://www.usfa.dhs.gov/statistics/national/index.shtm USFA. 2007
3. Hall J. R., *How Many People Can Be Saved from Home Fires if Given More Time to Escape?*, "Fire Technology" Vol.40 Issue 2, 2004, pp. 117-126.
4. Kuligowski E.D., *Modeling Human Behavior during Building Fires,* NIST Technical Note 1619, 2008.
5. Purser D.A., Bensilum M., *Quantification of behavior for engineering design standards and escape time calculations*, "Safety Science" Vol. 38, 2001.
6. Pires T.T., *An approach for modeling human cognitive behavior In evacuation models*, "Fire Safety Journal" Vol. 40, 2005.
7. Rubadiri L., Ndumu D.T., Roberts J.P., *Predicting the evacuation capability of mobility-impaired occupants*, "Fire Technology" Vol. 33, 1997.
8. Kobes M., Helsloot I., de Vries B., Post J.G., *Building safety and human behavior in fire: A literature review*, "Fire Safety Journal" Vol. 45, 2010.
9. PD 7974-6: 2004 The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part 6: Human factors. Life safety strategies. Occupant evacuation, behavior and condition.
10. Hankin B.D., Wright R.A., *Passenger flow in subways*, "Operational Research Quarterly" Vol. 9 Issue 2, 1958.
11. Hoel L.A. *Traffic and Highway Engineering*, Cengage Learning, 1968.
12. Mayne A.J., Some further results in the theory of pedestrians and road traffic, "Biometrika", Vol. 41, 1954.
13. O'Flaherty C.A. and Parkinson M.H., *Movement on a city centre footway*, "Traffic engineering and control" Vol. 10, 1972, pp. 160-163.
14. National Fire Protection Association Fire Protection Handbook - 2003.
15. Hamacher H.W. and Tjandra S.A., *Mathematical modelling of evacuation problems: A state of art., "*Berichte des Fraunhofer", ITWM, Issue 24, 2001.
16. Yuhaski S.J., MacGregor Smith J., *Modeling circulation systems in buildings using state dependent queueing models*, "Queueing Syste*m"* Vol. 4, 1989.
17. Garbrecht D., *Describing pedestrian and car trips by transition matrices*, "Traffic Quarterly" Vol. 27, 1973.
18. Henderson L.F., *The statistics of crowd fluids*, "Nature" Vol. 229, 1971.
19. Henderson L.F., Jenkins D.M.., *Response of pedestrians to traffic challenge*, "Transportation Research" Vol. 8, 1973.
20. Henderson L.F., Lyons D.J., *Sexual differences in human crowd motion*, "Nature" Vol. 240, 1972.
21. *Encyklopedia PWN*, [dok. elektr.] http://encyklopedia.pwn.pl/lista.php?co=t%B3um
22. Blumer H., *Collective Behavior*, Irvington Publishers, 1951.
23. http://pl.wikipedia.org/wiki/Tłum dnia 12.12.2010 r.
24. Park R.E., *On Social Control and Collective Behavior*, University of Chicago Press, 1967.
25. Le Bon G., *Psychologia tłumu,* Wydawnictwo Marek Derewiecki, 2007.
26. Spearpoint M., *Effect of Pre-evacuation Distributions on Evacuation Times in the Simulex Model*, "Journal of Fire Protection Engineering", Vol. 14, 2004, pp. 33-54.
27. Thompson P.A., Wu J., Marchant E.W., *Modelling Evacuation in Multi-storey Buildings with Simulex*, "Fire Engineering" Vol. 56, 1996, pp.7-11.
28. Fahy R.F., *EXIT89 High-rise Evacuation Model – Recent Enhancements and Example Applications*" s. 1001-1005 in Interflam '96, International Interflam Conference – 7th Proceedings, edited by C. A. Franks and S. Grayson. London, England: Interscience Communications Ltd. 1996.
29. Bensilum M., Purser D.A., *Gridflow: An object-oriented building evacuation model combining pre-movement and movement behaviours for performance-based design*" In 7th International Symposium on Fire Safety Science, edited by D. Evans. London, England: Interscience Communications Ltd. 2002.
30. Fraser-Mitchell J.N., *Modelling Human Behavior within the Fire Risk Assessment Tool "CRISP"*, "Fire and Materials*"* Vol. 23, 1999, pp. 349-355.
31. Filippidis L., Galea E., Gwynne S., Lawrence. P., *Representing the Influence of Signage on Evacuation Behaviour within an Evacuation Model*, "Journal of Fire Protection Engineering" Vol. 16, 2006, pp. 37-73.
32. Gwynne S., Galea E.R., Lawrence P.J., Owen M., Filippidis L., *Adaptive Decision-Making in building EXODUS*, "Journal of Applied Fire Science" Vol. 8, 1999, pp. 265-289.
33. Brennan P., *Modelling Cue Recpgnition and Pre-Evacuation Response*, w: *Proceedings – 6th International Symposium of Fire Safety Science*, International Association for Fire Safety Science, London, England, 1999, 1029-1040.
34. Canter D., Breaux J., Sime J., *Domestic, Multiple Occupancy and Hospital Fires*, w: *Fires and Human Behaviour*, David Canter (red.), New York, NY: John Wiley & Sons. 1980, 117-136.
35. Starbuck W.H., Milliken F.J., *'Executives' perceptual filters: What they notice and how they make sense*, w: *The executive effect: Concepts and methods for studying top managers*, D. C. Hambrick (red), Greenwich, CT: JAI, 1988, 35-65.
36. Canter D., Donald I., Chalk J., *Pedestrian Behaviour during Emergencies Underground: The psychology of crowd control under life threatening circumstances*, in *Safety in Road and Rail Tunnels*, A. Vardy (red.), Bedford: Independent Technical Conferences Ltd, 1992, 135-150.
37. Turner R.H., Killian L.M., *Collective Behavior*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, Inc. 1987.
38. Connell R., *Collective Behavior in the September 11, 2001 Evacuation of the World Trade Center*, "Preliminary Paper #313", Newark: DE: University of Delaware Disaster Research Center, 2001.
39. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering-Third Edition (2002).
40. http://www.pyrosim.pl/pathfinder-symulacja-ewakuacji-z-budynku/budownictwo-ogrzewnictwo.html dnia 10.08.2013r.
41. Cłapa I., Porowski R., Dziubiński M., *Wybrane modele obliczeniowe czasów ewakuacji*, BiTP Vol. 24 Issue 4, 2011, pp. 71-79.

DOI:10.12845/bitp.35.3.2014.14

prof. dr hab. inż. Marek Dziubiński, pracownik naukowy Politechniki Łódzkiej, pełni obecnie funkcję kierownika Katedry Inżynierii Chemicznej na Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska Politechniki Łódzkiej. Zainteresowania naukowe to przepływy wielofazowe ze szczególnym uwzględnieniem przepływów dwufazowych ciecz-gaz cieczy newtonowskich i nienewtonowskich, reologia i reometria techniczna, elementy ryzyka i bezpieczeństwa procesowego (wypływy jedno- i dwufazowe z rurociągów i zbiorników) oraz utrzymywanie emulsji oraz ich właściwości.

mgr inż. Iwona Cłapa, absolwentka Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Obecnie doktorantka na Wydziale Inżynierii Procesowej i Ochrony Środowiska SGSP. Obszar zainteresowań naukowych to modelowanie numeryczne procesów ewakuacji oraz inżynieria bezpieczeństwa pożarowego.

Wytyczne dla Autorów

Maszynopis
Artykuły prosimy przesyłać w wersji elektronicznej w formacie Word. Redakcja przyjmuje do druku oryginalne artykuły naukowe, doniesienia wstępne, artykuły przeglądowe, studia przypadków oraz z praktyki dla praktyki. Maszynopis w języku polskim, angielskim lub rosyjskim nie powinien przekraczać 22 stron (format A4, Times New Roman 12 pkt., interlinia 1,5), pisany bez podziału na kolumny (łącznie 40 000 znaków razem ze spacjami).

Definicje typów artykułów
A. Oryginalny artykuł naukowy – opisane są w nim wyniki dotychczas niepublikowanych badań i eksperymentów naukowych autora lub bezpośrednio mu podlegającego zespołu naukowego, nowych w stosunku do dotychczasowej wiedzy i dorobku w danej dziedzinie, stanowiących oryginalny wkład w światową naukę. Publikacje naukowe są zazwyczaj naukowym źródłem pierwotnym.
B. Doniesienie wstępne (komunikat z badań) – opisane są w nim wstępne, ale już na tym etapie obiecujące wyniki prowadzonych, lecz jeszcze nieukończonych badań;
C. Artykuł przeglądowy – opisuje obecny stan wiedzy w danym obszarze tematycznym, czasem przy uwzględnieniu kontrowersyjnych lub spornych kwestii, zawiera opis zarówno teoretyczny, aktualną i właściwie dobraną literaturę źródłową, jak i praktyczny aspekt zagadnienia; autor powinien uwzględnić nierozwiązane w danej kwestii problemy.
D. Studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych – artykuł zawiera opis zdarzenia lub przypadku (jednego lub kilku), ciekawego z naukowego lub praktycznego punktu widzenia; analizę tego zdarzenia, dyskusję opartą na najnowszym piśmiennictwie oraz wnioski wynikające z przeprowadzonej analizy.
E. Z praktyki dla praktyki – podstawą tego artykułu są doświadczenia związane z prowadzonymi akcjami ratowniczym lub innymi praktykami stosowanymi w ochronię przeciwpożarowej, z których wnioski mogą mieć zastosowanie praktyczne w innych tego typu przypadkach.

Abstrakty ustrukturyzowane
Artykuł zgłaszany do redakcji musi być poprzedzony dwujęzycznym abstraktem ustrukturyzowanym według jednego z poniższych przykładów. Artykuły z abstraktem nieustrukturyzowanym krótsze niż 2400 znaków ze spacjami nie będą kwalifikowane przez redakcję do procesu recenzyjnego.

1. Struktura abstraktu dla oryginalnego artykułu naukowego/doniesienia wstępnego
• **Cel** – powinien jasno przedstawiać hipotezę postawioną w artykule;
• **Projekt i metody** – narzędzia i metody użyte w badaniach;
• **Wyniki** – rezultaty badań;
• **Wnioski** – w odniesieniu do hipotezy oraz możliwe kierunki przyszłych badań.

2. Struktura abstraktu dla artykułu przeglądowego/studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych
• **Cel** – główne pytania postawione w artykule
• **Wprowadzenie** – kontekst/tło przedstawionego w artykule zagadnienia/problemu/zdarzenia
• **Metodologia** – użyte do omówienia/analizy tematu metody/narzędzia
• **Wnioski** – główne wnioski wynikające z analizy przeglądowej/analizy zdarzenia rzeczywistego

3. Struktura abstraktu dla artykułu z praktyki dla praktyki
• **Cel** – główne pytania postawione w artykule
• **Wprowadzenie** – kontekst/tło przedstawionego w artykule zagadnienia/problemu
• **Wnioski** – główne wnioski wynikające z artykułu i ich znaczenie dla dziedziny
• **Znaczenie dla praktyki** – przedstawienie sugerowanego wykorzystania dla praktyki

Jeśli artykuł nie pasuje do żadnej z powyższych struktur, należy użyć odpowiednio podobnej struktury. Autorzy mają obowiązek podania informacji, jaki rodzaj artykułu przesyłają do redakcji (oryginalny artykuł naukowy, artykuł przeglądowy, doniesienie naukowe, studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych lub z praktyki dla praktyki), oraz wstępnie kwalifikują artykuł do jednego z działów:
1. Rozdział autorski*
2. Postacie pożarnictwa
3. Organizacja i zarządzanie strategiczne
4. Nauki humanistyczne i społeczne na rzecz bezpieczeństwa
5. Partnerstwo dla innowacyjności na rzecz bezpieczeństwa
6. Badania i rozwój
7. Certyfikaty, aprobaty i rekomendacje
8. Technika i technologia
9. Szkolenia i propagowanie wiedzy
10. Z praktyki dla praktyki
11. Studium przypadku – Analiza zdarzeń rzeczywistych
**Do tego rozdziału Komitet Redakcyjny kwalifikuje artykuły szczególnej wagi*

Struktura artykułu
A. **Struktura oryginalnego artykułu naukowego/doniesienia wstępnego:**
1) Tytuł – w jęz. polskim lub w jęz. rosyjskim (Times New Roman 16 pkt., WERSALIKI) oraz w języku angielskim (Times New Roman 14 pkt., tekst zwykły)
2) Abstrakt ustrukturyzowany – cztery akapity z nagłówkami zapisanymi pogrubioną czcionką, **około 2500 znaków ze spacjami w jęz. polskim lub rosyjskim** (jednak nie krótsze niż 2400) oraz **około 2500 znaków ze spacjami w jęz. angielskim (jednak nie krótsze niż 2400 znaków)**; Times New Roman 10 pkt. (W przypadku autorów anglojęzycznych wymagany jest tylko abstrakt w jęz. angielskim).
3) Słowa kluczowe (w jęz. polskim i angielskim lub w jęz. rosyjskim i jęz. angielskim lub tylko w jęz. angielskim w przypadku autorów anglojęzycznych, łącznie do 10 wyrazów; Times New Roman 10 pkt.)
4) Wprowadzenie
5) Metody
6) Wyniki
7) Dyskusja nad metodami i wynikami
8) Podsumowanie/Wnioski
9) Literatura
10) Nota biograficzna o autorze/autorach
B. **Struktura artykułu przeglądowego/studium przypadku/z praktyki dla praktyki:**
1) Tytuł – w jęz. polskim lub w jęz. narodowym autora (Times New Roman 16 pkt., DRUKOWANY) oraz w języku angielskim (Times New Roman 14 pkt., tekst zwykły)
2) Abstrakt ustrukturyzowany – cztery akapity z nagłówkami zapisanymi pogrubioną czcionką, **około 2500 znaków ze spacjami w jęz. polskim lub rosyjskim** (jednak nie krótsze niż 2400) oraz **około 2500 znaków ze spacjami w jęz. angielskim (jednak**

nie krótsze niż 2400 znaków); Times New Roman 10 pkt. (W przypadku autorów anglojęzycznych wymagany jest tylko abstrakt w jęz. angielskim).
3) Słowa kluczowe (w jęz. polskim i angielskim lub w jęz. rosyjskim i jęz. angielskim lub tylko w jęz. angielskim w przypadku autorów anglojęzycznych, łącznie do 10 wyrazów; Times New Roman 10 pkt.)
4) Wprowadzenie
5) Rozdziały zatytułowane przez autora
6) Podsumowanie
7) Wnioski
8) Literatura
9) Nota biograficzna o autorach

Literatura
Odwołania do literatury umieszcza się na końcu artykułu w kolejności pojawiania się w tekście. Przypisy bibliograficzne należy podawać w jednolitej wersji. **Nazwiska i tytuły pisane cyrylicą powinny być podane w transliteracji zgodnie z normą GOST 52535.1-2006**. Zalecane jest odwoływanie się głównie do publikacji recenzowanych. W przypadku dokładnego cytowania w tekście obok numeru przyporządkowanego publikacji zamieszczonej w spisie Literatury podaje się również numer strony, z której pochodzi cytat – np. [2, s. 234]. Cytaty polskojęzyczne należy umieszczać w cudzysłowach, cytaty obcojęzyczne należy pisać kursywą.

Przykłady tworzenia odsyłaczy bibliograficznych w spisie literatury (oparte o system cytowania Chicago):
Cytowanie książek:
Szczerba K., *Bezpieczny dom*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów, 2012.

Rozdział pracy zbiorowej
Suchorab P., *Wpływ produktów pochodzenia naftowego na cechy fizyczno-mechaniczne betonu*, w: *Usuwanie substancji ropopochodnych z dróg i gruntów*, J. Rakowska (red.), Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów, 2012, 37–44.

Cytowanie czasopism
Mizerski A., *Piany jako nośniki chemicznych środków neutralizacji skażeń*, BiTP Vol. 29 Issue 1, 2013, pp. 87–93.

Cytowanie publikacji ze źródeł cyfrowych:
Ciekanowski Z., *Motywacja a system ocen*, BiTP Vol. 29 Issue 1, 2013, pp. 29-33 [dok. elektr.] ***http://czytelnia.cnbop.pl/czytelnia/31/348*** [dostęp 2 maja 2013].

Cytowanie materiałów pokonferencyjnych:
Adamiec P., *Problemy przy spawaniu i napawaniu części maszyn*, w: *Technologia maszyn. Zbiór referatów: III Naukowe Warsztaty Profesorskie – TM ,97, II Forum Prac Badawczych ,96 - Kształtowanie części maszyn przez usuwanie materiału*, T. Karpiński (red.), Wydaw. Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin, 1997, 23–31.

Cytowanie komunikatów z badań
Centrum Badania Opinii Społecznej, Komunikat z badań: Aktualne problemy i wydarzenia, [dok. elektr.] ***http://badanie.cbos.pl/details.asp?q=a1&id=4809***, [dostęp 06.05.2013].
Cytowanie ustaw, norm, dyrektyw unijnych:
1) Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej (Dz. U. 2009 r. Nr 12 poz. 68).
2) PN-EN 54-4:2001 Systemy sygnalizacji pożarowej – Część 4: Zasilacze.
3) Dyrektywa Komisji 2009/149/WE z dnia 27 listopada 2009 r. dotycząca dyrektywy 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wspólnych wskaźników bezpieczeństwa oraz wspólnych metod obliczania kosztów wypadków.

Tabele, ryciny, ilustracje
Podpisy do tabel, rycin i ilustracji oraz treść w tabelach, rycinach i ilustracjach należy podawać w języku, w którym został napisany artykuł, oraz w języku angielskim.
Tabele należy dodatkowo przygotować w oddzielnym załączniku. Rysunki należy nadsyłać w formie gotowej do druku jako oddzielne pliki w formacie jpg, png lub tiff (min. 300 dpi, wielkość około 1 MB). Wykresy tworzone w programie Excel (lub w jego odpowiedniku) należy przesyłać w formacie .xls (format programu Excel).
Artykuły bez elementów graficznych odpowiedniej jakości nie będą przyjmowane do druku.
Przy wszystkich tabelach, rycinach, wykresach, zdjęciach itd. należy podać źródło, z którego pochodzą, lub umieścić informację „Opracowanie własne".

Skróty
Rozwinięcia wszystkich użytych w artykule skrótów należy podać w formie wykazu na końcu artykułu.

Autor
W przypisie do nazwiska autora należy podać pełną nazwę instytucji oraz adres korespondencyjny (jak również adres e-mailowy). Autorzy proszeni są o załączenie krótkiej noty biograficznej (ok. 50 słów). Jeśli artykuł ma więcej niż jednego autora, należy podać udział procentowy poszczególnych osób w powstaniu artykułu oraz zakres wkładu merytorycznego (zob. **współautorstwo artykułu**)
Redakcja zobowiązuje się do zachowania poufności informacji dotyczących szczegółowych danych osobowych autorów i recenzentów.

Współautorstwo artykułu
Zgodnie z definicją współautorstwa zawartą w publikacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt. „Rzetelność w badaniach naukowych oraz poszanowanie własności intelektualnej" to pojęcie należy rozumieć w następujący sposób:
Współautor to każdy, kto napisał niewielki nawet jego fragment, wniósł twórczy wkład w jego koncepcję lub układ, brał udział w projektowaniu badań naukowych, których wynikiem jest dany utwór. Współautorem nie jest osoba, która wykonywała czynności administracyjne związane z pracą nad stworzeniem dzieła naukowego (np. szef placówki naukowej, osoba pozyskująca środki do badań, osoba zbierająca dane lub wykonująca obliczenia statystyczne). Prawa do współautorstwa nie nabywa również konsultant, dzielący się swą wiedzą.
W związku z powyższym Redakcja zobowiązuje autorów do podawania w artykułach wkładu procentowego oraz wykazywanie zakresu wkładu poszczególnych współautorów w powstanie artykułu, czyli tzw. atrybucji (autor koncepcji, założeń, metod) – tę informację należy umieścić w Deklaracji wkładu autorskiego, którą autor załącza do artykułu przesyłanego do redakcji.

Deklaracja wkładu autorskiego oraz informacja o źródle finansowania znajduje się na stronie internetowej: http://czytelnia.cnbop.pl/wytyczne-dla-autorow.

Redakcja zobowiązuje również autora/autorów do podania informacji o źródle finansowania badań. Odpowiedzialność za

prawdziwość powyższych danych ponosi osoba przedkładająca artykuł do druku.

Zapora *ghostwriting* i *guest autorship*
Mając na uwadze prawdziwość publikowanych danych o wkładzie autorskim w powstanie zgłaszanych do druku artykułów i by uniknąć zjawisk typu *ghostwriting* i *guest autorship*, Redakcja kwartalnika „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" zobowiązuje autorów do rzetelnego wykazywania udziału osób trzecich w procesie powstawania artykułu.
1) *Ghostwriting* ma miejsce wtedy, gdy wkład w powstanie artykułu wniosła osoba niewymieniona w wykazie autorów lub w podziękowaniach.
2) *Guest autorship* zachodzi wtedy, gdy artykuł powstał bez udziału osoby wymienionej w wykazie autorów lub wniosła ona znikomy wkład w powstanie danej publikacji.
Zgodnie z wytycznymi Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego Redakcja prosi autorów o ujawnianie wkładu poszczególnych osób w powstanie artykułu przez podawanie udziału procentowego w przypisie do tytułu artykułu.
W przypadku stwierdzenia zjawisk typu *ghostwriting* lub *guest autorship* Redakcja będzie informowała o tym jednostkę naukową zatrudniającą autora, inne stowarzyszenia, których jest on członkiem, inne ośrodki naukowe i redakcje czasopism.

Etyka
Dane opublikowane w kwartalniku „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" powinny być oryginalne. Nie należy przesyłać tekstów, które zostały wcześniej opublikowane w innym czasopiśmie lub monografii. Podawanie fałszywych danych, plagiaty oraz inne działania, które mogą prowadzić do fałszywych wniosków, są nieetyczne.

System antyplagiatowy
Artykuły nadsyłane do redakcji są poddawane ocenie przez internetowy system antyplagiatowy (Plagiat.pl). Nadesłanie artykułu jest równoznaczne z akceptacją faktu, że artykuł może zostać poddany takiej ocenie. Wszystkie wykryte przypadki nierzetelności naukowej redakcja będzie zgłaszać do odpowiednich organów instytucjonalnych.

Copyright
Autor przesyła do Wydawcy pocztą tradycyjną oświadczenie, w którym przekazuje zbywalne prawa autorskie na rzecz CNBOP-PIB na wszelkich polach eksploatacji umożliwiających publikowanie i powielanie w wersji drukowanej i elektronicznej (w tym również na stronie internetowej CNBOP-PIB) oraz na jego publikowanie w innych zintegrowanych naukowych źródłach informacyjnych z możliwością wglądu, pobierania i zwielokrotniania. Autor poświadcza również, że praca nie była wcześniej publikowana, a także nie narusza ona praw autorskich innych osób.
Oświadczenie o oryginalności artykułu oraz o przekazaniu praw autorskich znajduje się na stronie internetowej: http://czytelnia.cnbop.pl/wytyczne-dla-autorow.

Polityka Open Access
Kwartalnik „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" jest publikowany w darmowym i otwartym dostępie tzn. każdy użytkownik ma prawo czytać, kopiować, drukować, rozpowszechniać, cytować i przeszukiwać 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 informację o źródle i autorze/ach.

Procedura recenzyjna
Wszystkie napływające do Redakcji teksty przechodzą następującą procedurę zgodnie z wytycznymi Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego:
1. **Wstępna ocena formalna**
Nadesłany artykuł jest poddawany ocenie formalnej przez Redakcję (zgodność z profilem czasopisma oraz z wymogami technicznymi), a następnie kierowany do redaktora działu tematycznego.
2. Kwalifikacja przez Komitet Redakcyjny
Po zaakceptowaniu artykułu przez redaktora działu Redakcja konsultuje poprawność stylistyczną z redaktorami językowymi oraz obliczenia statystyczne z redaktorem statystycznym, jeżeli istnieje taka potrzeba. Artykuł trafia na listę artykułów oczekujących na publikację w Kwartalniku oraz pod obrady Komitetu Redakcyjnego i po akceptacji kierowany jest do recenzentów.
3. Proces recenzji
Artykuł przesyłany jest do dwóch niezależnych recenzentów, którzy są specjalistami w danej dziedzinie (wyższych lub równych stopniem naukowym z autorem), i nie są powiązani z autorem/autorami. **Zarówno autor, jak i recenzenci nie znają swoich tożsamości zgodnie z zasadą *double-blind review* (podwójnie ślepa recenzja).** Po otrzymaniu przez Redakcję dwóch arkuszy recenzji autor informowany jest o ewentualnych uwagach i poprawkach recenzenckich, które powinien nanieść na tekst.
4. Decyzja o publikacji artykułu
Jeżeli jeden z recenzentów dopuści tekst do druku, a drugi odrzuci, redaktor działu, do którego zakwalifikowano artykuł, oraz Redakcja na podstawie analizy uwag zawartych w recenzjach i ostatecznej wersji artykułu podejmują decyzję o skierowaniu go do trzeciego recenzenta. W sytuacji, gdy trzeci recenzent odrzuci artykuł, Redakcja wycofuje tekst z listy oczekujących na publikację w Kwartalniku oraz informuje o swojej decyzji autora artykułu.
5. Konsultacja z Radą Naukową
Po pomyślnym przejściu procedury recenzyjnej tytuł i abstrakt artykułu jest konsultowany z członkami Rady Naukowej kwartalnika – organem opiniującym naukowy kierunek czasopisma.
6. Wybór artykułu numeru
Komitet Redakcyjny po uwzględnieniu opinii recenzenckich wybiera artykuł rekomendowany uwadze Czytelników w danym numerze kwartalnika.

Zapraszamy Autorów, niezależnie od afiliacji, do nadsyłania swoich prac.

Artykuły należy przesyłać na adres:
Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowy Instytut Badawczy
ul. Nadwiślańska 213 05-420 Józefów k/Otwocka
Kwartalnik CNBOP-PIB
e-mail: kwartalnik@cnbop.pl

Guide for Authors

Typescript
Articles should be submitted electronically in Word format. Editors will accept for publication original research material, short scientific report, review articles, case studies – analysis of actual events and best practice in action articles. The script in Polish or Russian or English should should not exceed 22 pages (A4 format, Times New Roman 12 pts., 1.5 interspaced), written without a division into columns (Total 40,000 symbols, including spaces).

Types of articles
A. Original scientific article – describes the results of not yet published research and scientific experiments carried out by the author, or a team of scientists directly subordinated to him/her. The results are new in relation to the foregoing knowledge and achievements in the particular field, and constitute original contribution to the world's science. Such publications are usually scientific primary sources.
B. Short scientific report (initial report; survey report) – describes initial but at this stage promising results of conducted, but still unfinished research;
C. Review article – describes the current state of knowledge in the particular thematic field, sometimes providing controversial issues and contentions; involves both theoretical (current and properly chosen literature) and practical description of the topic; the author should include into the article unresolved problems related to the issue.
D. Case study – analysis of actual events – an article of this type includes: description of the untypical event / case (one or more), difficult from the scientific and practical point of view; the analysis of this event, discussion based on the up-to-date literature and conclusions derived from the conducted analysis.
E. The best practice in action – the basis for this type of article are experiences related to carried out rescue actions and other fire protection operations, conclusions of which can have practical application in other similar cases.

Structured abstracts
An article submitted for publication shall have a structured abstract written in two languages in accordance with one of the following examples. Articles without structured abstracts and with less than 2400 symbols including spaces will not be qualified for the reviewing process.

1) Abstract structure of an original scientific article / short scientific report
• **Objective** – should clearly state the hypothesis which is formulated in the article
• **Project and methods** – tools and methods used in the research
• **Results** – the outcome of the study
• **Conclusions** – the outcome in relation to the hypothesis and possible directions for future research

2) Abstract structure of a review article / case study – analysis of actual events
• **Objective** – main questions made in the article
• **Introduction** – context / background of the issue/problem introduced in the article
• **Methodology** – methods or tools used in the analysis
• **Conclusions** – main conclusions derived from a review article / analysis of actual events

3) Abstract structure of an article best practice in action
• **Objective** – main questions made in the article
• **Introduction** – context / background of the issue / problem introduced in the article
• **Conclusions** – main conclusions derived from the review article / analysis of actual events
• **Importance for practice** – presentation of suggested application for practice

If the article does not fit none of the aforementioned structures, a most adequate structure shall be applied.
Authors are obliged to inform the editorial office about the type of article they are sending (an original scientific article, a review article, a scientific report, a case study – analysis of actual events or best practice in action article). Moreover, they shall qualify tentatively the article into one of the following chapters:
1. Author's Chapter*
2. People Involved in Firefighting
3. Organization and Strategic Management
4. Humanities and Social Sciences in the Context of Safety
5. Partnership for Safety Innovation
6. Research and Development
7. Certification, Approvals and Recommendations
8. Technique and Technology
9. Training and Knowledge Promotion
10. Best practice in action
11. Case Study – Analysis of Actual Events
**Editorial Committee qualifies here particularly important articles.*

Article's structure
A. Structure of an original scientific article/short scientific report:
1) Title – in Polish or Russian (Times New Roman 16 pts., upper-case CAPITALS) and in English (Times New Roman 14 pts., lower-case)
2) Structured Abstract – four paragraphs with headings in boldface type, **about 2500 symbols - including spaces in Polish or Russian** (but not less than 2400) and **about 2500 symbols - including spaces in English (but not less than 2400)**; Times New Roman 10 pts. (Native English-speaking authors are requested to provide the abstract only in English language)
3) Keywords (in Polish and English or Russian and English, or only in English in case of native English-speaking authors, a total of 10 phrases; Times New Roman 10 pts.)
4) Introduction
5) Methods
6) Results
7) Discussion about methods and results
8) Summing-up/Conclusions
9) Literature
10) Biographical note about the author(s)
B. Structure of a review article/case study – analysis of actual events / best practice in action article:
1) Title – in Polish or Russian (Times New Roman 16 pts., upper-case CAPITALS) and in English (Times New Roman 14 pts., lower-case)
2) Structured Abstract – four paragraphs with headings in boldface type, **about 2500 symbols - including spaces in Polish or Russian** (but not less than 2400) and **about 2500 symbols - including spaces in English (but not less than 2400)**; Times New Roman 10 pts. (Native English-speaking authors are requested to provide the abstract only in English language)

3) Keywords (in Polish and English or Russian and English, or only in English in case of native English-speaking authors, a total of 10 phrases; Times New Roman 10 pts.)
4) Introduction
5) Chapters titled by the author
6) Summing-up
7) Conclusions
8) Literature
9) Biographical note about the author(s)

Literature
Literature references are identified at the end of the article in a sequence as they appear in the text. Bibliographic commentary should be in a uniform version. **Names and titles, written in Cyrillic should appear in the transliteration in accordance with the standard GOST 52535.1-2006.** It is recommended that, in the main, referenced material should be publications, which have been reviewed. In the case of precise quotations in the text against the number of an assigned publication located in the literature index, one should also include the page number, of the quotation source e.g. [12, p. 234]. Polish quotations should be inserted within quotation marks. Quotations in other languages should be written in italics.

Examples of bibliographic references in the literature index (based on the Chicago Citation Style):
Book references
Szczerba K., *Safe Home*, Publisher CNBOP-PIB, Józefów, 2012

Chapter from joint sources
Suchorab P., *The impact of crude oil based products on the physical and mechanical properties of concrete*, in: *Removal of oil derived substances from roads and the soil,* J. Rakowska (Ed.), Publisher CNBOP-PIB, Józefów, 2012, 37-44.

Journal article
Mizerski A., *Foams as carriers of chemicals for neutralizing contamination*, BiTP Vol. 29 Issue 1, 2013, pp. 87–93.

Article in an online journal
Ciekanowski Z., *Motivation and system of periodic assessment*, BiTP, Vol. 29 Issue 1, 2013, 29-33 [dok. elektr.] http://czytelnia.cnbop.pl/czytelnia/31/348 [accesed May 2 2013].

Material from conferences
Adamiec P., *Problems encountered during welding and repair of machinery*, in: *Machine Technology. Collection of papers: III Professorial Scientific Workshops – TM '97, II Research Work Forum '96 – Shaping of machine parts by the removal of substances*, T Karpiński (ed), Publisher Politechnika Koszalińska, Koszalin, 1997, 23–31.

Research communications
Centre for Research of Public Opinion, Research communication: Actual problems and incidents, [doc. elektr] http://badanie.cbos.pl/details.asp?q=a1&id=4809, [access 06.05.2013].

Statute, standards and EU Directives
1) Statute dated 24 August 1991 concerning The Polish State Fire Service (Dz. U. [Journal of Laws] 2009 No. 12 item 68)
2) PN-EN 54-4:2001 Fire alarm systems – Part 4: Power supply.
3) Commission Directive 2009/149/WE dated 27 November 2009 concerning directive 2004/49/WE of the European Parliament dealing with community safety indicators and community methods of calculating costs of incidents.

Tables, figures and illustrations
Captions for tables, figures and illustrations as well **as texts in tables, figures and illustrations** should be in the language in which the article was written **and in English**. Tables should be incorporated in the text and, additionally, produced in a separate file and submitted as an enclosure to the article. As a rule, figures should be submitted in a form ready for printing, in separate files (jpg or tiff format – minimum 300 dpi, about 1MB). Diagrams made in Excel (or its analogue) should be sent in .xls format.
Articles without graphic elements of appropriate quality will not be printed. Authors shall always indicate sources while presenting tables, figures, diagrams and photographs or inform about own elaboration using caption: "Author's own elaboration".

Abbreviations
At the end to the article the author should draw up the list of abbreviations used in the paper with the information what they stand for.

Author
The authors name should be accompanied by a note reflecting the full name of the institution, and the address for correspondence (e-mail address). Authors are requested to enclose a short biographical note (about 50 words). If an article has more than one author, it is necessary to indicate the percentage contribution of each individual to the creation of the article as well as the scope of authors' contribution **(see Co-authorship)**
Editors are obliged to preserve the confidentiality of personal information about authors and reviewers.

Co-authorship
Co-authorship, as defined by the Polish Ministry of Science and Higher Education in the publication **'Reliability in research and respect for intellectual property rights'** should be understood in the following way:
A co-author is a person who has: written even a small fragment, made a creative contribution to the concept or format, participated in the design of a research project, from which a given piece of work represents the outcome. A co-author is not a person who performs administrative tasks related to a research project (e.g. head of a research establishment, a person raising research funding, a person engaged with data collection or someone performing statistical calculations). The right to co-authorship is not acquired by a consultant who shares his/her knowledge.
Accordingly, authors are obliged to identify, in percentage terms, co-author contributions and reveal the actual input of an individual co-author to original scientific papers, i.e. attribution (author of the concept, assumptions, methods). Such information should be included as the Declaration of author's contribution which should send as a form of an attachment with the article.

Declaration of the author's contribution and information of funding source is available at the website: http://czytelnia.cnbop.pl/en/node/6.

Authors are also requested to provide information about funding sources supporting the work described in an article. Responsibility for veracity of the above mentioned information rests with the person submitting the script for publication.

Ghost-writing and guest authorship boundaries
In scientific research articles, ghost-writing and guest authorship is considered a misconduct.

1) *Ghost-writing* occurs when the input to an article is by a person who is not named in the list of authors or excluded from acknowledgements.
2) *Guest authorship* describes a situation where an article is created without participation or with a negligible contribution of a person named in the list of authors.In accordance with directions from the Minister of Science and Higher Education, the Editorial Board requires authors to disclose individual contributions to articles in percentage terms, by an annotation to the title of an article.
With due regard to the need for integrity of information concerning authors and to avoid situations known as ghost-writing and guest authorship, the BiTP Editorial Board requires authors to disclose honest information about third parties who participate in the creation of submitted articles. Where ghost-writing or guest authorship is identified, the Editorial Board will inform the author's Research Establishment, associations of which the author is a member, other Research Centres and Editorial Boards of different publications about the incident.

Ethics
Material published in BiTP should be original. Articles reproduced previously in other journals and specialist study publications should not be submitted. Falsified data, plagiarism and any other inappropriate act, which could lead to false conclusions, is unethical.

Anti-plagiarism system
The articles sent to the editing office are checked by Internet anti-plagiarism system (Plagiat.pl). If an author sends his/her article to the editing office he or she automatically accepts the fact that the article can be assessed in such a context. All cases of author's unreliability in research will be reported by the editing staff to appropriate administrative authorities.

Copyright
The author of the article sends the Publisher via traditional post a declaration, by means of which he or she transfers his or her all copyright to the Publisher so that the Publisher can make use of the article in any way, including publishing, copying in print and electronic version (including CNBOP-PIB website) and publishing in other integrated scientific resources with the possibility for reading, downloading and copying. The author also confirms that the work has not been published previously and that the article does not infringe other persons' copyright.
Declaration of originality and copyright transfer is available at our website: http://czytelnia.cnbop.pl/en/node/6

Open access policy
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.

Review Procedure
All incoming texts to the Editorial Board undergo the following procedure in accordance with the guidelines set by the Ministry of Science and Higher Education:
1. Initial formal evaluation
Received article is subjected to a formal evaluation by the Editorial Board (compatibility with magazine profile and technical requirements) and then sent to the editor of the thematic section.
2. Qualification by the Editorial Committee
Once the article is accepted by the editor, the editorial department will consult the style with the language editors and the statistics with the statistical editor, if necessary. The article is placed on the waiting list of articles to be published in the Quarterly and is simultaneously discussed by the Editorial Board. Then, once the article is approved, it is sent to the reviewers.
3. Review procedure
The article is sent to two independent reviewers who are experts in the field (with a higher or equal degree as the author), and are not affiliated with the author / authors. **Both the author and the reviewers do not know each other's identities which is in accordance with the principle of double-blind review.** Upon receipt of two reviews, the author is informed of any possible comments and revisions which should be included in the text.
4. The decision to publish the article
If one of the reviewers allowed to print the article and the other rejects it, the Editor, who is in charge of the article and the Editorial Board, based on the observations made in the reviews and the final version of the article, make the decision to send the article to a third reviewer. In a situation where the third reviewer rejects the article, the Editorial Board withdraws the article from the waiting list of articles to be published in the Quarterly and informs the author of the article about the decision.
5. Consultation with the Scientific Committee
Once the review procedure is successfully completed, the title and abstract of the article are consulted with the members of the Scientific Committee of the Quarterly – consultative body of the scientific path of the magazine.
6. Selection of recommended article
Editorial Committee, after taking into account the opinion of the reviewers, selects an article recommended to the readers in a given Quarterly.

We invite Authors, regardless of their affiliation, to submit their papers.

The papers should be sent to:
CNBOP-PIB Scientific and Research Centre for Fire Protection
National Research Institute
Nadwiślańska Street 213
05-420 Józefów near Otwock
Poland
CNBOP-PIB's Quarterly
e-mail: kwartalnik@cnbop.pl

Правила для авторов

Машинопись
Статьи должны быть отправлены в электронном виде в формате Word. Редакция принимает к печати оригинальные научные статьи, предварительные отчёты, обзорные статьи, тематические исследования, а также статьи с практики для практики. Машинопись на польском, английском или русском языке не должна превышать 22 страниц (формат A4, шрифт Times New Roman 12 пунктов, межстрочный интервал 1,5), написан без разделения на столбцы (вместе 40 000 знаков, включая пробелы).

Определения видов статей
А. Оригинальная научная статья - описывает результаты ещё неопубликованных исследований и научных экспериментов автора или непосредственно подчинённой ему исследовательской группы, новые в отношении к существующим знаниям и достижениям в данной области, составляющие оригинальный вклад в мировую науку. Научные публикации обычно являются первичным научным источником.
Б. Предварительный отчёт - описывает предварительные, но на данном этапе обещающие результаты проведённых, но ещё неоконченных научных исследований.
В. Обзорная статья - описывает актуальное состояние знаний в данной тематической области, время от времени при учтении спорных вопросов; в статье находятся теоретическое описание, актуальная и правильно выбранная литература, практический аспект вопроса; автор должен учесть неразрешенные проблемы, касающиеся этого вопроса.
Г. Тематическое исследование - анализ реальных случаев - статья включает описание события или случая (одного или несколько), интересного с научной или практической точки зрения; анализ этого события, дискуссию, основанную актуальной литературой, а также выводы, вытекающие из проведенного анализа.
Д. С практики для практики - основой этой статьи является опыт связанный с проведенными спасательными операциями или другими практиками, применяемыми в противопожарной охране; выводы вытянутые из этих практик могут иметь практическое применение в других похожих случаях.

Структурированные аннотации
Статья направленная в редакцию должна содержать двуязычную структурированную аннотацию оформленную согласно одному из нижеприведённых образцов. Статьи без структурированной аннотации содержащей минимум 2400 знаков с пробелами не будут допущены редакционным советом в рецензионный процесс.

1) Структура аннотации оригинальной научной статьи / научного отчёта
- **Цель** - должна ясно представлять гипотезу, поставленную в статье;
- **Проект и методы** - инструменты и методы, использованные в исследованиях;
- **Результаты** - результаты исследований;
- **Выводы** - относительно гипотезы, а также возможные направления будущих исследований.

2) Структура аннотации обзорной статьи / тематического исследования - анализа реальных событий
- **Цель** - главные вопросы заданы в статье;
- **Введение** - контекст / общий план представленного в статье вопроса / проблемы / события;
- **Методология** - инструменты и методы, использованные в исследованиях;
- **Выводы** - главные выводы, вытекающие из обзорного анализа / анализа реальных событий

3. Структура аннотации статьи с практики для практики
- **Цель** - главные вопросы заданы в статье;
- **Введение** - контекст / общий план, представленного в статье вопроса / проблемы;
- **Выводы** - главные выводы, вытекающие из статьи и их значение для данной области
- **Значение для практики** - представление суггестии предлагаемого использования в практике

Если статья не отвечает ни одной из вышеприведённых структур, автор должен применить наиболее похожую структуру. Авторы обязаны передать информацию, какой вид статьи они направляют в редакцию (оригинальная научная статья, предварительный отчёт, обзорная статья, тематическое исследование, статья с практики для практики), а также предварительно определить в который из нижеприведенных разделов редакция должна поместить статью:
1. Авторская глава*
2. Лица пожарной охраны
3. Организация и стратегическое руководство
4. Гуманистические и общественные науки на благо безопасности
5. Партнерство для развития в целях безопасности
6. Исследования и развитие
7. Сертификация, одобрения и рекомендации
8. Техника и технология
9. Обучение и пропагандирование знаний
10. С практики для практики
11. Тематическое исследование - анализ реальных событий
** К этому разделу Редакционный Совет приро*сует особенно интересные статьи

Структура статьи
А. Структура оригинальной научной статьи/предварительного отчёта:
1) Заглавие - на польском или русском языке (Times New Roman 16 пунктов, ЗАГЛАВНЫЕ), **а также на английском языке** (Times New Roman 14 пунктов, строчные)
2) Структурированная аннотация (резюме) - четыре абзаца с заглавиями, записанные жирным шрифтом, около **2500 знаков с пробелами на польском языке либо** русском **языке** и (но мин. 2400 знаков с пробелами) **около 2500 знаков с пробелами на английском языке (но мин. 2400 знаков с пробелами)**; Times New Roman 10 пунктов. (От англоязычных авторов (родным языком которых является английский требуют аннотацию только на английском).
3) Ключевые слова (на польском и английском языках или русском и английском, либо только на английском (в случае англоязычных авторов) в общем до 10 выражений; Times New Roman, 10 пунктов)
4) Введение
5) Методы
6) Результаты
7) Дискуссия над методами и результатами
8) Подведение итогов/Выводы
9) Литература
10) Биографическая справка об авторе/авторах

B. Структура обзорной статьи, тематического исследования и статьи с практики для практики
1) Заглавие - на польском или русском языке (Times New Roman 16 пунктов, ЗАГЛАВНЫЕ), **а также на английском языке** (Times New Roman 14 пунктов, строчные)
2) Структурированная аннотация (резюме) - четыре абзаца с заглавиями, записанные жирным шрифтом, **около 2500 знаков с пробелами на польском языке либо** русском **языке** и (но мин. 2400 знаков с пробелами) **около 2500 знаков с пробелами на английском языке (но мин. 2400 знаков с пробелами)**; Times New Roman 10 пунктов. (От англоязычных авторов (родным языком которых является английский требуют аннотацию только на английском).
3) Ключевые слова (на польском и английском языках или русском и английском, либо только на английском (в случае англоязычных авторов) в общем до 10 выражений; Times New Roman, 10 пунктов)
4) Введение
5) Разделы, озаглавленные автором
6) Подведение итогов
7) Выводы
8) Литература
9) Биографическая справка об авторах

Литература
Литературные ссылки размещаются в конце статьи в порядке их появления в тексте. Библиографические ссылки следует подавать в одиночной версии. **Фамилии и заглавия написанные кириллицей должны быть поданы в транслитерации в соответствии со стандартом ГОСТ 52535.1-2006**. Рекомендуется обратить внимание в первую очередь на рецензированные публикации. В случае подробного цитирования, в тексте около номера приписанного статье, размещенной в списке Литературы, представляется также номер страницы, с которой происходит цитата, - напр. [2, s. 234]. Цитаты в национальном языке автора следует помещать в кавычках, иноязычные цитаты следует писать курсивом.

Примеры создания библиографических ссылок в списке литературы (основаны на системе цитирования Chicago):
Цитирование книг:
Щерба К., *Безопасный дом*, издательство CNBOP-PIB, Юзефув, 2012.

Раздел групповой работы:
Сухораб П., *Влияние нефтепродуктов на физико-механические характеристики бетона*, в: Удаление нефтяных веществ с дорог и почв, Й. Раковска (ред.), издательство CNBOP-PIB, Юзефув, 2012, 37-44.

Цитирование журналов:
Mizerski A., *Пены как накопители химических средств при нейтрализации загрязнений*, BiTP Vol 29. Issue 1, 2014, pp. 87-93.

Цитирование публикации из цифровых источников:
Цекановски З., Мотивация и система оценок, BiTP, 1 (2013), 29-33 [док. электр.] http://czytelnia.cnbop.pl/czytelnia/31/348 [доступ 2 мая 2013].

Цитирование послеконференционных материалов:
Адамец П., Проблемы сварки и наплавки деталей машин, в: Технология машин. Сбор рефератов: III Научные Профессорские Семинары - ТМ ‘97, II Форум Исследовательских Работ ‹96 - Формирование части машин путем удаления материала, Карпински Т. (ред.), Вузовское Издательство Кошалинской Политехники, Кошалин, 1997, 23-31.

Цитирование сообщений с исследований:
Центр Исследования Общественного Мнения, Сообщение с исследований: Актуальные проблемы и события [док. электр.] http://badanie.cbos.pl/details.asp?q=a1&id=4809 [доступ 06.05.2013].

Цитирование законов, стандартов, директив Евросоюза :
1) Закон от 24 августа 1991 года о Государственной Противопожарной Службе (Законодательный вестник 2009 № 12, ст. 68).
2) PN-EN 54-4:2001 Системы пожарной сигнализации - Часть 4: Питание.
3) Директива Комиссии 2009/149/ЕС от 27 ноября 2009 г. касающаяся директивы 2004/49/ЕС Европейского парламента и Совета относительно общих показателей безопасности и общих методов расчета затрат аварии.

Таблицы, рисунки, иллюстрации
Подписи к таблицам, рисункам и иллюстрациям, а также содержание в таблицах, рисунках и иллюстрациях должны быть поданы на языке статьи, а также на английском языке. Таблицы следует дополнительно подготовить в отдельном приложении. Рисунки следует присылать в готовой форме к печати в виде отдельных файлов в формате jpg или tiff (мин. 300 dpi, весом около 1Мб).

Диаграммы созданные в программе Excel (или её аналогах) надо передавать в формате .xls (формат программы Excel). Статьи с графическими изображениями плохого качества не будут приняты в печать. На все таблицы, рисунки, диаграммы, фотографии и др. обязательно должны быть ссылки. Изображения разработанные автором обозначаются подписью «Собственная разработка».

Аббревиатуры
В конце статьи следует представить список всех использованных в тексте аббревиатур.

Автор
В сноске к фамилии автора следует подать полное название и адрес учреждения (также электронный), а в случае ведущего автора, также корреспонденционный адрес (адрес е-маил). Авторов просят о привлечении короткой биографической справки (около 50 слов). Если статья имеет больше чем одного автора, следует подать процентное участие отдельных личностей в возникновении статьи и описание способа участия в её подготовке **(смотри Соавторство статьи)** Редакция обязывается к соблюдению конфиденциальности информации, касающейся персональных данных авторов и рецензентов.

Соавторство статьи
Согласно определению о соавторстве, содержащемуся в публикации Министерства Науки и Высшего Образования под заглавием **„Тщательность в научных исследованиях и уважение к правам интеллектуальной собственности**” этот термин следует понимать в следующий способ:

Соавтор это каждый, кто даже написал небольшой фрагмент, внес творческий вклад в концепцию или системы, принимал участие в проектировании научных исследова-

ний, которые являются результатом данной работы. Соавтором не является лицо, которое выполняет административную деятельность, связанную с работой над созданием научного дела (напр. шеф научного учреждения, лицо, добывающее средства на исследования, лицо, собирающее данные или выполняющее статистические расчёты). Права на соавторство также не приобретает консультант, который делится своими знаниями.

В связи с вышеупомянутым Редакция обязывает авторов к подаче в статьях процентного вклада отдельных соавторов в возникновение статьи, то есть так называемой атрибуции (автор концепции, оснований, методов) – эту информацию следует поместить в **Объявлении о соавторстве**, прилагаемым к статьи представленной в редакцию.

Объявление о соавторстве и источниках финансирования находится на интернет-сайте: http://czytelnia.cnbop.pl/ru/node/49.

Редакция обязывает также автора/авторов предоставить информацию об источниках финансирования исследований. Ответственность за подлинность вышеупомянутых данных несет лицо, представляющее статью к печати.

Препятствие ghostwriting и guest autorship
Имея в виду подлинность публикуемых данных об авторском вкладе в возникновение статей, которые предъявляются к печати, и, чтобы избежать явлений типа ghostwriting и guest autorship, Редакция ежеквартального журнала BiTP «Безопасность и Пожарная Техника» обязывает авторов к тщательному подходу представления вклада третьих лиц в процессе возникновения статьи.

1) *Ghostwriting* имеет место тогда, когда вклад в возникновение статьи внесло лицо, неупомянутое в списке авторов или в благодарностях.
2) *Guest autorship* происходит тогда, когда статья была написана без участия лица, указанного в списке авторов или она сделала незначительный вклад в возникновение данной публикации.
Согласно поставлениям Министерства Науки и Высшего Образования Редакция просит авторов о предъявлении вклада отдельных лиц в создании статьи путём подачи процентного участия в сноске к заглавию статьи.
В случае подтверждения явлений типа ghostwriting или guest autorship Редакция будет информировать об этом научную организацию, трудоустраивающую автора, другие общества, в которых является он членом, другие научные центры и редакции журналов.

Этика
Данные, опубликованные в ежеквартальном журнале «Безопасность и Пожарная Техника», должны быть оригинальны. Не следует посылать текстов, которые были ранее опубликованы в другом журнале или монографии. Предоставление ложных данных, плагиатов и иной деятельности, которая может привести к ложным выводам, являются неэтичными.

Антиплагиатная система
Статьи поступающие в редакцию подвергаются оценке в анитплагиатной программе, работающей в режиме онлайн (Plagiat.pl). Отправление статей в редакцию означает акцептацию факта, что статья может быть подана такой оценке. О всех обнаруженных случаях научной нечестности редакция будет информировать соответствующие институциональные органы.

Авторское право
Автор отправляет Издателю по традиционной почте заявление, в котором передает авторские права для CNBOP-PIB и в это время разрешает любое использование, в том числе публикацию и воспроизведение данной статьи в печатной и электронной версиях, в том числе на сайте CNBOP-PIB и других научных электронных ресурсах с возможностей просмотра, скачивания и копирования. Автор удостоверяет, что работа не была опубликована раньше и не нарушает она авторских прав других лиц.

Заявление об оригинальности и передачи авторских прав находится на интернет-сайте: http://czytelnia.cnbop.pl/ru/node/49.

Политика открытый доступ
Ежеквартальник BiTP „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 допустимого использования, указывая на копии произведения информацию об источнике и авторе/авторах.

Рецензийный процесс
Все поступающие в Редакцию статьи проходят следующую процедуру согласно с указаниями Министерства Науки и Высшего Образования
1. Вступительная формальная оценка
Отправленная статья поддается формальной оценке Редакции (совместимость с профилем журнала и техническими требованиями), а затем направляется к редактору тематического отдела.
2. Квалификация Редакционным Комитетом
По одобрению статьи редактором отдела, Редакция консультирует стилистическую корректность с языковыми редакторами, а также статистические вычисления со статистическим редактором, если существует такая потребность. Статья попадает в список статей ожидающих публикацию в ежеквартальном Журнале, а также на обсуждение Редакционного Комитета и по одобрению направляется к рецензентам.
3. Процесс рецензии
Статья отправляется к двум независимым рецензентам, которые являются специалистами в данной отрасли (больше или ровных научной степенью с автором), и не связаны с автором/авторами. Одинаково автор, как и рецензенты не знают своих тождественности согласно принципу double-blind review (вдвойне слепая рецензия). После получения Редакцией двух листов рецензии автор информируется о возможных замечаниях и поправках рецензентов, которые должен нанести в тексте.
4. Решение о публикации статьи
Если один из рецензентов допустит текст к печати, а другой отвергнет, редактор отдела, к которому квалифицирована статья, а также Редакция на основании анализа замечаний, составленных в рецензиях и окончательной версии статьи, принимают решение о её направлении к третьему рецензенту. В ситуации, когда третий рецензент отбросит

статью, Редакция изымает текст из списка ожидающих на опубликование в ежеквартальном Журнале и также сообщает о своем решении автора статьи.

5. Консультация с Научным Советом

После успешного завершения процедуры рецензии, заглавие и абстракт статьи консультируется с членами Научного Совета ежеквартальника – консультативным органом научного направления журнала.

6. Выбор номера статьи

Редакционный Комитет, учитывая мнение рецензентов выбирает статью, рекомендованную вниманию Читателей в данном номере ежеквартальника.

Приглашаем Авторов, независимо от принадлежности, представить свои работы.

Статьи следует направлять по адресу:
Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны им. Иосифа Тулишковского - **Государственный Исследовательский Институт**
ул. Надвисьляньска 213
05-420 Юзефув около Отвоцка, Польша
Ежеквартальный журнал CNBOP-PIB
Электронная почта:
kwartalnik@cnbop.pl;
jpinkiewicz@cnbop.pl

MISJA

Uczestnictwo w procesie poprawy bezpieczeństwa państwa oraz skutecznej walki z zagrożeniami dzięki rozwiązaniom innowacyjnym.

WIZJA

Status cenionego w Polsce oraz na międzynarodowej arenie naukowej czasopisma – agory wymiany informacji w obszarze bezpieczeństwa powszechnego, a w szczególności w zakresie ochrony przeciwpożarowej, ochrony ludności i zarządzania kryzysowego.

PRIORYTETY

1. Wspieranie transferu wiedzy w Polsce i za granicą
2. Promowanie wyników badań oraz przedsięwzięć innowacyjnych
3. Edukacja na rzecz bezpieczeństwa

GDZIE MOŻNA NAS ZNALEŹĆ

Kierując się przedstawioną wizją, redakcja podejmuje działania mające na celu zwiększenie zasięgu czasopisma poprzez udostępnianie materiałów w polskich oraz zagranicznych bazach i bibliotekach. Jesteśmy dostępni w następujących źródłach elektronicznych:

BAZY CZASOPISM NAUKOWYCH:

- EBSCO
- BazTech
- Index Copernicus
- RINC
- J-Gate

PLATFORMY KSIĘGARSKIE I BIBLIOTEKI:

- Centralna Biblioteka Naukowa Narodowej Akademii Nauk Białorusi, Mińsk
- Biblioteka Narodowa Ukrainy im. W.I. Wiernadskiego, Kijów
- Biblioteka Czasopism Elektronicznych (tzw. lista regensburska), Uniwersytet w Regensburgu
- Federacja Bibliotek Cyfrowych
- CEON Biblioteka Nauki
- e-publikacje Nauki Polskiej
- ibuk.pl

MISSION

Participation in the process of improving the state security and effective way of combating threats using innovative solutions.

VISION

Status of the scientific journal recognized in Poland and on the international scene – agora for information exchange in the area of public safety, especially in the field of fire protection, civil protection and crisis management.

PRIORITIES

1. Supporting the knowledge transfer in Poland and abroad
2. Promotion of research results and innovative projects
3. Safety Education

WHERE TO FIND US

Following presented vision, the editing staff of the Quarterly takes actions aimed at expanding the magazine's audience. One of the ways to achieve this consists in providing our materials in national and foreign bases and libraries. You can find us in the following e-sources:

JOURNAL DATABASES:

- EBSCO
- BazTech
- Index Copernicus
- RINC
- J-Gate

BOOKSTORE PLATFORMS AND LIBRARIES

- The Yakub Kolas Central Scientific Library of National Academy of Sciences of Belarus
- Vernadsky National Library of Ukraine
- Electronic Journals Library, University of Regensburg
- CEON The Library of Science
- Digital Libraries Federation
- e-publications of Polish Science
- ibuk.pl

МИССИЯ

Участие в процессе повышения безопасности государства и эффективной борьбы с угрозами благодаря инновационным решениям.

ВИДЕНИЕ

Статус уважаемого журнала в Польше, а также на международной научной арене – агоры обмена информации в области общественной безопасности, а именно в сфере противопожарной охраны, охраны населения и кризисного управления.

ПРИОРИТЕТЫ

1. Поддержка трансфера знаний в Польше и за рубежом
2. Содействие результатам исследований и инновационным мероприятиям
3. Образование для безопасности

МЕСТА, ГДЕ МОЖНО НАС НАЙТИ

Руководствуясь представленным видением, редакция проводит деятельность, направленную на расширение круга читателей журнала. Примером таких действий является включение наших материалов в народные и заграничные базы и библиотеки. Журнал можно найти в следующих электронных ресурсах:

БАЗЫ ЖУРНАЛОВ:

- EBSCO
- BazTech
- Index Copernicus
- РИНЦ
- J-Gate

КНИЖНЫЕ ПЛАТФОРМЫ И БИБЛИОТЕКИ:

- Центральная научная библиотека имени Якуба Коласа Национальной академии наук Беларуси
- Национальная библиотека Украины имени В. И. Вернадского
- Библиотека электронных журналов в г. Регенсбург (Германия)
- Федерация цифровых библиотек
- CEON Библиотека Науки
- Электронные издания Польской науки
- ibuk.pl

Osiągnięcia Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej *im. Józefa Tuliszkowskiego* Państwowego Instytutu Badawczego na targach, wystawach i konkursach krajowych i międzynarodowych w 2013 roku

DYPLOMY MINISTRA NAUKI I SZKONICTWA WYŻSZEGO

Na XX Jubileuszowej Giełdzie Wynalazków CNBOP-PIB otrzymało dyplomy Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za wynalazki, które zdobyły medale na międzynarodowych targach w Brukseli i w Paryżu (Dwufunkcyjne urządzenie gaśnicze mgłowe – GAM oraz Stanowisko do badania parametrów wybuchowości pyłów palnych).

NOMINACJA DO GODŁA TERAZ POLSKA

Kwartalnik „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" został nominowany do Polskiego Godła Promocyjnego w VI edycji Konkursu „Teraz Polska" dla Przedsięwzięć Innowacyjnych.

WYRÓŻNIENIE NA MIĘDZYNARODOWYCH TARGACH I KONFERENCJI NAFTA I GAZ 2013

Konsorcjum naukowo-przemysłowe: Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego - Państwowy Instytut Badawczy, Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia" Kędzierzyn-Koźle oraz P.P.H. CHEMKONFEKT otrzymało wyróżnienie za „Środek odtłuszczający do usuwania substancji ropopochodnych z powierzchni przemysłowych" finansowany przez NCBR w latach 2011-2013, o nr O ROB 000401/ID4/3.

NAGRODY I WYRÓŻNIENIA NA MIĘDZYNARODOWYCH TARGACH WYNALAZCZOŚCI, BADAŃ NAUKOWYCH I NOWYCH TECHNIK BRUSSELS INNOVA 2013

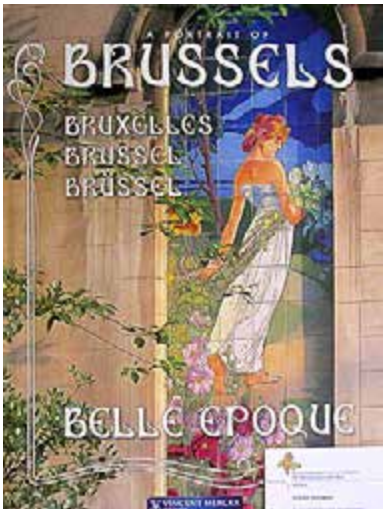
Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy w konsorcjum z Instytutem Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia" Kędzierzyn-Koźle oraz P.P.H. CHEMKONFEKT otrzymały za projekt „Innowacyjny środek do usuwania zanieczyszczeń i skażeń z infrastruktury drogowej:

ZŁOTY MEDAL Z WYRÓŻNIENIEM W KONKURSIE EUREKA

MEDAL EUROPEJSKIEJ IZBY FRANCUSKICH WYNALAZCÓW

NAGRODA BRIGITTE GROUWELS

Minister of the Government of the Brussels-Capital Region of Public Works, Transport, IT and the Port of Brussels



NAGRODY I WYRÓŻNIENIA NA MIĘDZYNARODOWYCH TARGACH WYNALAZCZOŚCI CROATIA INOVA 2013

Wynalazek realizowany w ramach projektu nr O ROB 000401/ID4/3 pt. „Opracowanie innowacyjnego środka przeznaczonego do usuwania zanieczyszczeń i skażeń z infrastruktury drogowej oraz przemysłowej" finansowany przez NCBR został uhonorowany medalami:

SREBRNY MEDAL

MEDAL Z WYRÓŻNIENIEM PRZYZNANY PRZEZ WIIPA

ZŁOTY LAUR INNOWACYJNOŚCI 2013

Naczelna Organizacja Techniczna

ZŁOTY
LAUR INNOWACYJNOŚCI
dla
Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego

Warszawa, Listopad 2013

Naczelna Organizacja Techniczna NOT nagrodziła konsorcjum: Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego - Państwowy Instytut Badawczy, Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej „Blachownia" Kędzierzyn-Koźle oraz P.P.H. CHEMKONFEKT za projekt „Innowacyjny środek do usuwania zanieczyszczeń i skażeń z infrastruktury drogowej" **Złotym Laurem Innowacyjności 2013** za najlepsze produkty innowacyjne.

Achievements of the Scientific and Research Centre for Fire Protection National Research Institute at fairs, exhibitions, national and international competitions in 2013

DIPLOMAS OF THE MINISTER OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION

At XX jubilee Exhibition of Inventions CNBOP-PIB received diplomas of the Minister of Science and Higher Education for the inventions awarded medals at international fairs in Brussels and Paris.

NOMINATION TO TERAZ POLSKA [POLAND NOW] PROMOTIONAL EMBLEM

Quarterly Journal Safety & Fire Technique was nominated to Teraz Polska [Poland Now] promotional emblem at the VI edition of Teraz Polska competition for innovative projects.

HONOURABLE MENTION AT INTERNATIONAL FAIRS AND CONFERENCE OIL AND GAS 2013

Scientific-industrial consortium: Scientific and Research Centre For Fire Protection – National Research Institute, Institute of Heavy Organic Synthesis „Blachownia" in Kędzierzyn-Kozle and P.P.H. CHEMKONFEKT received honourable mention for the „Innovative agent designated to remove pollutions and contaminations from road and industrial infrastructure" financed by National Centre for Research and Development (NCBiR) in 2011-2013, no. O ROB 000401/ID4/3.

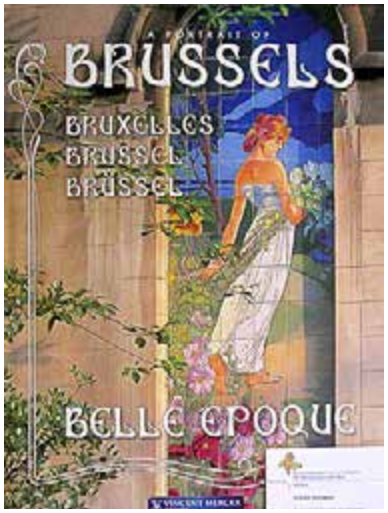
AWARDS AND HONOURABLE MENTIONS AT WORLD EXHIBITION ON INVENTIONS, RESEARCH AND NEW TECHNOLOGIES BRUSSELS INNOVA 2013

Scientific and Research Centre For Fire Protection – National Research Institute in the consortium with the Institute of Heavy Organic Synthesis "Blachownia" in Kedzierzyn-Kozle and P.P.H. CHEMKONFEKT received for the project "Innovative agent designated to remove pollutions and contaminations from road and industrial infrastructure"

GOLD MEDAL WITH DISTINCTION IN THE EUREKA CONTEST

PRIZE OF THE FRENCH INVENTORS FEDERATION

BRIGITTE GROUWELS PRIZE
Minister of the Government of the Brussels-Capital Region of Public Works, Transport, IT and the Port of Brussels



AWARDS AND HONOURABLE MENTIONS AT INTERNATIONAL FAIRS OF INVENTIONS CROATIA INOVA 2013

An invention designed within the project no. O ROB 000401/ID4/3 entitled: "Producing an innovative agent designed to remove contaminations from road and industrial infrastructure" won a silver medal and a medal with distinction granted by WIIPA

SILVER MEDAL

MEDAL WITH DISTINCTION GRANTED BY WIIPA

THE LAUREL OF INNOVATION 2013

Naczelna Organizacja Techniczna

ZŁOTY
LAUR INNOWACYJNOŚCI
dla
Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego

Warszawa, Listopad 2013

Polish Federation of Engineering Associations – NOT awarded the Laurel of Innovation 2013 to Scientific-industrial consortium: Scientific and Research Centre For Fire Protection – National Research Institute, Institute of Heavy Organic Synthesis „Blachownia" in Kędzierzyn-Kozle and P.P.H. CHEMKONFEKT for the project „„Innovative agent designated to remove pollution and contaminations from road and industrial infrastructure".

Достижения Научно-Исследовательского Центра Противопожарной Охраны им. Иосифа Тулишковского - Государственного Исследовательского Института на международных и национальных выставках, ярмарках и конкурсах в 2013 году

ДИПЛОМЫ МИНИСТРА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

На XX. юбилейной выставке „Биржа изобретений" CNBOP-PIB был награждён дипломами Министра Науки и Высшего Образования за изобретения, которые получили медали на международных ярмарках инноваций в Брюсселе и Париже. Варшава, февраль 2013.

НОМИНАЦИЯ НА РЕКЛАМНУЮ ЭМБЛЕМУ „ПОЛЬША СЕГОДНЯ"

Ежеквартальный журнал „Безопасность и Пожарная Техника" получил номинацию на польскую рекламную эмблему в VI. выпуске конкурса „Польша Сегодня" для инновационных предприятий. Варшава май 2013.

ПОХВАЛЬНЫЙ ОТЗЫВ НА МЕЖДУНАРОДНОЙ ЯРМАРКЕ И КОНФЕРЕНЦИИ НЕФТЬ И ГАЗ 2013

Научно-промышленное консорциум: CNBOP-PIB, Институт тяжелого органического синтеза „Блаховня" Кендзежин-Козле и P.P.H. CHEM-KONFEKT получило поощрительную премию похвальный отзыв за „Обезжиривающее средство для удаления нефтепроизводных веществ с промышленных поверхностей" финансированный Национальным центром исследований и развития за 2011-2013 годы, № O ROB 000401/ ID4/3.

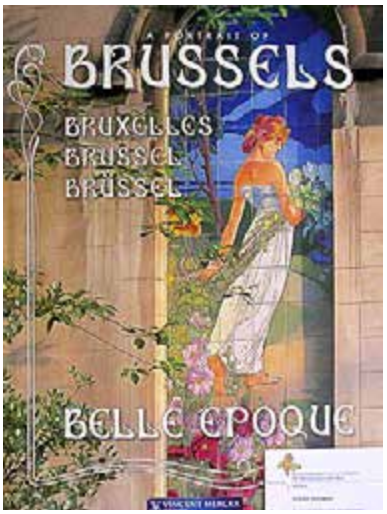
НАГРАДЫ И ПОХВАЛЬНЫЕ ОТЗЫВЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ВО ВРЕМЯ ВСЕМИРНОЙ ВЫСТАВКИ ИЗОБРЕТЕНИЙ, НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ БРЮССЕЛЬ «INNOVA» 2013

CNBOP-PIB в консорциум с Институтом тяжелого органического синтеза „Блаховня" Кендзежин-Козле и P.P.H. CHEMKONFEKT получили за проект „Разработка инновационного средства предназначенного для удаления нефтепроизводных веществ с промышленных поверхностей" следующие награды:

ЗОЛОТУЮ МЕДАЛЬ С ПОХВАЛЬНЫМ ОТЗЫВОМ В КОНКУРСЕ EUREKA

МЕДАЛЬ ЕВРОПЕЙСКОЙ ПАЛАТЫ ФРАНЦУЗСКИХ ИЗОБРЕТАТЕЛЕЙ

НАГРАДУ BRIGITTE GROUWELS
Minister of the Government of the Brussels-Capital Region of Public Works, Transport, IT and the Port of Brussels



НАГРАДЫ И ПОХВАЛЬНЫЕ ГРАМОТЫ, ПОЛУЧЕННЫЕ ВО ВРЕМЯ МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКИ ИЗОБРЕТЕНИЙ ХОРВАТИЯ «INNOVA» 2013

Изобретение разработанное в рамках проекта № O ROB 000401/ID4/3 под названием „Разработка инновационного средства предназначенного для удаления нефтепроизводных веществ с промышленных поверхностей" финансированного Национальным центром исследований и развития был нагрждён медалями:

СЕРЕБРЯНОЙ МЕДАЛЬЮ

МЕДАЛЬЮ И ПОХВАЛЬНОЙ ГРАМОТОЙ ПРИЗНАНОЙ ВСЕМИРНОЙ АССОЦИАЦИЕЙ ПО ЗАЩИТЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ

ЗОЛОТОЙ ЛАВР ИННОВАЦИОННОСТИ 2013

Naczelna Organizacja Techniczna

pod patronatem

ZŁOTY
LAUR INNOWACYJNOŚCI
dla
Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego

Warszawa, Listopad 2013

Главная техническая организация NOT наградила Консорциум: CNBOP--PIB, Институт тяжелого органического синтеза „Блаховня" Кендзежин--Козле и P.P.H. CHEMKONFEKT за проект „Разработка инновационного вещества предназначенного для удаления нефтепроизводных веществ с промышленных поверхностей" Золотым лавром инновационности за наилучшие инновационные продукты.

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowy Instytut Badawczy
Najważniejsze wydarzenia

1972

Utworzenie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ochrony Przeciwpożarowej (OBROP) w Józefowie-Dębince na podstawie zarządzenia Nr 81 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 14 sierpnia 1972 r. (Dz. Urz. MSW Nr 7 poz. 24).

Dyrektor OBROP w latach 31.08.1972–31.12.1974 **mgr inż. Zygmunt STANOWSKI**

Pierwsze Świadectwo dopuszczenia nr (1/72) wyrobu do produkcji dla agregatu proszkowego AP50 wydane przez OBROP i KG PSP na podstawie zarządzenia nr 25 MPC z dnia 04.02.1965. Świadectwa dopuszczenia na tej podstawie były wydawane w okresie 1972-1982.

1974

Ustanowienie OBROP jako ośrodka normalizacyjnego w resorcie spraw wewnętrznych na podstawie zarządzenia Nr 66/67 Ministra Spraw Wewnętrznych.

1975

Dyrektor OBROP w latach 01.03.1975–31.12.1976 **płk poż. Włodzimierz STRUŚ**

1977

Dyrektor OBROP w latach 01.01.1977–31.07.1980 **płk poż. mgr inż. Zbigniew GRYNCZEL**

1980

Dyrektor OBROP w latach 01.08.1980–31.10.1982 **prof. dr hab. inż. Wiktor BABUL**

1982

Dyrektor OBROP/CNBOP w latach 11.11.1982–31.08.1987 **płk poż. prof. dr inż. Mirosław ZDANOWSKI**
Zmiana podstaw oceny wyrobów. W latach 1982-1992 dla wyrobów wydawano atesty na podstawie zarządzenia nr 9/82 Komendanta Głównego Straży Pożarnej z dnia 30 maja 1982 roku w sprawie wymagań technicznych, jakim powinny odpowiadać sprzęt i urządzenia pożarnicze oraz chemiczne środki gaśnicze.

1984

Przekształcenie OBROP w Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej (CNBOP), na podstawie zarządzenia Nr 9/84 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 28 stycznia 1984 r. (Dz. ZiR KG SP Nr 1-2, poz.3).

1987

Dyrektor CNBOP w latach 01.11.1987–14.06.1992 **płk poż. dr inż. Henryk JAWORSKI**

1990

Początki upowszechniania wiedzy przez Instytut: uczestnictwo w krajowych i zagranicznych wystawach, konferencjach i sympozjach, wprowadzenie Seminariów CNBOP.

1992

Włączenie CNBOP w poczet jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej w rozumieniu ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej.

Dyrektor CNBOP w latach 15.06.1992–30.09.1996 **st. bryg. dr inż. Eugeniusz W. ROGUSKI**

Zmiana podstaw oceny wyrobów. W latach 1992-1998 dla wyrobów wydawano świadectwa dopuszczenia na podstawie delegacji ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. 1991, Nr 81, poz. 351 z późn. zm.) i na podstawie rozporządzenia MSW z dnia 22.04.1992 r.

1995

Ustanowienie nowego logo CNBOP.

1996

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez:
Laboratorium Badań Właściwości Pożarowych Materiałów, numer certyfikatu L 60/1/96 (następnie Zakład Laboratorium Badań Właściwości Pożarowych Materiałów, certyfikat akredytacji Nr **AB 060** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji),
Laboratorium Pomp i Armatury Wodno-Pianowej, numer certyfikatu L 59/1/96 (następnie Zakład Laboratorium Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej, certyfikat akredytacji Nr **AB 059** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).

Dyrektor CNBOP w latach 01.10.1996–27.02.2005 **st. bryg. dr inż. Ryszard SZCZYGIEŁ**

1997

Nadanie CNBOP imienia Józefa Tuliszkowskiego na podstawie zarządzenia Nr 4 Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 23 stycznia 1997 r. (Dz. Urz. MSWiA Nr 2. poz. 22).

1998

Utworzenie w CNBOP **Jednostki Certyfikującej** w celu prowadzenia oceny zgodności wyrobów wprowadzanych do obrotu i stosowanych w ochronie przeciwpożarowej.

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez **Zakład-Laboratorium Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej**, numer certyfikatu L 207/1/98 (obecnie **certyfikat akredytacji Nr AB 207** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).

Zmiana podstaw oceny wyrobów. W latach 1998-2007 prowadzono certyfikację wyrobów na podstawie delegacji znowelizowanego art. 7 ustawy o ochronie przeciwpożarowej i rozporządzenie MSWiA z dnia 22 kwietnia 1998 r. w sprawie wyrobów służących do ochrony przeciwpożarowej, które mogą być wprowadzane do obrotu i stosowane wyłącznie na podstawie certyfikatu zgodności (Dz. U. 1998 Nr 55, poz. 362)

1999

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez **Jednostkę Certyfikującą**, numer certyfikatu 63/Cw-69/99 (obecnie **certyfikat akredytacji Nr AC 063** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).

2001

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez kolejne 3 laboratoria badawcze:
Zakład-Laboratorium Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpożarowych otrzymuje certyfikat akredytacji Nr L 305/1/2000 (następnie certyfikat akredytacji Nr **AB 305** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji), **Laboratorium Środków Gaśniczych i Sprzętu Podręcznego**, Nr certyfikatu L 306/1/2000 (następnie Zakład-Laboratorium Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpożarowych, certyfikat akredytacji Nr **AB 305** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji),

Laboratorium Pojazdów i Wyposażenia otrzymuje certyfikat akredytacji Nr L 307/1/2000 (następnie Zakład-Laboratorium Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej, certyfikat akredytacji Nr **AB 059; AB060** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).

2002

Rozszerzenie zakresu działania CNBOP o tematykę ochrony ludności na podstawie rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji.

2003

Przekształcenie CNBOP z państwowej jednostki budżetowej w **jednostkę badawczo-rozwojową**, w rozumieniu ustawy z dnia 25 lipca 1985 r. o jednostkach badawczo-rozwojowych. Wpisanie CNBOP do Krajowego Rejestru Sądowego. Uzyskanie przez CNBOP **autoryzacji Ministra Gospodarki**, **Pracy i Polityki Społecznej** w zakresie dyrektywy 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej.

2004

Uzyskanie przez CNBOP **autoryzacji Ministra Infrastruktury** w zakresie dyrektywy 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych.

Uzyskanie przez CNBOP **notyfikacji Komisji Europejskiej** (**numer identyfikacji 1438**) w zakresie dyrektyw: 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej, 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych.

Utworzenie **Zakładu Aprobat Technicznych**, realizującego zadania CNBOP w zakresie regulacji rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 8 listopada 2004 r. w prawie aprobat technicznych oraz jednostek organizacyjnych upoważnionych do ich wydawania (Dz. U. Nr 249, poz. 2497).

Rozpoczęcie przez CNBOP prowadzenia oceny zgodności wyrobów budowlanych – w europejskim systemie oceny zgodności – oznakowanie CE, i w krajowym systemie oceny zgodności – znak budowlany B.

2005

p.o. Dyrektor CNBOP od 28.02.2005 do 31.05.2005 **st. bryg. dr inż. Władysław WĘGRZYN**

Z dniem 01 czerwca 2005 r. na podstawie art. 21 ust. 2 ustawy z dnia 25 lipca 1985 r. o jednostkach badawczo-rozwojowych (tj. Dz. U. z 2001 r. Nr 33, poz. 388 z późn. zm.) Minister Spraw Wewnętrznych i Administracji powołał na stanowisko Dyrektora Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej **st. bryg. dr inż. Eugeniusza W. ROGUSKIEGO** wyłonionego w drodze konkursu zgodnie z rozporządzeniem MNiSW z dnia 10 września 2001 r. (Dz. U. Nr 101, poz. 1101).

2007

Zmiana podstaw oceny wyrobów. Od 2007 roku świadectwa dopuszczenia wydawane są na podstawie delegacji art. 7 ustawy o ochronie przeciwpożarowej i rozporządzenia MSWiA z dnia 20.06.2007 r. zmienionego rozporządzeniem MSWiA z dnia 27.04.2010 r.

2009

Wpisanie przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (Komunikat Nr 8 z dnia 31 marca 2009 r.), wydawanego od 2006 r. kwartalnika CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" na listę **czasopism punktowanych** (za artykuły naukowe opublikowane na łamach czasopisma przyznawane były 4 punkty do dorobku naukowego, od 2010 r. przyznawanych jest 6 punktów, a od 2012 r. 7 punktów).

p.o. Dyrektor CNBOP od 01.02.2009 do 30.04.2009 **mł. bryg. dr inż. Dariusz WRÓBLEWSKI**

Z dniem 01 maja 2009 r. na podstawie art. 21 ust. 2 ustawy z dnia 25 lipca 1985 r. o jednostkach badawczo-rozwojowych (tj. Dz. U. z 2008 r. Nr 159, poz. 993) Minister Spraw Wewnętrznych i Administracji powołał na stanowisko Dyrektora Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej **mł. bryg. dr inż. Dariusza WRÓBLEWSKIEGO** wyłonionego w drodze konkursu zgodnie z rozporządzeniem MNiSW z dnia 21 września 2007 r. (Dz. U. Nr 182, poz. 1303).

2010

Nadanie przez Radę Ministrów Centrum Naukowo-Badawczemu Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego w Józefowie **statusu państwowego instytutu badawczego** (Dz. U. Nr 181, poz. 1219), a tym samym wejście CNBOP do prestiżowego grona kilkunastu państwowych instytutów badawczych.

Odzyskanie przez CNBOP-PIB **II kategorii** w ocenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ocenie parametrycznej (według obecnej klasyfikacji – **kategoria B**).

2011

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji przez **Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości**, certyfikat akredytacji **Nr AB 1280**.

Ustanowienie nowego logo CNBOP-PIB.

Uzyskanie nominacji do **Polskiego Godła Promocyjnego „Teraz Polska"** w **IV Edycji Konkursu dla Przedsięwzięć Innowacyjnych za projekt edukacyjny „Multimedialne i teleinformatyczne narzędzia wspomagające edukację lokalnych społeczności w zakresie zwiększenia ich odporności na zagrożenia związane z klęskami żywiołowymi i katastrofami".**

2012

Uzyskanie **Godła „Teraz Polska"** w **V edycji Konkursu „Teraz Polska" dla Przedsięwzięć Innowacyjnych** za opracowanie innowacyjnego **„Środka zwilżającego do gaszenia pożarów lasów i torfowisk".**

Grand Prix SAWO przyznane CNBOP-PIB przez Ministra Pracy i Polityki Społecznej w kategorii „Inne wyroby i rozwiązania związane z tematyką Targów SAWO" dla Kwartalnika „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza", podczas XXI edycji Międzynarodowych Targów Ochrony Pracy, Pożarnictwa i Ratownictwa SAWO.

2013

Uzyskanie nominacji do **Polskiego Godła Promocyjnego „Teraz Polska"** w **VI Edycji Konkursu dla Przedsięwzięć Innowacyjnych** dla **kwartalnika CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza".**

Utrzymanie kategorii B w ocenie parametrycznej Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Objęcie 4 pozycji w grupie wspólnej oceny.

W ocenie czasopism MNiSW w swojej grupie, czyli na liście B, kwartalnik CNBOP-PIB **„Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza"** uzyskał 9 pkt na 10 możliwych.

2014

p.o. Dyrektor CNBOP-PIB od 05.05.2014 r. do 07.08.2014 r. **dr hab. Ewa Rudnik, prof. nadzw.**

p.o. Dyrektor CNBOP-PIB od 08.08.2014 r. **bryg. dr inż. Jacek Zboina**

The Scientific and Research Centre for Fire Protection
National Research Institute
Major events

1972

Establishment of the Research and Development Centre for Fire Protection (OBROP) in Józefów-Dębnice on the basis of Regulation No. 81 of 14 August 1972 issued by the Ministry of International Affairs (Dz. Urz. [Official Journal of the Ministry of Foreign Affairs] No. 7 item 24).
The Director of OBROP in the period between 31.08.1972 and 31.12.1974 - **Zygmunt STANOWSKI, MSc, Eng**
First Certificate of Admittance No. (1/72) for the production of transportable powder type extinguisher AP50 issued by OBROP and KG PSP on the basis of Regulation No. 25 MPC of 04.02.1965. On this basis certificates of admittance were issued in the period between 1972 to 1982.

1974

Granting OBROP the standardization centre status in the Home Affairs Department on the basis of Regulation No. 66/67 of the Minister of Home Affairs.

1975

The Director of OBROP between 01-03-1975 and 31.12.1976 **płk. poż. Włodzimierz STRUŚ**

1977

The Director of OBROP between 01.01.1977 and 31.07.1980 **płk. poż. Zbigniew GRYNCZEL, MSc, Eng**

1980

The Director of OBROP between 01.08.1980 and 31.10.1982 **prof. Wiktor BABUL, PhD, Eng**

1982

The Director of OBROP/CNBOP between 11.11.1982 and 31.08.1987 **prof. płk. poż. Mirosław ZDANOWSKI, PhD, Eng**
Change of the basis for the assessment of products. In 1982-1992 certificates of admittance for products were issued on the basis of Regulation No. 9/82 on technical requirements, that shall be met by equipment and firefighting devices as well as chemical extinguishing agents, issued by the Chief Commandant of the State Fire Service on 30 May 1982.

1984

The transformation of OBROP into the Scientific and Research Centre for Fire Protection (CNBOP) on the basis of Regulation No. 9/84 of the Minister of Home Affairs of 28 January 1984 (Dz. ZiR KG SP [Official Journal of the National Headquarters of the State Fire Service of Poland No. 1-2, item 3).

1987

The Director of CNBOP from 01.11.1987 to 14.06.1992 płk. poż. Henryk JAWORSKI, PhD, Eng

1990

Beginnings of the knowledge promotion by the Institute: participation in national and international exhibitions, conferences, symposiums, introduction of CNBOP seminars.

1992

Inclusion of CNBOP into State Fire Service organizational units in reference to the State Fire Service Act of 24 August 1991.
The Director of CNBOP from 15.06.1992 to 30.09.1996 **st. bryg. Eugeniusz W. ROGUSKI, PhD, Eng**
Change of the basis for product assessment. In 1992-1998, certificates of admittance products were issued on the basis of delegated Fire Protection Act of 24 August 1991 (Dz. U. [Journal of Laws], No. 81, item 351 as amended) and on the basis of Regulation of the Ministry of Home Affairs of 22 April 1992.

1995

Introduction of a new logo for CNBOP.

1996

The following departments obtained Accreditation of the Polish Centre for Testing and Accreditation:
Laboratory for Testing Fire Properties of Materials, Accreditation Certificate number L 60/1/96 (then called Department - Laboratory for Testing Fire Properties of Materials; Accreditation Certificate No. **AB 060** issued by the *Polish* Centre for Accreditation),
Laboratory of Pumps and Water-foam fittings, Accreditation Certificate No. L 59/1/96 (then called Department - Laboratory of Technical Equipment for Fire Service and Technical Fire Protection, Accreditation Certificate No**. AB 059** issued by the *Polish* Centre for Accreditation).
The Director of CNBOP in 01.10.1996-27.02.2005 **st. bryg. Ryszard SZCZYGIEL, PhD, Eng**

1997

CNBOP was named after Józef Tuliszkowski under Regulation No. 4 of the Minster of Interior and Administration of 23 January 1997 (Dz. Urz. MSWiA [Official Journal of the Ministry of Interior and Administration] No. 2, item 22).

1998

Establishment of CNBOP Certification Department aimed at assessment of the compliance of marketed products used in fire protection.
Department - Laboratory of Fire Signalling and Fire Automation gained accreditation of the Polish Centre for Testing and Accreditation, certificate No. L 207/1/98 (currently **Accreditation Certificate No. AB 207** issued by the Polish Centre for Accreditation).
Change of the basis for product assessment. In 1998-2007 products certification was carried out on the basis on delegated Article 7 of Fire Protection Act and The Regulation of 22 April 1998 on the products used in fire protection which can be marketed and used only after acquiring conformity certificate issued by the Ministry of Interior and Administration (Dz. U. [Journal of Laws]1998, No. 55, item 362).

1999

CNBOP Certification Department obtained accreditation of the Polish Centre for Testing and Accreditation No. 62/Cw-69/99 (currently **Accreditation Certificate No. AC 063** issued by the Polish Centre for Accreditation).

2001

Another three laboratories obtained accreditation of the Polish Centre for Testing and Accreditation:
Department - Laboratory of Technical Fire Protection was granted Accreditation Certificate No. L: 305/1/2000 (then accreditation certificate **No. AB 305** issued by the Polish Centre for Accreditation);
Laboratory of Extinguishing Media and Portable Equipment, certificate No. L 306/1/200 (then Department-Laboratory of Technical Fire Protection, accreditation certificate No. **AB 305** issued by the Polish Centre for Accreditation);
Laboratory of Vehicles and Equipment was granted accreditation certificate No. 307/1/2000 (then Department-Laboratory of Technical Equipment of Fire Service, accreditation certificate No. **AB** 059; AB060 issued by the Polish Centre for Accreditation).

2002

Extension of CNBOP sphere of activities with the issues related to civil protection under Regulation by the Minister of Interior and Administration.

2003

Transformation of CNBOP from a state administrative entity into a **research and development entity** understood in accordance with the Act of 25 July 1985 on Research and Development Entities. CNBOP entered into the National Court Register and obtained authorization of the Ministry of Labour and Social Policy within the scope of Council Directive 89/686/EEC of 21 December 1989 on the approximation of the laws of the Member States relating to personal protective equipment.

2004

CNBOP obtained authorization of the Minister of Infrastructure within the scope of Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products.
CNBOP obtained **notification of the European Commission (notification No. 1438)** within the scope of Council Directive 89/686/EEC of 21 December 1989 on the approximation of the laws of the Member States relating to personal protective equipment, and Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products.
Establishment **of Technical Approval Department**, aimed at realizing the tasks of CNBOP within the scope of the control of Regulation of the Minister of Infrastructure of 8 November 2004 on technical approvals and organizational units entitled to issue them (Dz. U. [Journal of Laws] No. 249, item 2497).
CNBOP started carrying out conformity assessment of construction products – in the European conformity assessment system - the CE marking, and in the national conformity assessment system – B construction mark.

2005

The Acting Director of CNBOP since 28.02.2005 to 31.05.2005 **st. bryg. Władyslaw WĘGRZYN, PhD, Eng**
From the date of 01 June 2005 under art. 2 sec. 2 of the Act of 25 July 1985 on research and development entities (i.e. Dz. U [Journal of Laws] of 2001, No. 33 as amended),the Minister of Interior and Administration appointed **st. bryg. W. ROGUSKI, phD, Eng** the Director of the Scientific and Research Centre for Fire Protection, chosen through a competiton in accordance with Regulation of the Ministry of Science and Higher Education of 10 September 2001 (Dz. U. [Journal of Laws] No. 101, item 1101).

2007

Change of the basis for product assessment. Since 2007, certificates of admittance have been issued on the basis of delegated Fire Protection Act and on the basis of Regulation of the Ministry of Interior and Administration of 20 June 2007 amended by Regulation of the Ministry of Interior and Administration of 27 April 2010.

2009

Inclusion by the Minister of Science and Higher Education (Announcement No. 8 of 31 December 2009) published since 2006 the Quarterly "Safety and Fire Technique" into the list of journals where the authors were attributed points to academic achievements for scientific articles published in the Quarterly (there were 4 points in 2009, since 2010 – 6 points have been attributed to the author's academic achievements and since 2012 – 7 points).

The Acting Director of CNBOP since 01.02.2009 to 30.04.2009 **mł. bryg. Dariusz WRÓBLEWSKI, PhD, Eng**

On 1 May 2009 under art. 2, sec. 21 of the Act of 25 July 1985 on Research and Development Entities (i.e. Dz. U. [Journal of Laws] of 2008, No. 159, item 993), the Minister of Interior and Administration appointed **mł. bryg. Dariusz. Wróblewski, PhD, Eng** the Direc-

tor of the Scientific and Research Centre for Fire Protection. The Director was chosen through a competition in accordance with Regulation of the Ministry of Science and Higher Education of 21 September 2007 (Dz.U [Journal of Laws] No. 182, item 1303).

2010

The Józef Tuliszkowski Scientific and Research Centre for Fire Protection (CNBOP) was granted by the Council of Ministers of the Republic of Poland the status of a National Research Institute (Dz. U [Journal of Laws], No. 181, item 1219) thus joining the elite group of few national research institutes.

CNBOP-PIB was reassigned **the second category** by the Minister of Science and Higher Education in its parametric assessment (according to the current classification – **category B**).

2011

CNBOP-PIB Combustion Processes and Explosion Laboratories were granted accreditation by the Polish Centre for Accreditation, Accreditation Certificate No. **AB 1280.**

Introduction of a new logo for CNBOP-PIB.

CNBOP-PIB was granted nomination for **Polish Promotional Emblem "Teraz Polska" [Poland Now] in the IV Edition of Competition for Innovative Projects for educational project "Multimedia and teleinformatic tools supporting education of local communities in the field of enlarging their resistance to threats related to natural disasters and catastrophes".**

2012

CNBOP-PIB was granted **Polish Promotional Emblem "Teraz Polska" in the V edition of the "Poland Now" Competition for Innovative Projects** for designing of the innovative **"Wetting agent for extinguishing forest and peat-bog fires".**

SAWO Grand Prix was awarded to CNBOP-PIB by the Minister of Labour and Social Policy in the category of "Other products and technical solutions with relevance to SAWO" for the Quarterly „Safety & Fire Technique", at the XXI edition of the International Fair of Work Protection, Fire Fighting and Rescue Equipment SAWO.

2013

CNBOP-PIB was granted nomination for Polish Promotional Emblem "Teraz Polska" [Poland Now] in the VI edition of The Competition for Innovative Projects for the CNBOP quarterly "Safety & Fire Technique".

CNBOP-PIB maintained B category in the parametric assessment carried by the Ministry of Science and Higher Education of Poland. CNBOP-PIB was classified on the fourth position within the common assessment group.

In the rating carried by the Ministry of Science and Higher Education of Poland the Quarterly obtained 9 out of 10 points within its group, i.e. the B list.

2014

The Acting Director of CNBOP-PIB since 05.05.2014 to 07.08.2014 **prof. Ewa RUDNIK, PhD**

The Acting Director of CNBOP-PIB since 08.08.2014 **bryg. Jacek ZBOINA, PhD, Eng.**

Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны им. Иосифа Тулишковского – Государственный Исследовательский Институт
Самые важные события

1972

Образование Исследовательно-экспериментальной организации противопожарной охраны (OBROP) в городе Юзефов-Дембнице на основе распоряжения № 81 Министра внутренних дел от 14 августа 1972 года (официальный журнал МВД Польши № 7, поз. 24).

Директор OBROP от 31 августа 1974 до 31 декабря 1974 **магистр инженер Зыгмунт СТАНОВСКИ**

Первое свидетельство о допущении изделия к продукции для порошкового агрегата AP50, номер свидетельства (1/72) было выдано OBROP и KG PSP на основе распоряжения № 25 MPC от 4 февраля 1965. Свидетельства допущения на этой основе были выданные в период 1972-1982 годов.

1974

OBROP установлен центром стандартизации в ведомстве внутренних дел на основе распоряжения № 66/67 Министра внутренних дел Польши.

1975

Директор OBROP от 1 марта 1975 до 31 декабря 1976 – **полковник противопожарной службы Влодимеж СТРУСЬ**

1977

Директор OBROP от 1 января 1977 до 31 июля 1980 – **полковник противопожарной службы, магистр инженер Збигнев ГРЫНЧЕЛЬ**

1980

Директор OBROP от 1 августа 1980 до 31 октября 1982 – **профессор, доктор наук, инженер Виктор БАБУЛЬ**

1982

Директор OBROP/CNBOP от 11 ноября 1982 до 31 августа 1987 – **полковник противопожарной службы, профессор, кандидат наук, инженер Мирослав ЗДАНОВСКИ**

Изменение основ оценки изделий. В 1982-1992 годах для изделий были выданы сертификаты на основе распоряжения № 9/82 Главного коменданта государственной пожарной охраны от 30 мая 1982 относительно технических требований, которым должны соответствовать изделия и противопожарное оборудование, а также химические гасящие вещества.

1984

Преобразование OBROP в Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны (CNBOP), na основе распоряжения № 9/84 Министра Внутренних Дел от 28 января 1984.

1987

Директор CNBOP от 01 ноября 1987 до 15 июня 1992 – **полковник противопожарной службы, кандидат наук, инженер Хенрик ЯВОРСКИ**

1990

Начало распространения знаний Институтом; участие в национальных и зарубежных выставках, конференциях и симпозиумах, введение семинаров CNBOP.

1992

Включение CNBOP в группу организационных единиц Государственной противопожарной службы в понятии закона от 24 августа 1991 о Государственной противопожарной службе.
Директор CNBOP от 15 июня 1992 до 30 сентября 1996 **– старший бригадир, кандидат наук, инженер Эугениуш В. РОГУСКИ**
Изменение основ для оценки изделий. С 1992 по 1998 изделиям выдавали свидетельства допущения на основе делегации закона от 24 августа 1991 года о противопожарной охране (Дневник законов 1991, № 81, поз. 351 со следующими изменениями) и на основе распоряжения МВД Республики Польша от 22 апреля 1992 года.

1995

Введение нового логотипа CNBOP.

1996

Получение аккредитации Польского центра исследований и сертификации:
Лабораторией исследований пожароопасных свойств материалов, номер сертификата L/60/1/96 (позже Отдел Лаборатория исследований пожароопасных свойств материалов, сертификат аккредитации № **AB 060** выдан Польским Центром Аккредитации),
Лабораторией насосов и водно-пенной арматуры, номер сертификата L59/1/96 (позже: Отдел Лаборатория технического оборудования Пожарной службы, сертификат аккредитации № **AB 059** выдан Польским Центром Аккредитации.

Директор CNBOP от 1 октября 1996 года до 27 февраля 2005 года - **старший бригадир, кандидат наук, инженер Рышард ЩИГЕЛ**

1997

CNBOP назван в честь Иосифа Тулишковского на основе распоряжения № 4 Министра внутренних дел и администрации от 23 января 1997 года (Официальный журнал Министерства внутренних дел и администрации № 2 поз. 22).

1998

Образование в CNBOP сертификационного отдела с целью проведения оценки соответствия изделий, выпускаемых на рынок и использованных в противопожарной охране.
Получение аккредитации Польского центра исследований и сертификации **Отделом-лабораторией аварийной сигнализации пожара и пожарной автоматики**, номер сертификата L207/1/98 (теперь **сертификат аккредитации № AB 207** выдан Польским Центром Аккредитации).

Изменение основ оценки изделий. В 1998-2007 годах сертификация изделий была ведена соответственно измененной 7 статьи Закона о противопожарной охране и распоряжения Министерства внутренних дел и администрации от 22 апреля 1998 года по вопросу изделий применяемых в противопожарной охране, которые могут быть внедрены на рынок и использованы исключительно на основе сертификата соответствия (Дневник законов 1998 № 55, поз. 362).

1999

Получение аккредитации Польского центра исследований и сертификации **Сертификационным департаментом**, номер сертификата 63/Cw-69/99 (теперь **сертификат аккредитации № AC 063** выдан Польским Центром Аккредитации).

2001

Получение аккредитации Польского центра исследований и сертификации тремя следующими исследовательскими лабораториями:
Отдел лабораотрия технической противопожарной защиты получил сертификат аккредитации № L 305/1/2000 (позже сертификат аккредитации № **AB 305** выдан Польским Центром Аккредитации),
Лаборатория огнетушительных средств и подручного оборудования, № L 306/1/2000 (позже Отдел лабораотрия технической противопожарной защиты, сертификат аккредитации № **AB 305** выдан Польским Центром Аккредитации),

Лаборатория автомобилей и оборудования получила сертификат аккредитации № L307/1/2000 (позже Отдел лабораотрия технического оборудования противопожарной службы, сертификат аккредитации № **AB 059; AB060** выдан Польским Центром Аккредитации).

2002

Расширение деятельности CNBOP по вопросу тематики гражданской защиты на основе распоряжения Министра внутренних дел и администрации.

2003

Преобразование CNBOP из государственного бюджетного учреждения в исследовательно-экспериментальное учреждение соответственно Закона от 25 июля 1985 года о исследовательно-развивательных учреждениях. Включение CNBOP в Государственный судебный реестр (KRS). CNBOP получил авторизацию Министра экономики, труда и социальной политики в области директивы 89/686/EWG от 21 декабря 1989 года по унифицированию правовых норм Стран-Членов ЕС, касающихся средств индивидуальной защиты.

2004

Получение Центром (CNBOP) авторизации Министра инфраструктуры в области директивы 89/106/EWG от 21 декабря 1988 года по сближению законов и исполнительных актов Стран-Членов, касающихся строительных изделий.

CNBOP получил нотификацию **Европейской комиссии (номер идентификации 1438)** в области директив: 89/686/EWG от 21 декабря 1989 года по унифицированию правовых норм Стран-Членов ЕС, касающихся средств индивидуальной защиты, 89/106/EWG от 21 декабря 1988 года по сближению законов и исполнительных актов Стран-Членов, касающихся строительных изделий.
Образование Департамента технических одобрений, выполнаяющего задачи CNBOP в области регулирования распоряжения Министра инфраструктуры от 8 ноября 2004 года относительно технических одобрений и организационных единиц уполномоченных к их выдаче (Дневник законов № 249, поз. 2497).

CNBOP начал проводить оценку соответствия строительных изделий - в европейской системе оценки соответствия - маркировка CE, и в национальной систем оценки соответствия - строительная маркировка B.

2005

Исполняющий должность Директора CNBOP от 28 февраля 2005 года до 31 мая 2005 года - **старший бригадир, кандидат наук, инженер Владислав ВЕНГЖИН**

С 1 июня 2005 года на основе пункта 2 статьи 21 Закона от 25 июля 1985 года о исследовательно-экспериментальных учреждениях (Дневник законов от 2001 года № 33, поз. 228 со следующими изменениями) Министр внутренних дел и администрации назначил на должность Директора научно-исследовательского центра противопожарной охраны **Старшего бригарида, кандидата наук, инженера Эугениуша В. Рогускего,** выбранного путём конкурса соответственно распоряжения Министерства науки и высшего образования от 10 сентября 2001 года (Дневник законов № 101, поз. 1101).

2007

Изменение основ для оценки изделий. С 2007 изделиям выдавали свидетельства допущения на основе делегации статьи 7 Закона о противопожарной охране и Распоряжения Министерства внутренних дел и администрации Республики Польша от 20 июня 2007 года, измененным Распоряжением Министерства внутренних дел и администрации от 27 апреля 2010 года.

2009

На основе постановления Министра Науки и Высшего Образования (Обвещение № 8 от 31 марта 2009) издаваемый от 2006 года ежеквартальник CNBOP „Безопасность и Пожарная Техника" был вписан в список пунктированных журналовза (за научные статьи опубликованные на колонках ежеквартальника „Безопасность и пожарная техника" признавалось 4 пункта к научным достижениям автора, с 2007 г - 6 пунктов, а с 2012 признается 7 пунктов.

Исполняющий должности Директора CNBOP от 01 февраля 2009 до 30 апреля 2009 - **младший бригадир, кандидат наук, магистр инженер Дариуш ВРУБЛЕВСКИ**

С 1 мая 2009 года на основе пункта 2, статьи 21 Закона от 25 июля 1985 года о исследовательно-экспериментальных учреждениях (Дневник законов от 2008 года № 159, поз. 993) Министр внутренних дел и администрации назначил на должность Директора научно-исследовательского центра противопожарной охраны **Младшего бригарида, кандидата наук, инженера Дариуша Врублевского,** избранного на основании конкурса соответственно распоряжения Министерства науки и высшего образования от 21 сентября 2007 года (Дневник законов № 182, поз. 1303).

2010

Совет министров дал Научно-Исследовательскому Центру Противопожарной Охраны им. Иосифа Тулишковского статус государственного исследовательского института (Дневник законов № 181, поз. 1291). Одновременно CNBOP-PIB вошёл в небольшую престижную группу государственных исследовательских институтов**.**
CNBOP-PIB вернул вторую категорию по оценке Министра науки и высшего образования в параметрической оценке (по настоящей классификации - категория B (Б))

2011

Получение аккредитации Польского центра аккредитации **Отделом Лабораторией процессов горения и взрывчатости**, сертификат аккредитации № **AB 1280**.

Введение нового логотипа CNBOP-PIB.

Получение номинации на польскую рекламную эмблему „Польша сегодня" в IV выпуске конкурса для инновационных проектов за образовательный проект „**Мулитмедийные и телеинформатические инструменты, содействующие обучению местных обществ в рамках повышения их сопротивления угрозам, связанным со стихийными бедствиями и катастрофами" в IV выпуске Конкурса Инновационных проектов.**

2012

CNBOP награждён **Польской рекламной эмблемой „Польша Сегодня" в** V выпуске **Конкурса „Польша Сегодня" для Инновационных** Проектов за разработку инновационного **„Увлажняющего средства для тушения лесных и торфяных пожаров".**

Награду SAWO Гран-при в категории „Другие изделия и решения связанные с темой Ярмарки SAWO" за Ежеквартальник „Безопасность и Пожарная Техника" Научно-исследовательскому Центру Противопожарной Охраны (CNBOP-PIB) присудил Министр труда и социальной политики во время XXI выпуска „Международной ярмарки охраны труда, противопожарной защиты и спасательных средств".

2013

Получение номинации на польскую рекламную эмблему **„Польша сегодня"** для **Ежеквартальника CNBOP „Безопасность и пожарная техника" в VI выпуске Конкурса Инновационных проектов.**

CNBOP-PIB сохранил категорию B в параметрической оценке, проведённой Министерством Науки и Высшего Образования Польши. Институт находится на четвёртом месте в группе общей оценки.

В оценке журналов Министерства Науки и Высшего Образования в своей группе, т.е. в группе B, ежеквартальник CNBOP-PIB „Безопаность и Пожарная Техника» получил 9 из 10 возможных баллов.

2014

Исполняющая должности Директора CNBOP-PIB от 05 мая 2014 г. до 07 августа 2014 г. – **профессор доктор наук Эва РУДНИК**

Исполняющий должности Директора CNBOP-PIB от 08 августа 2014 г. – **бригадир доктор инженер Яцек ЗБОИНА**

Zeskanuj kod i wejdź na naszą stronę

Czytelnia.cnbop.pl