



ISSN 1895-8443
Vol. 36 Issue 4
December 2014

BiTP

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza
Safety & Fire Technique



Wydawnictwo CNBOP-PIB

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. 36 Issue 4, 2014

IX rok wydawania

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny

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

Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego

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

Redaktor Działu Badania i Rozwój

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

Redaktor Działu Technika i Technologia

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

Redaktor Działu Certyfikacja, Aprobaty i Rekomendacje

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

Redaktor Działu Partnerstwo dla Innowacyjności na Rzecz Bezpieczeństwa

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

Redaktor Działu Studium Przypadku – Analiza Akcji

nadbryg. Janusz Skulich – Rządowe Centrum Bezpieczeństwa

Redaktor Działu Szkolenia i Propagowanie Wiedzy

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

Redaktor Działu Z Praktyki dla Praktyki

nadbryg. w st. spocz. Maciej Schroeder

Redaktor Działu Nauki Humanistyczne i Społeczne na Rzecz Bezpieczeństwa

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

Redaktor Działu Postacie Pożarnictwa

mgr inż. Jan Kielin – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowarowej 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 Przeciwpowarowej

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 Przeciwpowarowej 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 Климин (Wiktor Iwanowicz Klimkin),

Oversight and Prevention Department of EMERCOM of Russia

prof. dr inż. Rainer Koch,

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

prof. dr inż. Venkatesh Kodur,

Michigan State University (Stany Zjednoczone)

prof. Jesús Ignacio Martínez Paricio,

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

dr inż. Hauke Speth,

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

dr hab. inż. Lech Starczewski – prof. 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

5,33 pkt

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

EDITORIAL COMMITTEE/РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

Editor-in-Chief/Главный Редактор

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/

Redaktor Otdela: Organizacja i Strategiczne Rukowodstwo

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

Polish Centre for Accreditation/Польский Центр Аккредитации

Section Editor: Research and Development/

Redaktor Otdela: Issledovaniya i razvitiye

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

Redaktor Otdela: Tekhnika i tekhnologiya

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/

Redaktor Otdela: Serтификация, одобreniya i rekomendatsii

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/

Redaktor Otdela: Partnirstvo dlya razvitiya v tselya bezopasnosti

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/

Redaktor Otdela: Analiz realnykh sobytiy nadbryg. Janusz Skulich/надбригадир Януш Скулич – Government Centre for Security, Poland/Правительственный центр безопасности, Польша

Section Editor: Training and Knowledge Promotion

Redaktor Otdela: Obucheniye i propagandirovaniye znaniy

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/

Redaktor Otdela: S praktiki dlya praktiki

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

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

Gumanisticheskiye i obshchestvennye nauki na blago bezopasnosti

Bernard Wiśniewski, PhD, prof. WSPOL/Бернард Висьневски, д-р, проф.- Police Academy in Szcztyno/Высшая школа полиции в г. Щитно

Section Editor: People Involved in Firefighting/Редактор Otdela: Liца пожарной охраны

Jan Kielin, M.Eng. / Ян Кйелин, 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/

Sekretar' Redakcii, yazykovoy redaktor – pol'skiy yazyk:

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 Голинська, 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 Дудачек, д-р инж. Technical University of Ostrava, Czech Republic/Остравский Технический Университет, Чехия

prof. Fan Weicheng/проф. Фан Вейчэн

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 Парисио

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/ экзemplяров
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. Nadwiśńska 213; 05-420 Józefów k/Otwocka

tel. 22 769 32 20

e-mail: kwartalniki@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, занимающимся проблематикой кризисного управления, работникам научно-педагогических университетов и исследовательских институтов, заинтересованных этой проблематикой. Журнал содержит только рецензированные статьи.

The Quarterly "Safety & Fire Technique" is published in free and open access, i.e., each user can read, copy, print, spread, cite and search open resources, including full texts of articles, respecting the copyright of its authors. A user can take advantage of articles published in the Quarterly in accordance with binding law on permitted use, indicating on the copy of the material information about the source and authors. Политика открытого доступа. Ежеквартальник 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

5,33 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

Funkcjonowanie Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania w obecnych uwarunkowaniach systemowych w Polsce 15
Tomasz Binek, Jarosław Czepiel

Wybrane aspekty współpracy Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego i Państwowej Straży Pożarnej w województwie małopolskim 25
Jerzy Telak

NAUKI HUMANISTYCZNE I SPOŁECZNE
NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA

Prolegomena do dyskusji na temat modelu systemu bezpieczeństwa narodowego 33
Bernard Wiśniewski

Badania ewaluacyjne jako narzędzie sprawnego zarządzania 41
Marta Wołosiaś, Ewa Michalska

Spoleczny wizerunek straży pożarnej jako filaru systemu bezpieczeństwa państwowego (w świetle badań opinii publicznej) 49
Monika Torczyńska

BADANIA I ROZWÓJ

Badania skuteczności pożarowej powłok krzemoorganicznych z wypełniaczem stosowanych do betonu 59
Yakovchuk R.S., Veselivskiy R.B.

Wybrane zagadnienia modelowania słupów stalowych poddanych oddziaływaniom pożarowym 65
Paweł A. Król, Lesław Kwaśniewski, Krzysztof J. Łącki

Badania doświadczalne i analiza cyfrowa ziarnistości pyłów palnych 77
Rafał Porowski, Dawid Bodalski, Martyna Strzyżewska

Zjawisko detonacji mieszanin pyłowych: przegląd stanu wiedzy 85
Rafał Porowski

Wzajemne oddziaływanie przepływów konwekcyjnych przy pożarze w wyrobisku górniczym 95
P.S. Pashkovskiy, I.N. Zinchenko, V.Z. Bryum

TECHNIKA I TECHNOLOGIA

Dalekozasięgowa kamera do monitorowania obiektów infrastruktury krytycznej. Testy zasięgowe 103
Mieczysław Szustakowski, Marek Życzkowski, Mateusz Karol, Mariusz Kastek, Rafał Dulski, Jarosław Bareła, Piotr Markowski, Marcin Kowalski

Zastosowanie symulacji wirtualnej w zakresie szkolenia operatorów bezzałogowych platform lądowych wykorzystywanych do działań ratowniczo-gaśniczych 113
Jacek Roguski, Roman Wantoch-Rekowski, Konrad Szumiec

Zwiększenie skuteczności pracy nowoczesnych optycznych punktowych czujek dymu 125
A.I. Kitsak, A.P. Lushchik, D.L. Yesipovich, I.V. Kaval'chuk

Kolizje statków powietrznych z ptakami rosnącym zagrożeniem transportu lotniczego 131
Andrzej Zbrowski

Z PRAKTYKI DLA PRAKTYKI

Wykorzystanie narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego w projektowaniu i odbiorze systemów wentylacji pożarowej garaży zamkniętych 141
Grzegorz Krajewski, Wojciech Węgrzyński

Recenzenci 2014 157
Wytyczne dla autorów 159
Nagrody CNBOP-PIB 174
Najważniejsze wydarzenia 183

TABLE OF CONTENT СОДЕРЖАНИЕ

ORGANIZATION AND STRATEGIC MANAGEMENT ОРГАНИЗАЦИЯ И СТРАТЕГИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

The National System of Contamination Detection and Alarm, Currently Operating in Poland
Функционирование Национальной Системы
Обнаружения Загрязнений и Оповещения в
существующих системных условиях в Польше 15
Tomasz Binek, Jarosław Czepiel

Selected Features of Co-operation Between the
Voluntary Water Rescue Service and State Fire
Service in the Małopolskie Voivodship
Некоторые аспекты сотрудничества между
Добровольной водно-спасательной службой
и Государственной пожарной службой
в Малопольском воеводстве (области) 25
Jerzy Telak

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

Discursive Introduction to the Model for a National
Security System
Прологомены для дискуссии на тему модели
системы национальной безопасности 33
Bernard Wiśniewski

Evaluation Study as an Efficient Management Tool
Оценочные исследования в качестве
инструмента эффективного управления 41
Marta Wołosiaś, Ewa Michalska

The Social Image of the Fire Department as a Pillar
of State Security, in the Light of Public Opinion
Surveys
Общественный образец пожарной службы,
как опора системы государственной безопасности
(на основе изучения общественного мнения) 49
Monika Torczyńska

RESEARCH AND DEVELOPMENT ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗВИТИЕ

Effectiveness Testing of Filled Silicon Organic
Coatings for Concrete
Исследование огнезащитной эффективности
наполненных кремнийорганических покрытий
для бетона 59
Yakovchuk R.S., Veselivskiy R.B.

Selected Issues Concerning the Use
of Computational Techniques in the Design
of Steel Pillars Subsequently Exposed to a Fire
Выбранные вопросы моделирования стальных
столбов, подверженных воздействию пожара 65
Paweł A. Król, Lesław Kwaśniewski, Krzysztof J. Łącki

Experimental Study and Digital Analysis of
Flammable Dust Granularity
Экспериментальные исследования и цифровой
анализ зернистости горючей пыли 77
Rafał Porowski, Dawid Bodalski, Martyna Strzyżewska

Dust Detonation Phenomenon: State of the Art
Явление детонации смесей пыли: обзор
имеющихся знаний 85
Rafał Porowski

Interaction of Convective Flows during
Fire Incidents in Mine Workings
Взаимодействие конвективных потоков при
пожаре в горной выработке 95
P.S. Pashkovskiy, I.N. Zinchenko, V.Z. Bryum

TECHNIQUE AND TECHNOLOGY ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Range Capability Testing of Long Range Surveillance
Cameras Used for Protection of Key Installations
Камера с большой дальностью видеонаблюдения
для мониторинга объектов критической
инфраструктуры. Исследования дальности 103
Mieczysław Szustakowski, Marek Życzkowski,
Mateusz Karol, Mariusz Kastek, Rafał Dulski,
Jarosław Bareła, Piotr Markowski, Marcin Kowalski

Application of Virtual Simulation in the Training
of Operators of Unmanned Land-based Platforms,
used in Firefighting Rescue Operations
Применение виртуальной симуляции в области
обучения операторов беспилотных сухопутных
платформ используемых для спасательно-
гасящих действий 113
Jacek Roguski, Roman Wantoch-Rekowski, Konrad Szumiec

Improvement in the Operating Effectiveness
of Modern Optical Point Smoke Detectors
Повышение эффективности работы
современных точечных оптических
дымовых извещателей 125
A.I. Kitsak, A.P. Lushchik, D.L. Yesipovich,
I.V. Kaval'chuk

Bird Impact – a Growing Threat for Aviation
Столкновения воздушных судов с птицами
– растущая угроза для авиатранспорта 131
Andrzej Zbrowski

BEST PRACTICE IN ACTION С ПРАКТИКИ ДЛЯ ПРАКТИКИ

The use of Fire Safety Engineering in the Design and Commissioning of Car Park Fire Ventilation Systems Использование инженерных решений пожарной безопасности в проектировке и приёме систем противопожарной вентиляции закрытых гаражей	141
Grzegorz Krajewski, Wojciech Węgrzyński	
Reviewers / Рецензенты	157
Guide for authors / Правила для авторов	159
CNBOP-PIB Achievements / Достижения CNBOP-PIB	174
Major events / Самые важные события	183

Grudzień, 2014**Szanowni Czytelnicy,**

Przedstawiamy Państwu 36. numer kwartalnika naukowego „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, który zamyka dziewiąty rok wydawania naszego czasopisma.

Z satysfakcją możemy stwierdzić, że z roku na rok w naszym czasopiśmie publikowanych jest coraz więcej materiałów znanych i cenionych w branży ochrony przeciwpożarowej i bezpieczeństwa specjalistów, naukowców, teoretyków i praktyków z kraju i zagranicy. Nieoceniony wkład w rozwój wydawnictwa wnoszą członkowie Rady Naukowej, Komitet Redakcyjny oraz zespół starannie dobie-ranych do każdego materiału recenzentów – znawców tematu w swoich dziedzinach.

Rok 2014 był bardzo pomyślny dla naszego wydawnictwa. W tym czasie kwartalnik dołączył do cenionych międzynarodowych baz publikacji naukowych – indyjskiej bazy J-Gate oraz Rosyjskiego indeksu cytowań naukowych (RINC). Nasze czasopismo znajduje się także w zbiorach największych bibliotek cyfrowych w Niemczech, Rosji oraz na Białorusi i Ukrainie. Ponadto do grona Rady Naukowej kwartalnika dołączył Pan profesor Venkatesh Kodur ze Stanów Zjednoczonych, a Komitet Redakcyjny zyskał 3 nowych członków. Jest nam niezmiernie miło, że tyle znanych i cenionych w świecie nauki postaci zdecydowało się aktywnie wspierać rozwój naszego czasopisma.

W bieżącym wydaniu czasopisma znalazło się piętnaście artykułów, spośród których szczególnej Państwa uwadze chcielibyśmy polecić artykuł zespołu autorskiego z Wojskowej Akademii Technicznej pt. „Dalekozasięgowa kamera do monitorowania obiektów infrastruktury krytycznej. Testy zasięgowe”, w którym przedstawiono wyniki badań skuteczności kamery przeznaczonej do systemów ochrony obiektów rozległych.

Polecamy również artykuły autorów zagranicznych, szczególnie referat pt. „Zwiększenie skuteczności pracy nowoczesnych optycznych punktowych czujek dymu” autorstwa dra Kitsaka, Panów Lushchika, Yesipovicha i Kaval'chuka oraz „Wzajemne oddziaływanie przepływów konwekcyjnych przy pożarze w wyrobisku górniczym” dra hab. Pashkovskiego, dra Zinchenko oraz Pana Bryuma. Pierwszy z artykułów przedstawia badania nad zastosowaniem czujki dymu, której działanie oparte zostało na zasadach detekcji dymu charakterystycznych zarówno dla klasycznych punktowych czujek dymu, jak i czujek liniowych. Zaproponowane rozwiązanie w znacznym stopniu zwiększa skuteczność wykrywania cząstek dymu w powietrzu. Drugi z artykułów przedstawia nowe wyniki naukowe nad wzajemnym oddziaływaniem przepływów konwekcyjnych przy pożarach w wyrobiskach górniczych.

Zachęcamy do przeczytania wszystkich artykułów zamieszczonych w tym numerze. Jednocześnie chcielibyśmy złożyć wszystkim czytelnikom kwartalnika naukowego „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” najserdeczniejsze życzenia z okazji nowego roku. Mamy nadzieję, że kolejny rok będzie dla Państwa pomyślny oraz przyniesie dużo sukcesów.

Komitet Redakcyjny

December, 2014**Dear Readers,**

We are pleased to present you the 36th issue of the Quarterly Journal „Safety & Fire Technique”, which closes the ninth year of our Journal.

We are proud to tell you that each year our Journal publishes more and more papers written by specialists, theoreticians and practitioners, both from Poland and from abroad, who are popular and reputable in the branch of fire safety. Invaluable contribution to our progress is made by the members of our Scientific Board and Editorial Committee, as well as by the group of reviewers – specialists in their fields, carefully chosen for each paper by our editors.

The year 2014 was very successful for our publishing house. During this period the Quarterly joined respected international scientific databases – the Indian J-Gate and the Russian Science Citation Index. Our Journal can also be found among the resources of the biggest digital libraries in Germany, Russia, Belarus and Ukraine. What is more, the Scientific Board was joined by professor Venkatesh Kodur from the USA, and there are 3 new members in the Editorial Committee. We are pleased that so many popular and respected people from the world of science decided to actively support the development of our Journal.

There are 15 articles in the current issue of the Journal. We recommend to your attention the article by the authors from Warsaw University of Technology entitled “Range Capability Testing of Long Range Surveillance Cameras Used for Protection of Key Installations”, which describes the results of research on the effectiveness of a camera designed for security systems covering large expanse.

We also invite you to read the papers of foreign authors, especially the paper entitled “Improvement in the Operating Effectiveness of Modern Optical Point Smoke Detectors” by dr Kitsak, Anatoliy Lushchik, Dmitriy Yesipovich and Ivan Kaval’chuk, as well as the article “Interaction of Convective Flows during Fire Incidents in Mine Workings” by dr Petr Pashkovskiy, dr Igor’ Zinchenko and Viktor Bryum. The former article presents a study into the application of a smoke detector which would take advantage of different methods of smoke detection typical for both point and linear smoke detectors. The solution proposed by the authors significantly boosts the effectiveness of detecting smoke particles in the air. The latter article presents the scientific results of the interaction of convective flows during fire incidents in mines.

We invite you to read all the articles published in this issue. Furthermore, we would like to wish a happy New Year to all the readers of the Quarterly “Safety & Fire Technique”. May the New Year be prosperous and bring much success to all of you.

Editorial Committee

Декабрь, 2014

Уважаемые Читатели,

Представляем Вашему вниманию 36 номер научного ежеквартального журнала „Безопасность и Пожарная Техника”, который закрывает девятый год публикации нашего журнала.

С удовольствием обращаем Ваше внимание, что каждый год в нашем журнале появляется всё больше материалов известных и уважаемых в стране и заграницей специалистов, учёных, теоретиков и практиков из сферы пожарной охраны и безопасности. Бесценный вклад в развитие издательства вносят члены Научного и Редакционного Советов, а также группа тщательно подбираемых для каждого материала рецензентов, экспертов в своих отраслях.

2014 год был очень успешным для нашего издательства. За это время журнал присоединился к уважаемым международным базам научных изданий – в индийскую базу J-Gate и Российский Индекс Научного Цитирования (РИНЦ). Наш журнал находится также в каталогах крупнейших электронных библиотек Германии, России, Беларуси и Украины. Кроме того, в состав Научного Совета вошёл проф. Венкатеш Кодур из США, а в Редакционный совет пришли три новых члена. Нам очень приятно, что столько известных и уважаемых в мире науки людей согласилось активно поддерживать развитие нашего журнала.

Текущий номер журнала включает 15 статей, среди которых особого внимания заслуживает статья авторской группы из Военной Технической Академии под названием „Камера с большой дальностью видеонаблюдения для мониторинга объектов критической инфраструктуры. Исследования дальности”, в которой представлены результаты исследований эффективности камеры, предназначенной для систем защиты обширных объектов.

Предлагаем также прочитать статьи зарубежных авторов, в частности статью под названием „Повышение эффективности работы современных точечных оптических дымовых извещателей” авторства А.И. Кицака, А.П. Лущика, Д.Л. Еспиповича и И.В. Кавальчука, а также статью „Взаимодействие конвективных потоков при пожаре в горной выработке” д-ра техн. наук П.С. Пашковского, канд. техн. наук И.Н. Зинченко, и В.З. Брюма. Первая статья представляет собой исследования дымового извещателя, использующего для обнаружения пожара одновременно принципы детектирования дыма классического точечного и линейного дымовых извещателей. Предложенное решение в значительной степени повышает эффективность обнаружения частиц дыма в воздухе. Вторая статья представляет новые результаты взаимодействия конвективных потоков при пожарах в горных выработках.

Предлагаем прочитать все статьи, которые включает новый номер. Одновременно мы хотели бы поздравить с наилучшими желаниями в Новом году всех читателей журнала „Безопасность и Пожарная Техника”. Надеемся, что следующий год будет для Вас благополучным и принесёт Вам много успехов.

Редакционный Совет



Amb. Krzysztof Paturej
Prezes Zarządu Międzynarodowego Centrum Bezpieczeństwa Chemicznego

Drodzy Czytelnicy,

Kwartalnik naukowy „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” jest czasopismem poświęconym zagadnieniom szeroko pojętego bezpieczeństwa. Poza artykułami związanymi bezpośrednio z kwestiami bezpieczeństwa pożarowego znajdują w nim Państwo również artykuły z zakresu zarządzania kryzysowego, ochrony ludności, a także te traktujące o bezpieczeństwie chemicznym, którego ranga systematycznie rośnie.

Chemikalia są powszechne w życiu jednostek i społeczności lokalnych zarówno w postaci środków produkcji, użytecznych składników życia codziennego, jak i porzuconych obiektów, czy też narzędzi przestępstwa przeciw zdrowiu i porządkowi publicznemu. Wiele substancji chemicznych przy niewłaściwym użyciu może zagrażać zdrowiu, życiu i środowisku.

Za przeważającą większość zagrożeń odpowiedzialny jest człowiek, a tylko niewielka część wypadków wynika z przypadku lub zdarzeń naturalnych. Jednakże rośnie zagrożenie użyciem chemikaliów w celach zabronionych, m.in. przez terrorystów.

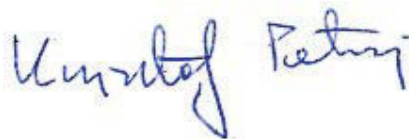
Kreowanie i popularyzowanie wiedzy i rozwiązań w zakresie bezpieczeństwa chemicznego będzie skutkowało wykreowaniem kultury bezpieczeństwa chemicznego wpływającej na zachowania i pozwalającej na ograniczanie ryzyk związanych z powszechnym dostępem do chemikaliów.

Artykuły publikowane na łamach czasopisma stanowią bezcenne źródło wiedzy dla wszystkich osób zainteresowanych tematyką bezpieczeństwa i jego różnorodnych zagrożeń. Skala zagrożeń w odniesieniu do szeroko pojętej działalności chemicznej rośnie, co jest rezultatem globalnego rozwoju przemysłu chemicznego i powszechnego dostępu do chemikaliów.

Kwartalnik publikuje nowatorskie rozwiązania w zakresie umacniania bezpieczeństwa, przedstawia najnowsze wyniki badań naukowych oraz dobre praktyki na rzecz bezpieczeństwa. Plasuje to kwartalnik wśród wiodących periodyków naukowych.

Serdecznie polecam i rekomenduję kwartalnik wszystkim specjalistom związanym z bezpieczeństwem w szerokim tego słowa znaczeniu.

Amb. Krzysztof Paturej



Prezes Zarządu

Międzynarodowego Centrum Bezpieczeństwa Chemicznego

dr inż. **Tomasz BINEK**¹
mgr **Jarosław CZEPIEL**²

Przyjęty/Accepted/Принят: 04.05.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 06.11.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

FUNKCJONOWANIE KRAJOWEGO SYSTEMU WYKRYWANIA SKAŻEŃ I ALARMOWANIA W OBECNYCH UWARUNKOWANIACH SYSTEMOWYCH W POLSCE³

**The National System of Contamination Detection and Alarm,
Currently Operating in Poland**

**Функционирование Национальной Системы Обнаружения Загрязнений
и Оповещения в существующих системных условиях в Польше**

Abstrakt

Cel: Rozwój cywilizacyjny niesie ze sobą szereg nowych zagrożeń, które dotychczas nie były znane ludzkości. Jednym z poważniejszych i charakterystycznych dla naszych czasów, tj. wieku XX i XXI, jest zagrożenie skażeniami. Niniejszy artykuł jest próbą przedstawienia Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania o Skażeniach i jego działania na tle charakterystyki zagrożeń skażeniami w obecnych uwarunkowaniach systemowych w Polsce.

Wprowadzenie: W najnowszej historii doświadczyliśmy wielu katastrof, których efektem były skażenia. Tragicznie w nasze dzieje wpisują się awarie przemysłowe (Bhopal, Czarnobyl) skutkujące tysiącami ofiar śmiertelnych. Organizacje, których sposobem działania jest sianie terroru, za cel przyjmują sobie zastraszenie całych społeczeństw przy użyciu wszelkich dostępnych środków w tym tych, które uznawane są za broń masowego rażenia. W artykule scharakteryzowano krajowe rozwiązania przyjęte do przeciwdziałania tym zagrożeniom, w szczególności Krajowy System Wykrywania Skażeń i Alarmowania (KWSiA). Zaprezentowano skład KWSiA oraz jego zadania, przyjmując za główny punkt odniesienia obowiązujące uregulowania prawne. Niezwykle istotne dla funkcjonowania Krajowego Systemu jest funkcjonalne połączenie w jeden organizm wielu działających dotychczas w sposób nieskoordynowany w ramach zarządzenia kryzysowego struktur oraz służb ratowniczych zarówno cywilnych, jak i wojskowych, których działania koordynuje Centrum Dyspozycyjne. Takie rozwiązanie ma zoptymalizować ich działania i zapewnić efekt synergii. W artykule omówiono też sposób doskonalenia Krajowego Systemu poprzez prowadzenie ćwiczeń i treningów, a także wskazano niezbędne perspektywy rozwoju.

Wnioski: KWSiA jest systemem żywym, zmieniającym się w zależności od wyzwań, potrzeb i zadań, które są przed nim stawiane. Przedstawione w artykule rozwiązania z zakresu jego funkcjonowania powinny być poddawane nieustannej obserwacji, a ewentualna potrzeba zmian powinna je generować. Z pewnością rozwiązania te również warto propagować, zwracać na nie uwagę w procesie szkolenia kadr na potrzeby służb ratowniczych i centrów zarządzania kryzysowego oraz próbować wdrażać w instytucjach zajmujących się podobną problematyką, a niefunkcjonujących w ramach krajowego systemu np. w samorządach. Warto podjąć wysiłek zbudowania systemu pomiarowego przeznaczonego do detekcji skażeń oraz wdrożenia na różnych szczeblach w instytucjach i służbach zajmujących się problematyką reagowania kryzysowego systemu informatycznego PROMIEN.

Słowa kluczowe: terroryzm, skażenia, substancje niebezpieczne, KWSiA, powódzie, BMR

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

¹ Wyższa Szkoła Gospodarki Euroregionalnej im. Alcide De Gasperi w Józefowie; ul. Sienkiewicza 4, 05-410 Józefów, Polska; t.binek@wp.pl / University of Euroregional Economy, Poland;

² Centralny Ośrodek Analizy Skażeń w Warszawie, ul. płk K. Leskiego 7, 01-499 Warszawa, Polska / Centre for Analysis of Contamination, Warsaw, Poland;

³ Wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage contribution: T. Binek – 70%, J. Czepiel – 30%;

Abstract

Aim: The development of civilization is accompanied by new threats, which were previously unknown to mankind. One of the major and characteristic threats in the XX and XXI century, is the threat of contamination. This article describes the national system for detection of and warning about contamination hazards, and its operation within prevailing systems which exist in Poland.

Introduction: In the recent past we experienced the effects of many natural disasters, which culminated in the contamination of the environment. Tragically, industrial accidents (Bhopal, Czarnobyl), led to thousands of casualties. Organisations, whose modus operandi involves the sowing of terror, focus on intimidation of whole communities utilising all available means, including weapons of mass destruction. This article identifies the national approach adopted to counter such threats, in particular the National System for Contamination Detection and Alarm (NSCDA). The NSCDA and its tasks are described in context of responsibilities laid down by law. It is essential for the effective operation of the system for participating services engaged in operations, who previously discharged their responsibilities in an uncoordinated way, to be functionally aligned and controlled by one body. The work of uniformed and non uniformed rescue services should be co-ordinated by a Dispatch Control Centre in order to optimise operational functionality and secure synergy. Additionally, the article describes approaches for improving the NSCDA through training and exercises, proposes essential development perspectives

Conclusion: The NSCDA has functioned since 2006 and is a living system, which is adapted to changes, depending on the challenges, needs and tasks which emerge over time. Solutions presented in this paper should be constantly monitored and emerging environmental changes should influence appropriate changes to the system. Such adaptations should be propagated and incorporated in the training syllabus for personnel undergoing training in rescue techniques as well as crisis management. Equally, organisations which are also concerned with such problems, but currently not integrated within NSCDA e.g. Local Government Authorities, should implement such changes. It is appropriate to develop a monitoring system dedicated to the detection of contamination threats as well as engage the information system PROMIEN, at different levels, institutions and services involved with the problem of crisis response.

Keywords: terrorism, contamination, hazardous substances, National System of Detection and Alarm, flood, CBRN

Type of article: review article

Аннотация

Цель: Развитие цивилизации приносит с собой ряд новых, ранее неизвестных человечеству, угроз. Одна из наиболее серьёзных и характерных угроз нашего времени, а именно XX и XXI веков – это угроза загрязнения. Данная статья является попыткой представить Национальную Систему Обнаружения Загрязнений и Оповещения, а также её функционирование на фоне характеристики угроз загрязнения в существующих системных условиях в Польше.

Введение: В новейшей истории мы испытали многие бедствия, последствием которых были загрязнения. В нашу историю вписаны трагические промышленные аварии (Бхопал, Чернобыль), которые принесли смерть тысячам людей. Организации, деятельность которых основана на том, чтобы посеять ужас среди населения, целенаправленно запугивают целые сообщества с использованием всех возможных средств, в том числе и тех, которые считаются оружием массового поражения. В статье описаны государственные решения, принятые для противодействия этим угрозам, в частности Национальная Система Обнаружения Загрязнений и Оповещения (KWSWiA). Авторы представили состав KWSWiA и её задачи, принимая за отправную точку начала действующее законодательство. Очень важным для функционирования KWSWiA является объединение в единый организм многих действующих в области кризисного управления структур, а также спасательных служб, как гражданских, так и военных, которые до сих пор не работали согласованно, а их действия координирует диспетчерский центр. Такое решение должно оптимизировать их деятельность и обеспечить эффект взаимодействия. В статье рассмотрен также способ совершенствования Национальной системы обнаружения загрязнений и оповещения благодаря проведению учений и тренировок, а также указаны необходимые перспективы её развития.

Выводы: KWSWiA является живой системой, меняющейся в зависимости от вызовов, потребностей и задач, которые перед ней ставят. Представленные в статье решения относительно её функционирования должны быть предметом постоянного наблюдения, а также совершенствоваться в случае возникновения такой необходимости. Конечно, эти решения стоит пропагандировать, учитывать их в процессе обучения персонала для спасательных служб и центров кризисного управления, а также пытаться внедрять в организациях, занимающихся аналогичной проблематикой, но нефункционирующих в рамках национальной системы, например в органах местного самоуправления. Создание измерительной системы предназначенной для обнаружения загрязнений и внедрение её на разных уровнях в учреждениях и в службах, занимающихся проблематикой кризисного реагирования информативной системы PROMIEN действительно стоит усилий.

Ключевые слова: терроризм, загрязнения, опасные вещества, наводнения, ОМП

Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Zagrożenia od zarania dziejów towarzyszyły życiu człowieka na Ziemi. W reakcji na te wydarzenia ludzie podejmowali działania, które miały na celu zabezpieczenie siebie, swojego mienia i środowiska przed negatywnym oddziaływaniem wielu czynników, począwszy od działania sił przyrody, po świadome działanie człowieka przeciw człowiekowi [1]. W dostępnej literaturze istnieje szereg taksonomii zagrożeń. Wynika to ze stosowania przez ich autorów różnych, potrzebnych im do określe-

go celu kryteriów. Można wyróżnić zagrożenia potencjalne i rzeczywiste; subiektywne i obiektywne; zewnętrzne i wewnętrzne; militarne i niemilitarne, a także utożsamiane ze stanem funkcjonowania państwa, czyli czasu pokoju, kryzysowe i wojenne oraz intencjonalne i przypadkowe (losowe). Biorąc pod uwagę rozległość zjawiska, mogą to być również zagrożenia globalne, regionalne, krajowe i lokalne. Europejska Strategia Bezpieczeństwa [2] oraz wynikająca z niej Polska Strategia Bezpieczeństwa Narodowego [3] za najważniejsze zagrożenia

przyjmują terroryzm, proliferację broni masowego rażenia, konflikty regionalne, przestępczość międzynarodową, zagrożenia ekologiczne, globalizację oraz zagrożenia zewnętrzne i wewnętrzne bezpośrednio powiązane z funkcjonowaniem gospodarki, bezpieczeństwem energetycznym, spójnością i zrównoważonym rozwojem struktur państwa.

Odnosząc się do skali zjawiska, najistotniejsze znaczenie mają zagrożenia globalne, do których można zaliczyć m.in. konflikt w skali ponadregionalnej, proliferację broni masowego rażenia, terroryzm, międzynarodową przestępczość zorganizowaną, awarie techniczne skutkujące powstaniem skażeń w skali globalnej, czy zmiany klimatyczne.

Obok zagrożeń globalnych mamy do czynienia z szeregiem zagrożeń o charakterze regionalnym, które dotyczą Polski lub mogą jej zagrozić. Jeszcze do niedawna uważano, że groźba wystąpienia konfliktu zbrojnego w naszym bezpośrednim sąsiedztwie jest niemożliwa lub bardzo mało prawdopodobna. Ostatnie wydarzenia na Ukrainie oraz dokonanie aneksji Krymu przez Rosję spowodowały realny wzrost zagrożenia militarnego w Europie.

Kolejnymi zagrożeniami są te o charakterze niemilitarnym, takie jak awarie techniczne, działania terrorystyczne czy też przestępczość zorganizowana. Z uwagi na siłę oddziaływania nie mogą być lekceważone i wymagają opracowania i wdrożenia na szczeblu krajowym skutecznych mechanizmów ich wykrywania i zwalczania. Również zagrożenia w otoczeniu Polski, wynikające z działania sił natury, mają określony wpływ na nasze bezpieczeństwo.

Na potrzeby tego artykułu zajmiemy się tylko zagrożeniami związanymi z możliwościami wystąpienia skażeń o różnej etiologii. Przyczyny powstania skażeń można najprościej sklasyfikować na te o charakterze naturalnym, na które często nie mamy wpływu oraz *stricte* związane z działalnością człowieka, czyli o podłożu antropogenicznym.

Zagrożenia naturalne nierozzerwalnie powiązane są z niszczycielskim działaniem sił przyrody mogących stanowić przyczynę powstawania skażeń. Człowiek nie jest w stanie im całkowicie zapobiegać, a jedynie działać prewencyjnie i łagodzić skutki niekorzystnych zdarzeń. Na szczęście Polska nie znajduje się w regionie geograficznym dotykany pełnym spektrum różnych zagrożeń naturalnych, tym niemniej doświadczenia ostatnich dziesięcioleci pokazują, że powodzie, pożary, osuwiska ziemi, lokalne trąby powietrzne czy trzęsienia ziemi mogą stanowić katalog zdarzeń, które powinny być brane pod uwagę przy ocenie prawdopodobieństwa powstania skażeń. Zjawiska te, pomimo ich sporadycznego charakteru, z uwagi na ogromną siłę oddziaływania i nieprzewidywalność wystąpienia mogą przyczynić się do degradacji lub dewastacji środowiska, a w skrajnym przypadku nawet do wywołania katastrofy ekologicznej.

Ciągle zmieniający się klimat, ukształtowanie terenu, zwarta zabudowa oraz niekorzystnie ukształtowana sieć rzeczna stwarzają dogodne warunki dla występowania na obszarze Polski powodzi spowodowanych w głównej

mierze silnymi opadami deszczu i roztopami. Doświadczenia Polski w ostatnich dwóch dekadach (głównie w latach 1997 i 2010) były bardzo dotkliwe w skutkach zarówno dla społeczności, jak i administracji publicznej. Powódź, oprócz strat ekonomicznych, może wywołać zagrożenie epidemiczne będące wynikiem rozkładu utopionych zwierząt, wymywania szamb, przedostania się ścieków i odpadów biologicznych do wód gruntowych i studni, wypłukiwania podłoża z obiektów gospodarczych przeznaczonych dla zwierząt hodowlanych, podmywanie cmentarzy czy wysypisk śmieci. W wodach stojących, w zalanych budynkach gospodarczych i mieszkalnych, zwłaszcza w okresie letnim, powstają dogodne warunki do rozwoju licznych drobnoustrojów, w tym drobnoustrojów chorobotwórczych. Sytuacja ta może przyczynić się do pojawienia się epidemii, epizooty na zalanym terenie. Skutkuje to potrzebą prowadzenia takich zabiegów jak dekontaminacja, dezynfekcja, dezynsekcja czy deratyzacja, również w zastosowaniach profilaktycznych. Należy pamiętać, iż w wyniku powodzi zalaniu lub podmyciu mogą ulec składy materiałów niebezpiecznych, stacje paliw, zbiorniki z reagentami w zakładach przemysłowych czy z odpadami poprodukcyjnymi. Sprzyja to powstaniu rozległych zagrożeń ekologicznych, zwłaszcza tam, gdzie nie wprowadzono do tej pory, głównie z powodów ekonomicznych, zabezpieczeń ograniczających możliwość powstawania skażeń powietrza, gleby i wód gruntowych [4].

Kolejną pozycją w omawianym katalogu zagrożeń są pożary, których przyczyn można upatrywać zarówno w działaniu sił natury, jak i działalności człowieka. Niebezpieczeństwo wystąpienia pożaru jest najczęstszym i najpoważniejszym zagrożeniem występującym podczas pracy z substancjami niebezpiecznymi [5]. Pożarom w zakładach przemysłowych towarzyszy ponadto wysokie prawdopodobieństwo uwolnienia par lub gazów substancji szkodliwej oraz powstawania obłoku skażonego powietrza i przemieszczania się go na duże odległości w zależności od panujących warunków atmosferycznych [6]. Największe ryzyko wystąpienia skażeń dotyczy zwłaszcza przemysłu petrochemicznego z uwagi na lotność substancji i sposób ich przechowywania. Przykładem może być pożar rafinerii gdańskiej w 2003 roku, w wyniku którego spaleni uległo ponad 4 tys. metrów sześciennych benzyny, gdzie pary i gazy z palących się produktów ropopochodnych przenoszone były na skupiska osiedli mieszkalnych. Mogły one zawierać trujące produkty spalania paliw płynnych. Awaria ta przyczyniła się również do powstania dużych strat ekonomicznych zarówno dla zakładu, jak i administracji publicznej. Spaleni uległy produkty ropopochodne o wartości ok. 15 mln zł, a koszty akcji ratowniczej pochłonęły prawie 1,5 mln zł [7].

Wśród wielu zagrożeń pojawiły się także takie, których człowiek jest pośrednim sprawcą. Zmiany klimatyczne spowodowane działalnością człowieka powodują powstawanie szeregu ekstremalnych zjawisk pogodowych. Niszczycielskie żywioły takie jak huragany, powodzie czy fale tsunami niosą ze sobą zniszczenie. Spektakularnym przypadkiem wywołania skażeń przez siły

przyrody jest awaria elektrowni atomowej w Fukushima (2011 r.), którą uszkodziło trzęsienie ziemi, a dzieła zniszczenia dopełniła fala tsunami, powodując powstanie rozległego skażenia promieniotwórczego. Masy powietrza zawierające śladowe ilości substancji promieniotwórczych pochodzące z awarii w Fukushima dotarły do Polski już po 12 dniach od zdarzenia. Przebyły one dość długą drogę (ponad 8500 km) i uległy wielotysięcznemu rozcieńczeniu [8],[9].

Rozwój nowych technologii oraz zapotrzebowanie na nowe produkty stały się powodem wykorzystania na szeroką skalę Toksycznych Środków Przemysłowych (TŚP), czyli toksycznych, biologicznych i promieniotwórczych substancji w postaci stałej, ciekłej lub gazowej, które mogą być produkowane lub wykorzystywane w zakładach przemysłowych, medycynie, wojsku oraz innych gałęziach gospodarki narodowej. TŚP mogą występować jako związki i pierwiastki chemiczne, substancje biologiczne lub radioaktywne i opisuje się je jako Toksyczne Środki Chemiczne, Toksyczne Środki Biologiczne oraz Promieniotwórcze Środki Przemysłowe [10]. Ich uwolnienie do środowiska nastąpić może w wyniku awarii przemysłowej, katastrofy naturalnej lub aktu terroru, powodując skażenia promieniotwórcze, biologiczne lub chemiczne. Zdarzeniom takim towarzyszyć mogą także pożary i zniszczenia infrastruktury. Tragiczne skutki uwolnienia TŚP dotknęły ludność Bhopalu (Indie) w grudniu 1984 r., gdzie doszło do uwolnienia około 30 ton izocyjanianu metylu z reaktora chemicznego i śmierci 20 tys. ludzi [11]. W drugim przypadku przyczyną zdarzenia w zakładach ICMESA w Seveso we Włoszech (1976 rok) było rozwinięcie się niekontrolowanej reakcji egzotermicznej w reaktorze chemicznym, skutkującej rozerwaniem zaworu bezpieczeństwa i uwolnieniem do otoczenia 2 ton substancji chemicznych, w tym 2 kg bardzo niebezpiecznej dla zdrowia dioksyny – TCDD (2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioksyny), która była też składnikiem defoliantu o nazwie Agent Orange stosowanym przez Amerykanów w Wietnamie [12]. W wyniku awarii 700 osób zostało poszkodowanych, zginęło wiele zwierząt, a do tego skażeniu uległo 1500 hektarów gruntu [13]. Po awarii w Seveso w Unii Europejskiej wprowadzono dyrektywę znaną jako Seveso I, która zapoczątkowała regulacje prawne w Unii Europejskiej o charakterze prewencyjnym, mające przeciwdziałać powstawaniu podobnych zdarzeń zaszeregowanych do kategorii poważnych awarii przemysłowych [14]. Ogromne szkody dla środowiska i ludności powodowała także petrochemia. Zakłady tego sektora przemysłu są szczególnie podatne na uszkodzenia lub zniszczenie z uwagi na dużą liczbę rurociągów, wysokie ciśnienia w instalacjach oraz obecność materiałów łatwopalnych. W 2010 roku na terytorium kraju zarejestrowanych było 1199 zakładów przemysłowych – potencjalnych sprawców poważnych awarii, spośród których 358 stanowiło zakłady dużego i znacznego ryzyka. W Polsce każdego roku odnotowuje się dziesiątki zdarzeń noszące znamiona awarii. W okresie 2000-2010 odnotowano 1491 poważnych awarii, w tym: 634 w zakładach, 609 w transporcie oraz 248 w innych miejscach (np.: domy mieszkalne, obiekty spor-

towe, szpitale, uprawy) [15]. Według danych publikowanych przez Głównego Inspektora Ochrony Środowiska w 2010 roku zanotowano 114 [16], a w 2012 r. 91 zdarzeń noszących znamiona poważnej awarii [17].

Źródłami zagrożeń niebezpiecznymi substancjami mogą być także obiekty energetyki jądrowej. Polska nie posiada elektrowni jądrowych, natomiast w krajach sąsiednich (w odległości do 310 km od naszych granic) jest zlokalizowanych 10 czynnych elektrowni jądrowych, w tym 27 bloków – reaktorów energetycznych o łącznej mocy ok. 18 tys. MW(e) [18]. W Polsce eksploatowany jest obecnie jedynie reaktor badawczy MARIA o mocy 30 MW zlokalizowany w Narodowym Centrum Badań Jądrowych w Otwocku-Świerku, będący źródłem radioizotopów wykorzystywanych w medycynie, badaniach naukowych i przemyśle. Oprócz samego reaktora, źródło zagrożenia skażeniami może stanowić wysokoaktywne wypalone paliwo oczekujące w basenie technologicznym lub suchym przechovalniku znajdującym się w korpusie nieczynnego reaktora EWA. Należy zauważyć, że wypalone paliwo stwarza niewspółmiernie większe potencjalne zagrożenie z uwagi na możliwość militarnego bądź terrorystycznego wykorzystania, niż paliwo świeże.

Wraz ze wzrostem produkcji toksycznych środków przemysłowych proporcjonalnie obserwuje się wzrost transportu ładunków niebezpiecznych. Bez wątpienia transport, zwłaszcza samochodowy i kolejowy, jest najbardziej wrażliwym elementem procesu produkcji i obrotu TŚP. W Polsce każdego roku przewozi się kolejną i transportem drogowym około 185 mln ton towarów toksycznych, promieniotwórczych, wybuchowych, żrących oraz łatwopalnych, przy czym intensywność przewozów takich ładunków wzrosła od roku 2000 o około 35% [19], [20].

Na szczególną uwagę zasługuje transport samochodowy, który często przebiega przez gęsto zaludnione aglomeracje miejskie i przyczynia się do wzrostu ryzyka wypadków drogowych z udziałem materiałów niebezpiecznych. Powstałe skażenie, w wyniku celowego lub przypadkowego uwolnienia materiałów niebezpiecznych, może stanowić źródło narażenia ludności na niebezpieczeństwo bycia porażonym. Dotyczy to zwłaszcza terenów silnie zurbanizowanych, w których duża szybkość rozprzestrzeniania się skażeń oraz ograniczone ruchy powietrza w zabudowie miejskiej skutkują powstawaniem wysokich stężeń chwilowych. Z kolei brak dostępności do środków ochrony dróg oddechowych i skóry oraz nieumiejętność prawidłowego zachowania się w takiej sytuacji mogą przyczynić się do masowych porażeń wśród ludności cywilnej. W 2010 roku odnotowano ogółem 31 zdarzeń skutkujących uwolnieniem substancji niebezpiecznych w transporcie, z czego 14 miało miejsce w transporcie drogowym, 9 w kolejowym oraz 8 w rurociągowym [19]. W odniesieniu do minionych lat liczba zdarzeń w transporcie drogowym maleje, co jest optymistyczne [21].

Prawdziwym wyzwaniem dla współczesnych państw demokratycznych stały się również zamachy terrorystyczne. Obojętnie przez kogo i w jakim celu dokonywane, zawsze skierowane są na najbardziej wrażliwą i bez-

bronną część państwa, czyli jego społeczeństwo. Wystarczy przypomnieć takie miejsca ataku terrorystycznego jak Nowy Jork (11.09.2001 r. – zabitych 3856 osób), Moskwa (23.10.2002 r. – zabitych 128 zakładników), Madryt (11.03.2003 r. – zabitych 200 osób, 1400 osób rannych), Biesłan (01.09. 2004 r. – zabitych 335 osób, w tym 156 dzieci), czy Londyn (7.07.2005 r. – zabitych 35 osób) [1]. Z informacji i analiz przeprowadzanych przez wyspecjalizowane służby wynika, że terroryści zdeterminowani są w dążeniu do wejścia w posiadanie czynników powszechnie uznawanych za broń masowego rażenia.

2. Podstawy prawne budowania bezpieczeństwa chemicznego, biologicznego i radiologicznego czasu pokoju

Z analiz historycznych można wnioskować, iż wiele aktów prawnych tworzonych było *post factum*, jako wynik zaistniałych wydarzeń. Podobna tendencja dotyczyła powstawania aktów normatywnych dotyczących przeciwdziałania zagrożeniom związanym z uwolnieniem środków biologicznych, chemicznych czy promieniotwórczych, stwarzających znaczące zagrożenie dla ludności i środowiska. Awarie elektrowni atomowej w Czarnobylu czy zakładów chemicznych w Seveso stały się punktami zwrotnymi w stanowieniu prawa mającego podnieść bezpieczeństwo w przypadku zaistnienia podobnych zdarzeń. Z uwagi na przystąpienie Polski do Unii Europejskiej (UE) jej prawodawstwo w bezpośredni sposób przekłada się na wdrażanie wymogów nim ustanowionych w prawie kraju członkowskiego.

Przykładem zaangażowania w budowanie skutecznych mechanizmów przeciwdziałania zagrożeniom promieniotwórczym, biologicznym i chemicznym jest *Plan działania UE w obszarze CBRN*. Przewidziano w nim trzy najważniejsze kierunki prac związanych z bezpieczeństwem. Pierwszym jest zapobieganie realizowane poprzez zabezpieczenie miejsca, tak aby ograniczyć nieuprawniony dostęp do krytycznych materiałów niebezpiecznych. Kolejnym mechanizmem jest wykrywanie. Zdolność wykrywania materiałów niebezpiecznych jest niezmiernie ważna w celu zapobiegania lub reagowania na zdarzenia z użyciem CBRN. Ostatnim elementem jest zdolność skutecznego reagowania na zdarzenia z wykorzystaniem materiałów niebezpiecznych, jak również możliwość likwidacji ich skutków [22].

W celu zapewnienia szybkiej i skutecznej reakcji ze strony UE w szerokim zakresie zaistniałych sytuacji kryzysowych Komisja Europejska wdrożyła szereg systemów wczesnego ostrzegania i alarmowania. Systemy te bazują na sieci wymiany informacji polegającej na odebraniu sygnału i zaalarmowaniu władz i ludności, a także wymianie innych istotnych informacji. Każdy z tych systemów obejmuje specyficzny obszar zagrożenia zdrowia i tak EWRS (ang. *Early Warning and Response System*) jest systemem wczesnego ostrzegania i alarmowania używanym w kontekście zagrożeń chorobami zakaźnymi. Jest to internetowy system łączący Komisję oraz władze zdrowia publicznego w państwach członkowskich,

a także Europejskie Centrum ds. Zapobiegania i Kontroli Chorób (ECDC). Na podstawie decyzji 2119/98/WE Parlamentu Europejskiego i Rady oraz decyzji 2000/57/WE. Państwa członkowskie powinny informować się o wydarzeniach mogących mieć wpływ na zdrowie publiczne na poziomie UE. Decyzja ta również uszczegóławia procedurę raportowania o zagrożeniach. System ten działa od kilku lat i sprawdził się przy ostrzeganiu i analizie kilku epidemii takich jak SARS, zakażenia ptasią grypą u ludzi, i występowaniu innych poważnych chorób zakaźnych [23].

System RAS BICHAT (ang. *Rapid Alert System*) jest przeznaczony do wczesnego ostrzegania i wykorzystywany jest do wymiany informacji dotyczących zagrożeń dla zdrowia powodowanych przez uwolnienie czynników chemicznych, biologicznych, radiologicznych i jądrowych. Z kolei RAS CHEM jest systemem szybkiego ostrzegania, który przeznaczony jest do wymiany informacji na temat incydentów z uwolnieniem środków chemicznych w związku z terroryzmem, awarią techniczną lub innych [24].

Mając na uwadze istniejące zagrożenia w każdym państwie, także w Polsce, dla zapewnienia bezpieczeństwa państwa, jego infrastruktury oraz, co najważniejsze, jego obywateli, tworzone i utrzymywane są wyspecjalizowane służby przeznaczone do reagowania na zagrożenia skażeniami. Wśród nich występują jednostki przeznaczone do wykrywania zagrożeń, jednostki przeznaczone do ostrzegania i alarmowania ludności, jednostki prowadzące działania ratownicze i interwencyjne oraz jednostki analityczne prowadzące ocenę sytuacji skażeń, sporządzające prognozy ich rozprzestrzeniania się, a także proponujące podejmowanie konkretnych działań ratowniczych i profilaktycznych.

Już pod koniec lat dziewięćdziesiątych, widząc z jednej strony potencjał poszczególnych służb, a z drugiej zagrożenie, podejmowano próby nawiązywania współpracy przede wszystkim tam, gdzie nie było podstawowych regulacji, a mianowicie pomiędzy układami militarnym i pozamilitarnym. Najważniejszy obszar dotyczył w tym przypadku wykrywania skażeń jako tej zdolności, która w sytuacji zagrożenia indukuje wprowadzenie przedsięwzięć ochronnych oraz pozwala na przystąpienie do zwalczania samego zagrożenia i skutków nim spowodowanych. Prowadzone rozmowy nie przyniosły jednak wymiernych rezultatów [25]. Nową ścieżkę otworzyło przystąpienie Polski do NATO. Wraz z aktywnym udziałem przedstawicieli szefa Obrony Cywilnej Kraju w pracach Komitetu Ochrony Ludności oraz podległej mu Grupy Ekspertów NATO ds. Systemów Wykrywania i Ostrzegania, układy militarny i pozamilitarny rozpoczęły współpracę w zakresie ujednolicenia standardów prognozowania i oceny sytuacji skażeń [26]. W efekcie przeprowadzono wiele szkoleń umożliwiających wymianę doświadczeń oraz udzielono wsparcia dla układu pozamilitarnego, a w szczególności obsad centrów zarządzania kryzysowego ukierunkowanego na doskonalenie umiejętności posługiwania się wspomnianymi procedurami. Z czasem, na mocy odrębnego porozumienia, usankcjonowano również

wymianę informacji z Państwową Agencją Atomistyki w zakresie monitoringu radiacyjnego na terenie kraju.

Ciąg zdarzeń po 11 września 2001 roku wymusił wzmocnienie zdolności w dziedzinie obrony przed bronią masowego rażenia, które dotychczas nie były rozwijane z uwagi na brak znaczących zagrożeń, a w efekcie mogły okazać się kluczowe z punktu widzenia bezpieczeństwa państwa. Postępujący po sobie splot kolejnych wydarzeń, a w tym wstąpienie Polski do UE oraz ciągła modernizacja Sił Zbrojnych, spowodował podjęcie działań zmierzających do zapewnienia komplementarnego współistnienia wszystkich dotychczas oddzielnie funkcjonujących mechanizmów i stworzenia na tej podstawie jednolitego systemu.

Geneza utworzenia w 2006 roku Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania (KWSiA) (Dz.U. z 2006 nr 191 poz. 1415) wynikała z sytuacji, która istniała w Polsce [27]. Otóż tworzone i utrzymywane na wypadek zagrożeń związanych ze skażeniami wyspecjalizowane służby przeznaczone do wykrywania zagrożeń, ostrzegania i alarmowania ludności oraz prowadzenia działań ratowniczych i interwencyjnych, a także jednostki analityczne prowadzące ocenę sytuacji skażeń, sporządzające prognozy ich rozprzestrzeniania się oraz proponujące podejmowanie konkretnych działań ratowniczych i profilaktycznych działały autonomicznie, często w sposób nieskoordynowany. Funkcjonowanie ich wydatnie zwiększało bezpieczeństwo państwa i obywateli, jednakże różna podległość oraz odmienne procedury działania powodowały niejednokrotnie różnego rodzaju problemy we współdziałaniu. Brak było odpowiednich regulacji prawnych określających zasady współpracy, która często opierała się jedynie na dwustronnych porozumieniach. Skoordinowanie ich działania stało się więc koniecznością. Wyzwanie było tym większe, że wypełnianie przez nie ustawowych obowiązków oraz zobowiązań międzynarodowych nie pozwalało głęboko ingerować w przyjęte wcześniej rozwiązania.

3. Skład, cele i zadania KWSiA

Zasadniczymi elementami Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania są podsystemy funkcjonalne przeznaczone do wykrywania skażeń i alarmowania o skażeniach oraz organy i jednostki organizacyjne, które dokonują analizy skażeń i oceny sytuacji oraz opracowują, ogłaszają i wprowadzają działania interwencyjne.

Do systemów funkcjonalnych stanowiących główny trzon systemu zalicza się: System Wykrywania Skażeń Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej – nadzorowany przez Ministra Obrony Narodowej, sieci i systemy nadzoru epidemiologicznego i kontroli chorób zakaźnych w kraju oraz krajowe punkty kontaktowe dla międzynarodowych systemów nadzoru nad zagrożeniami zdrowia lub życia dużych grup ludności – nadzorowane przez ministra właściwego do spraw zdrowia, system stacji wczesnego wykrywania skażeń promieniotwórczych i placówek prowadzących pomiary skażeń promieniotwórczych, których działania koordynuje Prezes Państwowej Agencji Atomistyki, nadzorowane przez wojewodów wojewódzkie systemy wykrywania i alarmowania oraz wojewódzkie

systemy wczesnego ostrzegania o zagrożeniach (ustawa z dnia 26 kwietnia 2007r. Dz. U. nr 89, poz. 590, z późn. zm. i rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 25 czerwca 2002 r. w sprawie szczegółowego zakresu działania Szefa Obrony Cywilnej Kraju, szefów obrony cywilnej województw, powiatów i gmin Dz. U. nr 96, poz. 850) oraz system nadzoru epizootycznego, fitosanitarnego, nadzoru nad bezpieczeństwem produktów pochodzenia zwierzęcego i paszami oraz nadzoru nad produktami rolno-spożywczymi nadzorowane przez ministrów właściwych do spraw rolnictwa i rynków rolnych oraz zdrowia [28].

Ponadto Krajowy System Wykrywania Skażeń i Alarmowania tworzą organy i jednostki organizacyjne dokonujące analizy skażeń i oceny sytuacji oraz opracowujące, ogłaszające i wprowadzające działania interwencyjne, tj. organy i jednostki organizacyjne prowadzące działania interwencyjne w sytuacji wystąpienia skażeń – nadzorowane przez Ministra Obrony Narodowej, ministrów właściwych do spraw wewnętrznych, zdrowia, środowiska i rolnictwa oraz nadzorowane przez wojewodów; formacje obrony cywilnej wykonujące działania w zakresie monitoringu, wykrywania i rozpoznania skażeń oraz alarmowania o skażeniach; dyrektorzy urzędów morskich w zakresie swoich kompetencji dotyczących wystąpienia skażeń oraz inne organy i jednostki organizacyjne wykonujące obserwację skażeń oraz ich pomiar i powiadamiające o skażeniach na terenie kraju, włączone do systemów na podstawie umów i porozumień.

Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 07 stycznia 2013 r. (Dz. U. z 2013 poz. 91) powołujące KWSiA nie zmienia podległości poszczególnych elementów Krajowego Systemu, nadaje jednak Ministrowi Obrony Narodowej szczególne uprawnienia. Sprawuje on nadzór i koordynuje funkcjonowanie Krajowego Systemu przy pomocy Centrum Dyspozycyjnego, którego rolę pełni Centralny Ośrodek Analizy Skażeń w Warszawie. W przypadku jego uruchomienia CD KWSiA zapewnia koordynację działania systemów tworzących KWSiA. Rozwiązanie takie pozwala zamknąć obieg informacji pomiędzy poszczególnymi elementami KWSiA, ponieważ Centrum Dyspozycyjne ma kompetencje do ich pozyskiwania i przekazywania do każdego elementu KWSiA [28].

Tak zdefiniowana konstrukcja systemu uwidacznia kilka zróżnicowanych funkcjonalnie elementów, do których zaliczyć można:

- źródła informacji, w skład których wchodzi zautomatyzowane sieci pomiarowe, drużyny rozpoznania skażeń, stacje meteorologiczne IMGW, laboratoria, zespoły rozpoznania biologicznego, stacjonarne punkty monitoringu z Podsystemu Wczesnego Ostrzegania SZ RP;
- elementy reagowania i prewencji: jednostki ratownictwa ekologiczno-chemicznego, formacje obrony cywilnej, stacje sanitarno-epidemiologiczne, jednostki prewencji policji, elementy do zwalczania zanieczyszczeń morza, statki ratownictwa morskiego (SAR);
- elementy koordynująco-analityczne: ośrodki analizy skażeń, centra zarządzania kryzysowego, resortowe komórki wiodące, elementy pośredniczące w przekazywaniu informacji, urzędy morskie, Rządowe Centrum

Bezpieczeństwa, brzegowe stacje ratownicze, stowiska kierowania i koordynacji działań Policji i PSP, Centrum Dyspozycyjne KWSiA, instytucje wspierające;

- elementy decyzyjne: organy nadzorujące resortowe komórki wiodące, organy administracji rządowej uprawnione do podejmowania decyzji, zespoły zarządzania kryzysowego. Obecnie poza składem KWSiA [25].

Istotną rolę w ramach KWSiA pełni Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowy Instytut Badawczy. Rozporządzenie Rady Ministrów nakłada na ten Instytut obowiązek zabezpieczenia meteorologicznego Krajowego Systemu. Dane meteorologiczne przesyłane są jednocześnie do jednostek wiodących poszczególnych systemów tworzących KWSiA, jak również do Centrum Dyspozycyjnego.

Systemy te funkcjonują lub są uruchamiane i rozwijane w ramach jednolitego Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania, którego celem działania jest zapewnienie współdziałania systemów realizujących zadania w zakresie wykrywania i monitorowania skażeń oraz alarmowania o skażeniach na terenie Rzeczypospolitej Polskiej poprzez osiągnięcie jednolitości funkcjonowania oraz wzajemnej interoperacyjności [28]. Zapewnia się to poprzez odpowiednie wykorzystanie potencjału ludzkiego i materiałowego, za pomocą ustanowionych procedur operacyjnych. Jednocześnie Krajowy System Wykrywania Skażeń i Alarmowania jest źródłem informacji o skażeniach w ramach systemu zarządzania kryzysowego. Odbiorcą informacji jest utworzone na podstawie Ustawy o zarządzaniu kryzysowym Rządowe Centrum Bezpieczeństwa [29].

Jednolitość funkcjonowania i wzajemna interoperacyjność realizowana jest w zakresie obiegu i wymiany informacji poprzez zastosowanie takich samych: metodyki oceny i procedur obserwacji oraz pomiarów skażeń; formatów meldunków i informacji o skażeniach, a także identycznych procedur przekazywania meldunków i informacji oraz jednolitego schematu obiegu i wymiany informacji pomiędzy podsystemami [28].

Wymiana informacji o zdarzeniach pomiędzy elementami Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania prowadzona jest za pomocą sformalizowanych meldunków, zasady sporządzania których określa opracowany przez członków Krajowego Systemu oraz zatwierdzony przez Ministra Obrony Narodowej *Plan współdziałania jednostek organizacyjnych wchodzących w skład Jednolitego Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania* [30]. Meldunki formatowane (redagowane) są zgodnie z zasadami przyjętymi w krajach NATO [31]. Przyjęto też rozwiązanie, że w sytuacji, gdy nie jest możliwe użycie meldunku opracowanego wg metodyki ATP-45, można do przekazywania informacji zastosować meldunek w formie opisowej, którego wzór został opracowany i przesłany do wszystkich elementów KWSiA. Meldunki i informacje w ramach KWSiA przekazywane są wg ustalonego schematu obiegu informacji za po-

mocą specjalistycznego oprogramowania, pocztą elektroniczną lub faksem.

W rozporządzeniu wyraźnie sprecyzowano zadania Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania, do których należy realizacja zadań sojusznicznych oraz zobowiązań wynikających z ratyfikowanych porozumień międzynarodowych w zakresie obserwacji, pomiarów, analiz prognozowania i powiadamiania o skażeniach na terytorium RP [28]. Stanowi ono niezmiennie ważne źródło informacji, pomiędzy resortowymi jednostkami wiodącymi a strukturami międzynarodowymi, umożliwiające pozyskiwanie i przekazywanie informacji o zagrożeniu lub wystąpieniu skażeń. Do resortowych jednostek wiodących zaliczyć można m.in.: Departament Spraw Obronnych Ministerstwa Zdrowia, Punkt Kierowania SWS Sił Zbrojnych RP, Morskie Ratownicze Centrum Koordynacji, Centrum ds. Zdarzeń Radiacyjnych PAA, Oficera Operacyjnego MSWiA, Krajowe Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności, które przekazują informację w trybie pilnym według ustalonych w resortach procedur i schematów obiegu informacji. Drugie zadanie to monitorowanie skażeń, ich wykrywanie i rozpoznanie, umożliwiające natychmiastowe stwierdzenie wzrostu poziomu skażeń w oparciu o standardy i normy krajowe. Wykonywane jest ono równolegle przez resortowe elementy KWSiA na podstawie obowiązujących uregulowań prawnych. Realizacja tego zadania wymaga ciągłego doskonalenia umiejętności analitycznych wyspecjalizowanych zespołów realizujących to przedsięwzięcie oraz pozyskania nowego sprzętu wykrywania skażeń przez służby interwencyjne. Ostrzeganie i alarmowanie ludności lub Sił Zbrojnych RP o skażeniach to kolejne zadanie, które realizowane jest za pomocą sygnałów powszechnego ostrzegania i alarmowania – jednolitych dla sił zbrojnych i ludności cywilnej. Niestety uzasadniona wydaje się obawa, że znajomość tych sygnałów w społeczeństwie jest bardzo słaba i konieczne jest zastanowienie się nad wsparciem systemu powiadamiania o zagrożeniach za pośrednictwem krótkich wiadomości tekstowych przesyłanych za pomocą SMS-ów czy wyświetlanych na paskach informacyjnych za pośrednictwem telewizji. Czwarte zadanie realizowane jest przez resortowe jednostki wiodące wspomagane przez elementy resortowych systemów zarządzania kryzysowego i ukierunkowane jest na opracowywanie ocen eksperckich stanu zagrożenia skażeniami i przygotowywanie zaleceń postępowania ochronnego. Kompleksowa ocena sytuacji skażeń powstaje w Centrum Dyspozycyjnym KWSiA. Wypracowane wnioski przekazywane są do Rządowego Centrum Bezpieczeństwa [29], które przygotowuje dane dla Rządowego Zespołu Zarządzania Kryzysowego. Kolejne zadanie również realizowane jest przez zespół ekspertów KWSiA i dotyczy doradztwa specjalistycznego w zakresie metodyki ograniczania zasięgu i skutków oddziaływania skażeń. Ostatnie, szóste zadanie, nakłada odpowiedzialność za uruchamianie systemów wykrywania i alarmowania o skażeniach ludności lub SZ RP oraz uruchamianie działań interwencyjnych. Zadanie to w znacznym stopniu dubluje się z zadaniem trzecim. W przypadku uruchomie-

nia elementów KSWSiA Centrum Dyspozycyjne zapewnia koordynację działania wszystkich systemów.

4. Zamierzenia zrealizowane w ramach KSWSiA

Od czasu wejścia w życie Rozporządzenia Rady Ministrów w sprawie systemów wykrywania skażeń i właściwości organów w tych sprawach, czyli od października 2006 r., zrealizowano szereg zamierzeń przygotowujących KSWSiA do działania. Jednym z zamierzeń była realizacja szkoleń, podczas których można uruchomić system w celu oceny jego funkcjonowania oraz zgrania jego elementów – szkolenia składały się z treningów i ćwiczeń. Głównym celem treningów i ćwiczeń było doskonalenie praktycznych umiejętności osób funkcyjnych wchodzących w skład poszczególnych elementów KSWSiA w zakresie wykonywania zadań oraz doskonalenie procedur działania elementów KSWSiA w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowej. Ponadto w ich ramach przeprowadzono zgrywanie obsady Centrum Dyspozycyjnego KSWSiA w zakresie wypracowania danych niezbędnych do podjęcia decyzji w zaistniałej sytuacji kryzysowej, sprawdzano obieg informacji w ramach KSWSiA, a także weryfikowano zapisy *Planu współdziałania jednostek organizacyjnych wchodzących w skład jednolitego Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania*.

Ogólnokrajowe treningi z uruchamiania systemu i jego pracy organizuje się nie rzadziej niż raz w roku, a ćwiczenia na szczeblu krajowym powinny być przeprowadzone nie rzadziej niż raz na trzy lata. Do chwili obecnej przeprowadzono pięć treningów i dwa ćwiczenia.

Dodatkowym zamierzeniem służącym integracji i wzmocnieniu struktur KSWSiA są organizowane cykliczne od 2007 r. warsztaty. Stanowią one forum, na którym w szerokim gronie dyskutowane są problemy z zakresu ochrony przed skażeniami oraz wypracowuje się rozwiązania systemowe.

5. Rozwój KSWSiA

Zmiana sposobu postrzegania zagrożeń w XXI wieku zdeterminowała nie tylko konieczność nowego podejścia do problemu zagrożenia BMR oraz ochrony przed skutkami jej użycia, ale również skłoniła władze Rzeczypospolitej Polskiej do podjęcia działań zwiększających bezpieczeństwo państwa i obywateli w tym zakresie. Niezwykle istotne było przyjęcie nowych regulacji prawnych [27] i rozwiązań organizacyjnych (utworzenie Rządowego Centrum Bezpieczeństwa, centrów zarządzania kryzysowego w poszczególnych resortach i Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania). Także w elementach Krajowego Systemu podejmowane są działania zmierzające do podniesienia ich sprawności. Siły Zbrojne RP podjęły wyzwanie wypracowania rozwiązań w zakresie zapewnienia automatyzacji wykrywania oraz przesyłania informacji o skażeniach, ich szybkiej analizy i oceny. Zapewnić to ma opracowany wspólnie przez Centralny Ośrodek Analizy Skażeń i Resortowe Centrum Zarządzania Projektami Informatycznymi system informatyczny PROMIEN. System ten funkcjonuje już w Siłach

Zbrojnych i jest wdrażany w pozostałych (niemilitarnych) elementach Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania. Jego konstrukcja umożliwia nie tylko przesyłanie informacji o skażeniach oraz prognozowanie sytuacji skażeń, ale również w oparciu o umiejętności zbudowane przez użytkowników systemu bazy danych ostrzeganie na obszarach zagrożonych skażeniami oraz analizowanie i sporządzanie wniosków z prognozowanej sytuacji skażeń. System PROMIEN działa w oparciu o wojskową sieć MIL-WAN oraz (dla układu pozamilitarnego) INTERNET. Podjęto również próby połączenia PROMIENIA z aplikacją do uruchamiania syren alarmowych. Rozwiązanie to ma umożliwić natychmiastowe ostrzeganie ludności na obszarach zagrożonych skażeniami. W Centralnym Ośrodku Analizy Skażeń podjęto także działania zmierzające do wypracowania rozwiązań systemowych w zakresie wykrywania skażeń oraz ostrzegania o ich wystąpieniu. Myślą przewodnią tych rozwiązań (zmierzających do przebudowy systemu aktualnie funkcjonującego w SZ RP SWS) jest:

- doskonalenie posiadanych oraz rozwijanie nowych zdolności w zakresie zdobywania, gromadzenia, przetwarzania i analizowania informacji o uderzeniach BMR i zdarzeniach innych niż uderzenia tą bronią,
- zapewnienie dowódcom oraz organom zarządzania kryzysowego wiarygodnych i dostarczanych w czasie rzeczywistym informacji, analiz i ocen zagrożenia skażeniami i skażeń,
- utrzymywanie w gotowości do realizacji zadań sił i środków niezbędnych do prowadzenia rozpoznania, identyfikacji i monitoringu skażeń oraz meldowania o skażeniach.

Dlatego kolejny obszar modernizacji dotyczy automatycznego rozpoznania skażeń. Problem ten jest bardzo ważny, ponieważ współczesne wymagania oraz oczekiwania stawiane przyrządom rozpoznania skażeń nowej generacji (zautomatyzowany, zdalny, autonomiczny z możliwością detekcji skażeń biologicznych, chemicznych i promieniotwórczych) znacznie przewyższają możliwości techniczne tych będących aktualnie w użytkowaniu. Wymusza to więc konieczność wymiany poszczególnych jednostek pomiarowych sprzętu na detektory pomiarowe nowej generacji, w budowie których uwzględniono by współczesne trendy łączenia inteligentnych modułów do pomiarów skażeń chemicznych, biologicznych oraz promieniotwórczych (moduł B+C+R).

Biorąc pod uwagę powyższe założenia oraz ocenę zagrożenia skażeniami, planuje się budowę systemu opartego na pewnej liczbie jednostek pomiarowych, których rozmieszczenie uwzględniałoby prowadzenie efektywnego monitoringu obszaru Polski. Jednostki pomiarowe wpięte w system informatyczny PROMIEN będą automatycznie wprowadzały weń informacje o skażeniach, a komórki analityczne w szybkim czasie będą wypracowywać wnioski niezbędne do podjęcia stosownych decyzji. Efektem wprowadzonych zmian ma być zwiększenie zdolności w zakresie:

- automatyzacji procesu zbierania, przetwarzania danych i meldowania o skażeniach, co skróci czas

ostrzegania i alarmowania wojsk oraz instytucji wojskowych i cywilnych o zagrożeniu skażeniami i skażeniach,

- monitorowania rozprzestrzeniania się skażeń, powodujących zagrożenie dla jednostek i instytucji wojskowych oraz ludności i infrastruktury cywilnej w oparciu o Stacjonarne Punkty Monitoringu i zautomatyzowaną sieć pomiaru skażeń,
- prowadzenia rozpoznania skażeń oraz identyfikacji skażeń z uwzględnieniem aktów terroru z użyciem broni masowego rażenia lub jej komponentów.

6. Wnioski

Krajowy System Wykrywania Skażeń i Alarmowania funkcjonuje od 2006 roku. Pierwsze podsumowanie przyjętych w ramach niego rozwiązań zostało dokonane w 2009 r. po ćwiczeniu PATROL 09. W efekcie powołano międzyresortowy Zespół ds. funkcjonowania i doskonalenia KSWSiA. Wypracował on nowelizację Rozporządzenia Rady Ministrów, na którym opierało się działanie Krajowego Systemu, zmieniając m.in. jego skład, w odpowiedzi na pojawiające się zagrożenia. Zespół ten funkcjonuje nadal i prowadzi nieustanną obserwację rozwiązań przyjętych w Krajowym Systemie przy założeniu, że ewentualna potrzeba zmian powinna je generować. Na bazie treści artykułu można sądzić, że rozwiązania organizacyjne i proceduralne przyjęte w Krajowym Systemie warto propagować, zwracać na nie uwagę w procesie szkolenia kadr na potrzeby służb ratowniczych i centrów zarządzania kryzysowego oraz próbować je wdrażać w instytucjach zajmujących się podobną problematyką, a niefunkcjonujących w ramach Krajowego Systemu np. w samorządach. Warto również podjąć wysiłek, którego celem będzie zbudowanie systemu pomiarowego przeznaczonego do detekcji skażeń oraz wdrożenia go na różnych szczeblach w instytucjach i służbach zajmujących się problematyką reagowania kryzysowego z użyciem systemu informatycznego PROMIEN.

Spis skrótów:

NSCDA – National System Contamination Detection and Alarm
KSWSiA – Krajowy System Wykrywania Skażeń i Alarmowania

UE – Unia Europejska,

TŚP – Toksycznych Środków Przemysłowych,

OPBMR – Obrona Przed Bronią Masowego Rażenia,

CBRN – *Chemical, biological, radiological and nuclear defense*,

EWRS – *Early Warning and Response System*,

RAS BICHAT – *Rapid Alert System*,

IMGW – Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej,

CD – Centrum Dyspozycyjne,

COAS – Centralny Ośrodek Analizy Skażeń,

SWS – System Wykrywania Skażeń,

BMR – Broń Masowego Rażenia,

SZ RP – Siły Zbrojne Rzeczypospolitej Polskiej,

ATP-45 – Metodyka oceny sytuacji skażeń promieniotwórczych, biologicznych i chemicznych,

Literatura

1. Kitler W., Skrabacz A., *Bezpieczeństwo ludności cywilnej. Pojęcia, organizacja i zadania w czasie pokoju, kryzysu i wojny*, Towarzystwo Wiedzy Obronnej, Warszawa 2010.

2. Europejska Strategia Bezpieczeństwa Bezpieczna – Europa w lepszym świecie, Bruksela, 12 grudnia 2003 r., s. 4-5.
3. Strategia Bezpieczeństwa Narodowego RP z 13 listopada 2007, s. 8-10 [dok. elektr.] <http://www.bbn.gov.pl/download/1/1048/SBNRP.pdf> [dostęp 22 kwietnia 2014].
4. Mioduszeński W., *Zjawiska ekstremalne w przyrodzie – susze i powodzie*, „Współczesne Problemy Kształtowania i Ochrony Środowiska”, Vol. 3p Issue 3, 2012, pp. 57-74 [dok. elektr.] http://www.uwm.edu.pl/envirom/vol03p/vol_03p_rozdzial03.pdf [dostęp 22 kwietnia 2014].
5. Kowal R., *Bezpieczeństwo i Higiena Pracy przy stosowaniu substancji i preparatów niebezpiecznych*, Prozami, Wrocław, 2009.
6. Lesiak P., Piotrowski R., *Ocena skutków awarii przemysłowych w instalacjach procesowych, w tym efektu domino – część 1*, BiTP Vol. 27 Issue 3, 2012, pp. 13-26.
7. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Raport Głównego Inspektora Ochrony Środowiska w sprawie awarii za 2003 r. [dok. elektr.] http://www.gios.gov.pl/zpnzs/2002-01/rap03_pa.doc [dostęp 22.04. 2014].
8. Krajewski P., Skutki radiologiczne Fukushima, Międzynarodowa Szkoła Energetyki Jądrowej edycja V 2012 [dok. elektr.] http://szkola_ej.pl/vedycja/referaty2012/p_krajewski_ref.pdf [dostęp 22 kwietnia 2014].
9. Isajenko K., Japońska chmura nad Polską, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, 2011 [dok. elektr.] <http://www.clor.waw.pl/clor/aktualnosci/a011.htm> [dostęp 22 kwietnia 2014].
10. Doktryna obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych DD/3.8(A), Ministerstwo Obrony Narodowej, Bydgoszcz 2013.
11. Żuber M., *Terroryzm współczesny zagrożeniem o charakterze globalnym*, [w:] *Katastrofy naturalne i cywilizacyjne. Terroryzm współczesny, aspekty polityczne społeczne i ekonomiczne*, M. Żuber (red.), Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych im. gen. T. Kościuszki, Wrocław 2006, s. 9-16.
12. Brzeski Z., *Dioksyny i furany w środowisku i ich wpływ na organizm*, „Medycyna Ogólna i Nauka o Zdrowiu”, Vol. 17 Issue 3, 2011, pp. 161-164.
13. Croddey E., Perez-Armendariz C., Hart J., *Broń chemiczna i biologiczna*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2003.
14. Michalik J., *Poważne awarie chemiczne*, „Bezpieczeństwo Pracy”, Issue 10, 2000, pp. 13-16.
15. Wątor W., *Cywilizacyjne zagrożenia bezpieczeństwa chemicznego*, „Przegląd Wojsk Lądowych”, Issue 6, 2011, pp. 16-21.
16. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Raport Głównego Inspektora Ochrony Środowiska o występowaniu zdarzeń o znamionach poważnej awarii w 2010 r., [dok. elektr.] (http://www.gios.gov.pl/zalaczniki/artykuly/rejestr_zdarzen_o_znamionach_powaznej_awarii_2010.pdf) [dostęp 22 kwietnia 2014].
17. Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Raport Głównego Inspektora Ochrony Środowiska o występowaniu zdarzeń o znamionach poważnej awarii w 2012 r., [dok. elektr.] (http://www.gios.gov.pl/zalaczniki/artykuly/rejestr_zdarzen_o_znamionach_powaznej_awarii_i_powaznych_awarii_w_2012_r.pdf) [dostęp 22 kwietnia 2014].
18. Kalda G., *Kontrola skażeń promieniotwórczych w Polsce*, „Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury”, JCEEA, t. XXX, Vol. 60, Issue 1, 2013, pp. 31-47 [dok. elektr.] <http://doi.prz.edu.pl/pl/pdf/biis/14> [dostęp 22 kwietnia 2014].
19. Najwyższa Izba Kontroli, Raport: Wykonywanie zadań przez administrację publiczną w zakresie bezpieczeństwa przewozu towarów niebezpiecznych. Informacja o wynikach kontroli (2012), [dok. elektr.] <http://www.nik.gov.pl/plik/id,3552,vp,4524.pdf> [dostęp 22 kwietnia 2014].
20. Główny Urząd Statystyczny, Komunikat z badań: Transport wyników działalności w 2012 r. [dok. elektr.] <http://www.>

stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/tl_transport_wyniki_dzialalnosci_2012.pdf [dostęp 22 kwietnia 2014].

21. Michalik J., Gajek A., Grzegorzczak K., Gredecki S., Piękniewski M., Słomka L., Janik P., Dziewulski D., Zając S., *Zagrożenia poważnymi awariami w transporcie drogowym niebezpiecznych chemikaliów w Polsce*, „Bezpieczeństwo Pracy”, Issue 9, 2009, pp. 6-9.
22. Komunikat Komisji Do Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 24 czerwca 2009 r. w sprawie poprawy bezpieczeństwa chemicznego, biologicznego i radiologicznego i jądrowego w Unii Europejskiej – plan działania UE w obszarze CBRJ [dok. elektr.] [http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com\(2009\)0273_/com_com\(2009\)0273_pl.pdf](http://www.europarl.europa.eu/meetdocs/2009_2014/documents/com/com_com(2009)0273_/com_com(2009)0273_pl.pdf) [dostęp 22 kwietnia 2014].
23. European Commission early warning and rapid alert systems in the field of health threats [dok. elektr.] http://ec.europa.eu/health/preparedness_response/generic_preparedness/planning/rapid_alert_en.htm [dostęp 22 kwietnia 2014].
24. Programme Commission of the European Communities of 17 December 2001 of Cooperation on Preparedness and Response to Biological and Chemical Agent Attacks [Health Security] [dok. elektr.] http://ec.europa.eu/health/archive/ph_threats/bioterrorisme/bioterrorism01_en.pdf [dostęp 22 kwietnia 2014].
25. Młynarczyk M., *Modernizacja krajowego systemu wykrywania skażeń i alarmowania w aspekcie sprawności reagowania na zagrożenia promieniotwórcze, biologiczne i chemiczne*, Wyd. AON, Warszawa 2012.
26. Berliński T., *Ochrona ludności w państwach NATO*, Wyd. AON, Warszawa 1999.
27. Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 16 października 2006 r. w sprawie systemów wykrywania skażeń i właściwości organów w tych sprawach (Dz. U. z 2006 nr 191 poz. 1415).
28. Rozporządzenia Rady Ministrów z dnia 7 stycznia 2013 r. w sprawie systemów wykrywania skażeń i powiadamiania o ich wystąpieniu oraz właściwości organów w tych sprawach (Dz. U. z 2013 poz. 91).
29. Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym (Dz. U. z 2013 poz. 1166).
30. Plan współdziałania jednostek organizacyjnych wchodzących w skład Jednolitego Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania, MON, Warszawa 2011.
31. *Metodyka oceny sytuacji skażeń promieniotwórczych, biologicznych i chemicznych*, MON, Warszawa 2013.

dr inż. Tomasz Binek – w roku 2004 ukończył studia na kierunku chemia w Wyższej Szkole Oficerskiej we Wrocławiu. Stopień doktora nauk biologicznych uzyskał na Uniwersytecie Przyrodniczo-Humanistycznym w Siedlcach w 2012 r. Jest pracownikiem naukowym Wyższej Szkoły Gospodarki Euroregionalnej im. Alcide De Gasperi w Józefowie. Oficer WP od kilku lat zajmujący się problematyką wykrywania skażeń i reagowania na zagrożenia wywołane czynnikami broni masowego rażenia.

mgr Jarosław Czepiel – absolwent Uniwersytetu Warszawskiego (wydział pedagogiki), oficer WP od kilkunastu lat zajmujący się problematyką reagowania na zagrożenia skażeniami, organizator Centrum Dyspozycyjnego Krajowego Systemu Wykrywania Skażeń i Alarmowania, współautor wielu ćwiczeń i treningów krajowego systemu. Aktualnie uczestniczy w pracach międzyresortowego Zespołu ds. funkcjonowania i doskonalenia KSWSiA.

dr Jerzy TELAK¹

Przyjęty/Accepted/Принят: 30.10.2013;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 05.11.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

WYBRANE ASPEKTY WSPÓŁPRACY WODNEGO OCHOTNICZEGO POGOTOWIA RATUNKOWEGO I PAŃSTWOWEJ STRAŻY POŻARNEJ W WOJEWÓDZTWIE MAŁOPOLSKIM

**Selected Features of Co-operation Between the Voluntary Water Rescue Service
and State Fire Service in the Małopolskie Voivodship**

**Некоторые аспекты сотрудничества между Добровольной
водно-спасательной службой и Государственной пожарной службой
в Малопольском воеводстве (области)**

Abstrakt

Cel: Przedstawienie możliwości współpracy międzysektorowej w zakresie zapewnienia bezpieczeństwa powszechnego.

Bezpieczeństwo państwa jest stanem zmiennym, a rozwój cywilizacyjny nadaje mu interdyscyplinarny charakter. Wśród zagrożeń dla życia i zdrowia osób występują zagrożenia naturalne, np. wywołane przez powódzie. Poczucie bezpieczeństwa jest jedną z podstawowych potrzeb człowieka. Bezpieczeństwo powszechne znajduje się w obszarze kompetencyjnym administracji publicznej. Za prowadzenie działań ratowniczych odpowiedzialne są podmioty wykonujące ratownictwo medyczne i Państwowa Straż Pożarna, a wspierać je mogą organizacje pozarządowe. Organizacje ratowników wodnych dysponują zasobami osobowymi posiadającymi kwalifikacje – wiedzę i umiejętności – do prowadzenia interwencji i akcji ratowniczych na obszarach wodnych. Misją WOPR jest działanie na rzecz zmniejszenia liczby osób tonących w polskich wodach. WOPR prowadził akcje ratownicze podczas zagrożeń powszechnych, katastrof naturalnych i awarii technicznych, w tym powodzi na wodach oraz organizował szkolenia służby ratowniczej. WOPR współpracował z Ministrem Obrony Narodowej, Komendantem Głównym Policji, Szefem Biura Ochrony Rządu, Komendantem Głównym Straży Granicznej, Szefem Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego. Porozumienie w sprawie określenia zasad współdziałania KSRG z WOPR w celu stworzenia warunków optymalnego wykorzystania możliwości technicznych i organizacyjnych dla skutecznego współdziałania i współpracy w zakresie realizacji zadań własnych oraz zapewnienia właściwych warunków bezpieczeństwa osób pływających, kąpiących się i uprawiających sporty wodne były podstawą włączania jednostek organizacyjnych WOPR w system zarządzania kryzysowego. Grupy reagowania WOPR były przygotowane do dozorowania określonych sektorów, uwzględniając rodzaj i zakres zagrożeń bezpieczeństwa powszechnego, do włączania się w działania ratownicze w stanie klęski żywiołowej. W województwie małopolskim WOPR i PSP współpracowały podczas działań przeciwpowodziowych, odbyło się wiele wspólnych szkoleń oraz ćwiczeń strażaków i ratowników wodnych.

Metody: Analiza opracowań, aktów prawnych i dokumentów, techniki wywiadu jawne i otwarte.

Wnioski:

1. Współpraca międzysektorowa w zakresie ratownictwa wodnego powinna być rozwijana.
2. Powinny być doskonalone techniki i unifikowany sprzęt ratownictwa wodnego.
3. Powinny być prowadzone wspólne ćwiczenia różnych podmiotów działających w ratownictwie wodnym.
4. Należy wykorzystywać wiedzę, umiejętności i doświadczenie instruktorów WOPR w szkoleniu strażaków – ratowników wodnych.
5. Należy prowadzić w różnych środowiskach działania profilaktyczne w zakresie bezpieczeństwa na wodach.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, krajowy system reagowania kryzysowego, WOPR, PSP

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

¹ Szkoła Główna Służby Pożarniczej, ul. Słowackiego 52/54, 01-629 Warszawa, jerzytelak@poczta.onet.pl / The Main School of Fire Service, Warsaw, Poland;

Abstract

Aim: To identify areas of potential co-operation between organizations engaged with safety of the public.

Introduction: Public safety requirements are changing and as civilization develops such requirements take on an interdisciplinary character. Among the dangers to people's life and health one encounters natural hazards e.g. caused by flooding. The sense of security is one of human's primary needs. Public safety lies within the competency area of public administration. The Polish State Fire Service (PSP) and medical rescue teams are responsible for undertaking rescue activities. They may be supported by non-governmental institutions. Water rescue organisations have at their disposal qualified personnel with knowledge and skills necessary to undertake water rescue activities. The mission of the Water Rescue Voluntary Service (WOPR) is to reduce the number of victims who drown in Polish waters. WOPR has led rescue activities during periods of general alert, natural catastrophes and technical failures including floods, and organised the training of rescue services. The organisation has collaborated with the Polish Ministry of Defence, Police Service, Government Protection Department, Border Guard Service and the National Firefighting and Rescue System (KSRG). An agreement concerning co-operation between KSRG and WOPR focused on the creation of optimal conditions to exploit technical and administrative potential, to secure an effective discharge of individual responsibilities as well as ensure a safe environment for people participating in water sport and leisure activities. The outcome from this agreement culminated in the integration of WOPR crews into the crisis management system. WOPR reaction crews are engaged with overseeing dedicated sectors and, depending on type and magnitude of public hazard, join in rescue operations during environmental disasters. In the Małopolskie Voivodship WOPR and PSP personnel co-operated during flood operations and took part in numerous joint training courses and exercises for firefighters and water rescue personnel.

Method: An analysis of studies, legal acts and documents and public surveys.

Conclusions:

1. Interdisciplinary co-operation, within the scope of water rescue activities, should be developed.
2. Water rescue techniques should be perfected and equipment standardised.
3. Joint exercises should be organised and all personnel engaged in water rescue activities should participate.
4. The knowledge, skills and experience of WOPR instructors should be harnessed in the training of firefighters engaged in water rescue work.
5. It is appropriate to implement preventative water safety measures for a range of different circumstances.

Keywords: safety, national system of emergency response, WOPR, PSP

Type of article: review article

Аннотация

Цель: Представление возможности межсекторного сотрудничества в области обеспечения общественной безопасности.

Безопасность государства является переменным состоянием, а развитие цивилизации придает ей междисциплинарный характер. К угрозам жизни и здоровью людей относятся естественные угрозы, например, вызванные наводнениями. Чувство безопасности является одной из основных потребностей человека. Общественная безопасность находится в пределах полномочий общественной администрации. За проведение спасательных действий отвечают субъекты, осуществляющие экспертную медицинскую помощь и Государственная Пожарная Служба, а оказывать поддержку им могут общественные организации. В организациях водных спасателей работают квалифицированные специалисты, у которых есть знания и навыки проводить спасательные работы на воде. Миссия Добровольной водно-спасательной службы (WOPR) заключается в проведении действий, направленных на сокращение числа тонущих людей в польских водоемах. WOPR проводил спасательные действия во время общественных угроз, стихийных бедствий и технических аварий, в том числе наводнений, и организовал обучения для спасательной службы. WOPR сотрудничал с Министром Национальной Обороны, Главным Комендантом Полиции, Руководителем Бюро Охраны Правительства, Главным Комендантом Пограничной Службы, Начальником Национальной Спасательно-Гасящей Системы. Соглашение по вопросу регулирования принципов сотрудничества KSRG и WOPR с целью создания условий оптимального использования технических и организационных возможностей для эффективного сотрудничества и взаимодействия в области реализации их собственных задач и обеспечения соответствующих условий безопасности плавающих людей, купающихся и занимающихся водным спортом, были основой для включения организационных единиц WOPR в систему кризисного управления. Группы реагирования WOPR были готовы вести надзор определённых секторов, учитывая характер и масштабы угроз общественной безопасности, участвовать в спасательных действиях во время стихийного бедствия. В малопольском воеводстве WOPR и PSP сотрудничали во время действий, направленных на борьбу с наводнениями, была проведена совместная подготовка и учения пожарных и водных спасателей.

Методы: Анализ исследований, правовых актов и документов, техники опроса явные и открытые.

Выводы:

1. Межсекторное сотрудничество в области спасения на воде должно развиваться.
2. Следует совершенствовать технику и унифицировать водно-спасательное оборудование.
3. Следует проводить совместные учения для разных субъектов, действующих при спасении на воде.
4. Следует использовать знания, навыки и опыт инструкторов WOPR при обучении пожарных - водных спасателей.
5. Следует проводить в различных средах профилактические меры в сфере безопасности на воде.

Ключевые слова: безопасность, национальная система кризисного реагирования, WOPR, PSP

Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Bezpieczeństwo współczesnego państwa jest stanem dynamicznym, a wszechobecny rozwój cywilizacyjny nadaje mu interdyscyplinarny charakter. Właściwy współczesności ekspansywny rozwój technologii komunikacji sprawia, że informacje o zagrożeniach i zdarzeniach nadzwyczajnych szybko docierają poprzez media do szerokiej opinii publicznej oraz rosną potrzeby w zakresie bezpieczeństwa [1].

Wśród zagrożeń dla życia i zdrowia osób występują zagrożenia naturalne, np. wywołane przez powódzie. Najdotkliwsze z nich są te o charakterze katastrofy naturalnej lub awarii technicznej, mogące przyjąć rozmiary klęski żywiołowej, których skutki zagrażają życiu lub zdrowiu dużej liczby osób, mieniu w wielkich rozmiarach albo środowisku na znacznych obszarach, a pomoc i ochrona mogą być skutecznie podjęte tylko przy zastosowaniu nadzwyczajnych środków, we współdziałaniu różnych organów i instytucji oraz specjalistycznych służb i formacji [2].

Poczucie bezpieczeństwa jest jedną z podstawowych potrzeb człowieka [3]. Na bezpieczeństwo wewnętrzne państwa składa się m.in. bezpieczeństwo powszechne, rozumiane jako ochrona ludności i majątku narodowego przed zagrożeniami i skutkami klęsk żywiołowych [4]. Bezpieczeństwo ludności należy pojmować jako dobro publiczne wtedy, kiedy dotyczy wszystkich grup społecznych i ma ono charakter powszechny [2].

Bezpieczeństwo powszechne znajduje się w obszarze kompetencyjnym administracji publicznej – rządowej i samorządowej, przy czym za prowadzenie działań ratowniczych odpowiedzialne są przede wszystkim podmioty wykonujące ratownictwo medyczne (Państwowe Ratownictwo Medyczne) i Państwowa Straż Pożarna, a wspierać je mogą organizacje pozarządowe, podmioty trzeciego sektora, specjalistyczne stowarzyszenia ratowników [5].

Zwiększanie poziomu bezpieczeństwa i jego poczucia w społeczeństwie należy do priorytetów państwa. Utrzymanie bezpieczeństwa z wykorzystaniem wszystkich podmiotów działających w tym zakresie jest jedną z podstawowych funkcji każdego państwa [4].

2. Zakres podmiotowej i przedmiotowej współpracy międzysektorowej WOPR

Rola organizacji pozarządowych zależy od celów statutowych oraz sił i środków pozostających w ich dyspozycji. Do Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego należało realizowanie ratownictwa wodnego, do którego zaliczało się między innymi organizowanie i udzielanie pomocy osobom, które uległy wypadkowi lub narażone są na niebezpieczeństwo utraty życia lub zdrowia na obszarze wodnym. Cel ten był realizowany poprzez współdziałanie z podmiotami zajmującymi się: „bezpieczeństwem powszechnym, ochroną środowiska wodnego, prowadzeniem akcji ratowniczych na wodach podczas zagrożeń powszechnych, awarii technicznych, katastrof naturalnych i klęsk żywiołowych, w tym powodzi” [6].

Ratownicy WOPR zostali przygotowani do zapewnienia bezpieczeństwa osób przebywających na obszarach wodnych, takich jak pływalnie i parki wodne oraz kąpieliska śródlądowe i nadmorskie, podczas imprez turystycznych i zawodów sportowych, a także w sytuacjach zagrożeń powszechnych [6]. Zasoby osobowe i sprzęt WOPR pozwalały efektywnie zapewniać bezpieczeństwo osób pływających, kąpiących się i uprawiających sporty na obszarach wodnych, a także realizować zadania w ramach systemów zarządzania i reagowania kryzysowego, związanych z bezpieczeństwem wewnętrznym państwa. System reagowania kryzysowego jest układem zorganizowanych podmiotów działających w obszarze bezpieczeństwa, w związku z sytuacją lub zdarzeniem niekorzystnym dla społeczności, zgodnie z przyjętymi zasadami, regułami i przepisami, według których wykonywane są czynności i przedsięwzięcia oraz interwencje i akcje w celu osiągnięcia pożądanego stanu rzeczy. Ważne dla systemu reagowania kryzysowego są procedury włączania sił i środków do działań w sytuacji zagrożenia bezpieczeństwa powszechnego [7].

Organizacje ratowników wodnych dysponują zasobami osobowymi posiadającymi wiedzę i umiejętności oraz właściwe kwalifikacje do prowadzenia interwencji i akcji ratowniczych, a także do udziału w nich – również tych prowadzonych na większych obszarach wodnych. Struktura organizacji ratowników wodnych o zasięgu ogólnokrajowym, regionalnym lub lokalnym powinna odpowiadać administracyjnemu podziałowi państwa.

WOPR realizował cele statutowe w zakresie:

- ratownictwa wodnego w ramach akcji ratowniczych podczas zagrożeń powszechnych, katastrof naturalnych i awarii technicznych, z powodzią i pożarami na obszarach wodnych;
- profilaktyki na rzecz bezpieczeństwa osób przebywających na obszarach wodnych i terenach przywodnych;
- dokonywania analiz, badań oraz opracowywania ekspertyz i opinii dotyczących bezpieczeństwa osób znajdujących się na obszarach wodnych i sprzętu przydatnego w ratownictwie wodnym;
- organizowania i prowadzenia szkoleń instruktorów w zakresie ratownictwa wodnego i ratowników wodnych oraz określania ich kompetencji i nadawania stopni;
- prowadzenia powszechnej nauki pływania, z wydawaniem zaświadczeń o umiejętności pływania [6].

Realizacji tych celów towarzyszyły WOPR różne formy współpracy, w tym ze służbami, przedsiębiorstwami i organizacjami pozarządowymi w zakresie obronności państwa, bezpieczeństwa powszechnego, porządku publicznego, obrony cywilnej i ochrony środowiska wodnego. Współpraca WOPR z innymi podmiotami, w tym międzysektorowa ze specjalistycznymi służbami rządowymi, została ujęta w formie umów lub porozumień. WOPR i Minister Obrony Narodowej w 2003 r. formalnie usankcjonowali współpracę w obszarze krzewienia kultury fizycznej oraz ratownictwa wodnego, a także nauczania racjonalnych działań podczas zdarzeń wykraczają-

cych poza standardy wśród osób nieletnich i małoletnich, w tym przedpoborowych i poborowych, a także żołnierzy czynnej służby i rezerwy oraz pracowników wojska i rodzin wojskowych [8].

Pomiędzy Komendantem Głównym Policji i Prezesem WOPR dnia 20 czerwca 2007 r. została zawarta umowa dotycząca wspólnego działania na rzecz bezpieczeństwa i porządku publicznego na obszarach wodnych i terenach przywodnych, stanowiąca kontynuację wcześniejszych porozumień Policji i WOPR [8].

WOPR i Biuro Ochrony Rządu w 2002 r. zdecydowały o współpracy w celu zapewnienia na wodach ogólnie dostępnych śródlądowych i morskich przybrzeżnych bezpieczeństwa osobom szczególnie chronionym oraz organizowaniu pomocy i ratowania osób po wypadkach albo zagrożonych utratą życia lub zdrowia na obszarach wodnych [8]. Porozumienie WOPR z Komendantem Głównym Straży Granicznej zawarte w 2010 r. dotyczące współdziałania podczas realizacji zadań objęło udzielanie wzajemnej pomocy przy akcjach kryzysowych i ratownictwo osób, a także ustalanie obszaru działań na wodach granicznych oraz rozpoznawanie zmian brzegów, nurtów i dna wód śródlądowych znajdujących się w strefie nadgranicznej [8].

Podstawę prawną włączania jednostek WOPR do działań w systemie zarządzania kryzysowego stanowi porozumienie z 2006 r. dotyczące zasad współdziałania WOPR z krajowym systemem ratowniczo-gaśniczym. Celem tego porozumienia było skonstruowanie płaszczyzny dla optymalizacji współdziałania zasobów, w tym środków technicznych i potencjału organizacyjnego. Założono w porozumieniu, że efektywna współpraca powinna obejmować realizację celów i zadań własnych stron. Zaakcentowana została potrzeba zapewnienia odpowiednich warunków dla zapewnienia bezpieczeństwa osób uprawiających różne formy kultury fizycznej – sporty, turystykę – na obszarach wodnych. W celu osiągnięcia właściwego poziomu sygnatariusze przyjęli, że krajowy system ratowniczo-gaśniczy (KSRG) jest najlepszą formą prowadzenia wspólnych przedsięwzięć z zakresu ratownictwa [8].

Porozumienie w sprawie zasad współdziałania z KSRG dało możliwości rozwoju WOPR, a jednocześnie spowodowało włączenie do KSRG wysoko wyspecjalizowanych jednostek ratownictwa wodnego. Założono modyfikację struktur i dopasowanie WOPR do systemu KSRG z uwzględnieniem zagrożeń mających znaczenie dla bezpieczeństwa osób przebywających na obszarach wodnych o zasięgu lokalnym. Podpisane porozumienie pozwalało na standaryzowanie sprzętu stosowanego w WOPR w celu zunifikowania go z wyposażeniem PSP i innymi podmiotami działającymi w zakresie ratownictwa wodnego oraz optymalizację zakupów.

3. Miejsce i zadania WOPR w krajowym systemie ratowniczo-gaśniczym

W porozumieniu WOPR z KSRG założono współpracę przy [8]:

- analizowaniu i planowaniu operacyjnym;

- prowadzeniu szkoleń i doskonaleniu ratowników;
- prowadzeniu działań podstawowych i specjalistycznych oraz działań humanitarnych;
- udzielaniu wsparcia technicznego;
- wyznaczaniu obszarów chronionych i wspólnych przedsięwzięć;
- dokonywaniu ciągłych analiz stanu bezpieczeństwa osób i mienia na obszarach wodnych śródlądowych i terenach przywodnych;
- tworzeniu systemów współdziałania na poziomach krajowym, wojewódzkich i powiatowych;
- zapewnieniu systemu i środków łączności niezbędnych dla wspólnego działania WOPR i innymi podmiotów włączonych do KSRG;
- tworzeniu procedur niezbędnych do współdziałania z powiadamianiem i dysponowaniem zasobów;
- prowadzeniu działań ratowniczych i humanitarnych z uwzględnieniem ram struktur operacyjnych;
- tworzeniu systemów szkolenia w zakresie ratownictwa wodnego pozwalających na standaryzację działań ratowniczych;
- doborze i ocenie technicznych możliwości sprzętu ratownictwa wodnego w celu jego unifikacji.

WOPR zobowiązał się uwzględniać normy techniczne wprowadzone przez Prezesa Polskiego Komitetu Normalizacyjnego, które określiły czynności w podstawowych i specjalistycznych działaniach w zakresie ratownictwa wodnego, z miejscem jego wykonywania na obszarach wodnych, w tym podwodnych, a także pokrytych pokrywą lodową. Uznano, że bez znaczenia jest stan ruchu lub bezruchu wody (płynąca, stojąca). WOPR za dysponował do KSRG zespoły ratownicze składające się z dwóch ratowników wodnych wyposażonych w standardowy zestaw do niesienia pierwszej pomocy (WOPR R-1) i środki pływające. Zespół ratowników i grupa reagowania WOPR miały uzyskać środki do nawiązywania łączności z odpowiednim dla danego obszaru działania centrum kierowania KSRG.

W przedmiotowym porozumieniu zastrzeżono, że na szczeblu centralnym koordynacja należała w Komendzie Głównej PSP do Dyrektora Krajowego Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności, którego kompetencje objęły analizę zagrożeń, organizację i prowadzenie działań ratowniczych, przedsięwzięć przygotowawczych takich jak ćwiczenia, manewry, oraz Dyrektora Biura Szkolenia, którego odpowiedzialność objęła organizację i prowadzenie szkoleń, a do Dyrektora Biura Kwatermistrzowskiego należał dobór i ocena techniczna środków ratownictwa. W WOPR Koordynator Krajowy Grup Operacyjnych WOPR odpowiadał za organizację i nadzór nad ratownikami wodnymi podczas działań ratowniczych i humanitarnych, Przewodniczący Komisji WOPR ds. Edukacji organizował szkolenia i ćwiczenia, a Przewodniczący Komisji WOPR ds. Ratownictwa posiadał kompetencje do doboru i oceny technicznej środków przydatnych w ratownictwie wodnym.

Koordynację działań oparto na uzgadnianych formach i metodach współdziałania, ich dokumentowaniu oraz alarmowaniu i uruchamianiu, a dalej kierowaniu sił

i środków WOPR, a także na analizie przeprowadzonych działań ratowniczych. Ważnym obszarem współdziałania PSP i WOPR stało się wypracowanie i modyfikowanie standardów prowadzenia akcji ratowniczych oraz przedsięwzięć humanitarnych z zastosowaniem zunifikowanych środków i zbieżnego poziomu wyszkolenia. Dotyczyło to działań podstawowych i specjalistycznych (w rozumieniu PSP) w zakresie ratownictwa wodnego oraz humanitarnych na obszarach wodnych. W tym celu założono utworzenie wspólnych zespołów opiniotwórczych, a także sporządzanie planów współdziałania. Przyjęto, że PSP i WOPR podczas współpracy powinny świadczyć sobie wzajemną pomoc. Wzajemna pomoc dotyczyła sporządzania analiz i planów operacyjnych, a w konsekwencji szkolenia oraz działań ratowniczych i humanitarnych z wymianą wiedzy na tematy wyposażenia technicznego w zakresie infrastruktury ratownictwa wodnego. Analizy i planowanie operacyjne obejmowały aktywność WOPR w fazie przygotowania, a następnie przy dokonywaniu aktualizacji planów w zakresie ratownictwa wodnego. WOPR został zobligowany do przekazywania PSP informacji o bieżącym stanie gotowości operacyjnej swoich zespołów ratowniczych i grup reagowania oraz innych sił i środków odpowiednich do współdziałania podczas akcji ratowniczych oraz działań humanitarnych. Do zadań WOPR zapisano rejestrowanie prowadzonych akcji ratowniczych i działań humanitarnych na obszarach wodnych, a następnie dokonywanie analiz i wyciąganie wniosków skutkujących podniesieniem sprawności operacyjnej ratowników WOPR. Na podstawie dokonanych analiz miała być określana i osiągana gotowość operacyjna obszarów chronionych, a także rozpoznawane zagrożenia i podejmowane wspólne przedsięwzięcia przeciwko nim. Porozumienie założyło współpracę specjalistów z zakresu ratownictwa wodnego z opiniowaniem projektów regulacji prawnych z zakresu ratownictwa wodnego i działań humanitarnych na obszarach wodnych. Uwzględniono także wspólną promocję ratownictwa wodnego i ochrony ludności na poziomie wojewódzkim i powiatowym.

Współpraca PSP i WOPR objęła unifikację systemów szkoleniowych, opracowywanie programów szkolenia, prowadzenie wspólnych kursów i ćwiczeń, współpracę instruktorów w zakresie organizacji oraz prowadzenia kursów i ćwiczeń w zakresie ratownictwa wodnego, a także niesienia pierwszej pomocy. Założono dokonywanie analiz, wymianę materiałów dydaktycznych i szkoleniowych, szkolenie i doskonalenie ratowników wodnych. Konsultacja techniczna dotyczyła oceny przydatności i doboru sprzętu ratownictwa wodnego oraz ocen stanu technicznego środków ratowniczych po negatywnych zdarzeniach takich jak wypadek. W umowie założono wymianę informacji i poglądów przed wprowadzeniem nowych środków przydatnych w ratownictwie wodnym, środków łączności. System alarmowania i współdziałania na linii dyżurny operacyjny powiatowego (miejskiego) stanowiska kierowania PSP – kierownik zespołu ratowniczego lub grupy reagowania WOPR zakładał wyposażenie w urządzenia i środki łączności umożliwiające realizację wspólnych akcji ratowniczych PSP i WOPR.

Założono zwracanie uwagi na unifikację i doskonalenie technik ratownictwa wodnego. Jednostki wojewódzkie WOPR miały proponować konfigurację sił i środków oraz określenie poziomu gotowości operacyjnej w celu ich włączenia do KSRG. W porozumieniu została założona realizacja zadań ze wzajemnym udostępnianiem podczas akcji ratowniczych zasobów osobowych i sprzętowych, w tym środków łączności, transportu i ochrony osobistej (w praktyce dysponent środków w zasadzie był ich wyłącznym operatorem).

Oczywiste w świetle porozumienia było wspieranie akcji ratowniczych, poszukiwawczych i ewakuacji zagrożonych osób z obszarów wodnych śródlądowych, a także przewożenie ratowników i sprzętu w rejony prowadzonych akcji ratowniczych do miejsc negatywnych zdarzeń lub terenów zagrożonych. Przyjęte zostały w tym systemie zadania i działania w ramach akcji ratowniczych i humanitarnych takie jak:

- ustalenie zakresu współpracy w ratownictwie na obszarach wodnych z uwzględnieniem poszczególnych jego elementów;
- opracowanie i uruchamianie procedur ratowniczych, których podstawę przygotowania stanowiły analizy i wnioski z nich
- określenie obszarów chronionych;
- alarmowanie i rozprowadzanie zasobów;
- zgrywanie łączności;
- informowanie jednostek ochrony zdrowia o potrzebie wykonywania ratownictwa medycznego i podmiotów wspierających akcje ratownicze.

Wśród zadań PSP i WOPR znalazły się:

- oznaczanie miejsc prowadzenia akcji ratowniczych i działań humanitarnych;
- informowanie i ostrzeganie ludności o zagrożeniach oraz powiadamianie administracji lokalnej i właściwej dla obszarów wodnych;
- wykazywanie sprzętu ratowniczego i jego wartości użytkowych.

Założono, że informacje o zdarzeniu oraz rozdysponowywanie zasobów WOPR odbywać się powinno na stanowiskach kierowania PSP. W tym celu zostało podkreślone, że funkcjonują powiatowe (miejskie) stanowiska kierowania, wojewódzkie stanowiska koordynacji ratownictwa i KCKRiOL. PSP i WOPR, przyjmując rozwiązanie modelowe, założyły współpracę w zakresie wspólnie prowadzonych akcji ratowniczych, organizacji i udziału w ćwiczeniach i treningach, wymiany informacji o zdarzeniach oraz organizacji łączności. Powinna być przyjęta zasada, że:

- w każdej akcji ratowniczej na obszarach wodnych prowadzi właściwy funkcjonariusz PSP;
- w akcjach powinno się uwzględniać siły i środki grupy interwencyjnej WOPR;
- wskazane jest prowadzenie ćwiczeń grup reagowania (operacyjnych, interwencyjnych) WOPR z miejscowymi jednostkami PSP;
- kierownicy grupy interwencyjnej WOPR powinni być informowani o zdarzeniach na obszarach wodnych;

- kierujący akcją ratowniczą jest odpowiedzialny za organizację łączności;
- łączność radiową powinno się organizować przy udziale PSP.

Na terenie każdego województwa grupy reagowania WOPR powinny objąć dozorem określone sektory obejmujące powiat lub rejon rozciągający się na obszar większy niż jeden powiat. Komendantowi wojewódzkiemu PSP prezes jednostki wojewódzkiej WOPR powinien przekazać dane kontaktowe członków zarządu oraz kierowników grup reagowania (operacyjnych, interwencyjnych). WOPR z zakresami ich kompetencji i odpowiedzialności. Struktura i zakres działania grup reagowania, ich sekcji i zespołów powinna uwzględniać rodzaj i zakres zagrożeń bezpieczeństwa powszechnego, włączając w to katastrofę naturalną lub awarię techniczną na obszarze wodnym, które mogłyby spowodować wystąpienie stanu klęski żywiołowej.

4. Niektóre wspólne działania WOPR i PSP w województwie małopolskim

Wiele jest przykładów wspólnych przedsięwzięć WOPR i PSP. Każda jednostka wojewódzka PSP i WOPR zdobyła odrębne doświadczenia i wypracowała zakres współpracy w ramach ratownictwa wodnego, w tym także Komenda Wojewódzka PSP w Krakowie i jednostki WOPR działające w województwie małopolskim.

Jednostki WOPR: Małopolskie WOPR, Krakowskie WOPR, Sądeckie WOPR, Tarnowskie WOPR, Podhalańskie WOPR, Chrzanowskie WOPR, Gorlickie WOPR, Olkuskie WOPR, Oświęcimskie WOPR, Miejskie WOPR w Oświęcimiu podpisały porozumienia (uzgodnienia) zgodnie z właściwością terytorialną z jednostkami PSP województwa małopolskiego: Komendami Miejskimi PSP w Krakowie, Nowym Sączu, Tarnowie, Komendami Powiatowymi PSP w Bochni, Nowym Targu, Chrzanowie, Gorlicach, Olkuszu, i Oświęcimiu. Na podstawie podpisanych porozumień i uzgodnień w większości przypadków jednostki PSP i WOPR zobowiązały się do realizacji wspólnych ćwiczeń w zakresie doskonalenia technik ratownictwa i ratowania na wodach, doskonalenia zawodowego z użyciem sprzętu pływającego, ćwiczenia z użyciem śmigłowca, ale również do współdziałania w zakresie ratownictwa wodnego z przykładem akcji przeciwpowodziowych w 2010 r. [10]

W powiecie krakowskim przy współdziałaniu PSP i WOPR w dniach 15-17 maja 2009 r. i 8-9 maja 2010 r. 14-15 maja 2011 r. w Krakowie odbyło się szkolenie ratowników wodnych na wodach płynących, 23-25 września i 12 grudnia 2010 r. w miejscowości Jelcz-Laskowice i Czernichów zostały przeprowadzone szkolenia na licencję pilotów poduszki. W dniach 7-9 maja 2010 r. na rzece Wisła zostały zrealizowane ćwiczenia i szkolenia z zakresu prowadzenia akcji ratowniczych na wodach płynących. Kilka dni po tym 13-15 maja 2010 r. odbyły się ćwiczenia ratowniczo-gaśnicze z doskonaleniem technik ratownictwa wodnego podczas symulacji pożaru na barce-restauracji na wodzie. Wszystkie powyżej wymienione

szkolenia i ćwiczenia odbyły się na rzece Wisła oraz przylegających do niej terenach przywodnych [11].

W dniu 12-13 maja 2012 r. na rzece Wisła w Krakowie w rejonie Zamku Królewskiego na Wawelu odbyły się ćwiczenia w ramach szkolenia specjalistycznego ratowników wodnych, z udziałem około 100 ratowników WOPR i kilku zespołów ratownictwa medycznego (z karetkami pogotowia), funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej, Policji, Straży Miejskiej i drużyn Ochotniczej Straży Pożarnej, którego celem było pogłębianie wiedzy, kształcenie i doskonalenie umiejętności oraz zdobywanie doświadczenia i ćwiczenie zespołowych akcji ratowniczych z zastosowaniem procedur prowadzenia wspólnych działań przez różne służby, na obszarze wodnym (woda płynąca) z ewakuacją osób zagrożonych i poszkodowanych, w tym w warunkach powodzi. Ćwiczenia te obserwowali między innymi prezydent Międzynarodowej Federacji Ratownictwa Wodnego (*International Life Saving Federation*) oraz członkowie Dyrektoriatu (Zarządu) *ILS Federation of Europe* w towarzystwie prezydenta miasta Kraków i uczestników Międzynarodowej Konferencji Naukowej pt. „Problemy bezpieczeństwa w wodzie i ratowania tonących – teoria praktyce”. WOPR jest członkiem *ILS*. Jednym z elementów ćwiczeń była akcja ratownicza podczas symulowanego pożaru na pływającym statku pasażerskim żeglugi śródlądowej. Następnie na torze kajakowym na Wiśle instruktorzy WOPR przeprowadzili szkolenie ratowników PSP z zakresu ratownictwa na wodach szybkopłynących 14 i 18 maja 2012 r. [12].

Na terenie powiatu nowotarskiego PSP i WOPR zorganizowały trzykrotnie ćwiczenia z zakresu ratownictwa wodnego. Na rzece Dunajec w dniu 23 maja 2012 r., przy budowach hydrotechnicznych, odbyły się ćwiczenia strażaków mające na celu doskonalenie technik ratownictwa wodnego. W dniu 9 sierpnia 2012 r. strażacy i ratownicy wodni doskonalili techniki ratownictwa wodnego z użyciem śmigłowca TOPR. Na jeziorze Czorszyńskim w dniu 5 września 2012 r. instruktorzy WOPR przeprowadzili ze strażakami sternotorzystami zajęcia praktyczne w celu doskonalenia techniki manewrowania łodzią motorową [13].

W powiecie olkuskim w dniach 8-10 lutego 2012 r. i 18-20 lutego 2013 r. odbyły się ćwiczenia PSP i WOPR na zbiorniku wodnym w miejscowości Klucze w zakresie technik samoratownia i ratownictwa wodnego z użyciem podręcznego i pływającego sprzętu ratowniczego [14].

W powiecie gorlickim PSP i WOPR 4 czerwca 2010 r. prowadziły działania ratownicze w ramach akcji przeciwpowodziowej w zakresie ewakuacji ludności łodziami z zalanych domostw. Po tym w celu ujednolicenia procedur ratownictwa wodnego strażacy i ratownicy WOPR odbyli szereg ćwiczeń na zbiorniku zaporowym Klimkówka. Jako pierwsze odbyły się ćwiczenia w dniach 28-30 czerwca 2010 r. w zakresie podejmowania osób z powierzchni wody i doskonalenia kierowania łodzią z napędem strumieniowym. Drugie przeprowadzone 20 lipca 2010 r. ćwiczenia obejmowały podejmowanie osób z powierzchni wody przez śmigłowiec. Trzecie ćwiczenia przeprowadzono 4-6 lipca 2011 r. w zakresie podejmowania osób z powierzchni wody i doskonalenia kie-

rowania łodzią z napędem strumieniowym w warunkach nocnych. Kolejne wspólne ćwiczenia 9-11 lipca 2012 r. zawierały w programie podejmowanie osób z powierzchni wody, doskonalenia kierowania łodzią z napędem strumieniowym, pracy w kombinezonach do pracy w wodzie, oraz pracy ze sprzętem do ratownictwa wodnego [15].

Na terenie powiatu nowosądeckiego PSP i WOPR przeprowadziła szereg wspólnych przedsięwzięć. Strażacy i ratownicy wodni 31 maja 2007 r. wspólnie ćwiczyli techniki ratownicze z wykorzystaniem zatopionego samochodu w jeziorze Rożnowskim. WOPR i PSP prowadziły działania poszukiwawcze na jeziorze Rożnowskim 23 czerwca 2011 r. oraz na rzece Poprad 23 czerwca 2012 r. Ratownicy PSP i WOPR zabezpieczali regaty w Znamierowicach w sezonie wiosenno-letnim (maj, czerwiec i sierpień) 2011 i 2012 r. oraz zawody pływackie w sierpniu 2011 r. i wrześniu 2012 r. w Gródku nad Dunajcem [16].

Na terenie powiatu tarnowskiego PSP i WOPR prowadziły wspólne działania ratownicze podczas powodzi w 2010 r. w zakresie ewakuacji mieszkańców z zalanych terenów w gminie Wietrzychowice miejscowość Wola Rogowska, Pleśna, Jadowniki Mokre i Tuchów. W pobliżu wsi Wierzchosławice w Dwudniakach w 2010 r. został przeprowadzony przez instruktorów WOPR kurs steromotorzystów, na którym przeszkolono 15 strażaków PSP [17].

Przeprowadzone szkolenia, ćwiczenia i działania ratownicze z udziałem strażaków PSP i ratowników WOPR pozwoliły w Komendzie Głównej PSP wypracować następujące wnioski:

- „widzi się potrzebę dalszej współpracy pomiędzy WOPR a PSP w zakresie doskonalenia technik pracy ze sprzętem, a także wspólnego doskonalenia zawodowego z zakresu ratownictwa”;
- „widzi się potrzebę współdziałania z WOPR w zakresie prowadzenia szeroko rozumianych działań informacyjnych w szkołach i uczelniach dot. prezentowania zachowań na akwenach i technik samoratownictwa na akwenach zalodzonych” [18].

Porozumienie KSRG i WOPR pomimo wielu wspólnych, ważnych przedsięwzięć PSP i WOPR, których przykłady z województwa małopolskiego zostały przedstawione w niniejszym opracowaniu, nie jest w pełni realizowane. Wprowadzone w 2011 r. ustawowe regulacje prawne w zakresie bezpieczeństwa osób przebywających na obszarach wodnych [19], a w 2012 r. przepisy wykonawcze dotyczące szkoleń w ratownictwie wodnym [20], oznakowania i zabezpieczania obszarów wodnych oraz wzorów znaków [21], wyposażenia wyznaczonych obszarów wodnych [22] oraz obsady ratowników wodnych na wyznaczonych obszarach wodnych [22], zmieniły pozycję WOPR i jego sytuację wewnętrzną. Nowa jakość zrodziła potrzebę dokonania zmian w relacjach formalnych pomiędzy PSP i KSRG a WOPR.

5. Podsumowanie

WOPR odgrywało istotną rolę w zapewnieniu bezpieczeństwa osobom przebywającym na obszarach wodnych, a jego potencjał był wykorzystywany w działaniach

na rzecz bezpieczeństwa w sytuacjach kryzysowych. Z całą pewnością możliwe jest także efektywne wykorzystanie potencjału organizacji ratowników wodnych w zakresie bezpieczeństwa wewnętrznego Rzeczypospolitej Polskiej. Włączanie podmiotów ratownictwa wodnego w system reagowania i zarządzania kryzysowego wymaga wzmocnienia i rozszerzenia na poziomach wojewódzkim, powiatowym i gminnym. Współdziałanie organizacji pozarządowych i podmiotów ratownictwa wodnego ze służbami działającymi w zakresie bezpieczeństwa, a także administracją rządową i samorządową może przyczynić się do zwiększenia poczucia bezpieczeństwa obywateli.

Doświadczenia z ostatnich lat pokazują, że ze względu na zakres działania głównym partnerem WOPR była PSP. Współdziałanie WOPR i PSP w akcjach ratowniczych, ćwiczeniach i szkoleniach prowadził do ujednolicenia sprzętu, taktyki i metodyki pracy w zakresie ratownictwa wodnego. Wieloletnia współpraca służb publicznych z WOPR dała wartość dodaną w postaci poszerzenia wiedzy, doskonalenia umiejętności i zdobycia doświadczenia funkcjonariuszy niezbędnych dla optymalizacji działań ratowniczych na obszarach wodnych. Dzięki współpracy PSP i WOPR ratownicy wodni mogli osiągnąć wyższy poziom przygotowania operacyjnego do działania w sytuacjach kryzysowych na terenie województwa małopolskiego.

Szkolenie ratowników wodnych wszystkich sektorów – służb publicznych, podmiotów gospodarczych, organizacji pozarządowych – powinno opierać się (nie opiera się) na programach o jednakowej lub zbliżonej zawartości, a sprzęt ratownictwa wodnego powinien zostać zunifikowany. Skuteczne prowadzenie akcji ratowniczych w warunkach powodzi lub podczas innych zdarzeń stwarzających zagrożenie bezpieczeństwa powszechnego wymaga współpracy, w tym międzysektorowej oraz wymiany informacji, skoordynowanych działań, wsparcia osobowego i materialnego. W związku z nie w pełni realizowanym porozumieniem KSRG i WOPR, wprowadzonymi w 2011 i 2012 r. regulacjami prawnymi dotyczącymi bezpieczeństwa osób przebywających na obszarach wodnych, zmieniającymi pozycję WOPR, występuje potrzeba dokonania zmian w relacjach formalnych pomiędzy PSP i KSRG a WOPR.

Literatura

1. Jąłoszyński K., *Charakterystyka współczesnych zagrożeń*, [w:] *Teoretyczne aspekty strategii bezpieczeństwa państwa*, Szerauc A. (red.), Płock 2010, s. 29 i n.
2. Ustawa z dnia 18 kwietnia 2002 r. o stanie klęski żywiołowej (Dz. U. z 2002 r. nr 62, poz. 558, ze zm.).
3. Wolanin J., *Zarys teorii bezpieczeństwa obywateli, ochrona ludności podczas pokoju*, Warszawa 2005, s. 13.
4. *Strategia Bezpieczeństwa Narodowego Rzeczypospolitej Polskiej*, Warszawa, 2007, [dok. elektr.] http://www.ms.gov.pl/files/docs/DPB/polityka_bezpieczenstwa/dokumenty_i_komunikaty/strategia_bezp_nar_2007.pdf [dostęp 8.07.2012].
5. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej, art. 1 ust. 1 (Dz. U. z 1991 nr 88 poz. 400 ze zm., Dz. U. z 2013 r. poz. 1340, 1351, z 2014 r. poz. 502, 616).
6. Statut WOPR (z 1967 r., ze zm.) [dok. elektr.] http://www.wopr.pl/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=150&Itemid=53 [dostęp 16.01.2014].

7. Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym (Dz. U. z 2007 r. nr 89, poz. 590, ze zm.).
8. http://www.wopr.pl/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=122&Itemid=53, porozumienia [dostęp 16.01.2014].
9. Sprawozdanie z działalności WOPR w latach 1998-2002, Warszawa 2003.
10. Sprawozdania WOPR Województwa Małopolskiego za lata 2009-2013.
11. Sprawozdania Krakowskiego WOPR za 2009, 2010, 2011 i 2012 r. oraz Sprawozdanie z działalności WOPR w IX kadencji od 12 kwietnia 2008 r. do 12 kwietnia 2013 r. [dok. elektr.] http://www.wopr.pl/index.php?option=com_docman&task=cat_view&gid=263&Itemid=205 [dostęp 17.01.2014].
12. Szkolenie w Krakowie [dok. elektr.] http://www.wopr.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=841%3A-wiczenia-w-krakowie&Itemid=75 [dostęp 16.01.2014].
13. Sprawozdanie Podhalańskiego WOPR za 2012 r.
14. Sprawozdania Oddziału WOPR w Olkuszu za 2012 i 2013 r.
15. Sprawozdania Gorlickiego WOPR z 2010, 2011 i 2012 r.
16. Sprawozdania Sądeckiego WOPR za 2007, 2011 i 2012 r.
17. Sprawozdanie Tarnowskiego WOPR za 2010 r.
18. Bielenia M., Wykaz wybranych istotnych przedsięwzięć zrealizowanych w ramach współpracy PSP – WOPR, materiały KCKRiOL KG PSP, Warszawa 2013, s. 5.
19. Ustawa z dnia 18 sierpnia 2011 r. o bezpieczeństwie osób przebywających na obszarach wodnych (Dz. U. z 2011 r. nr 208, poz. 1240).
20. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 21 czerwca 2012 r. w sprawie szkoleń w ratownictwie wodnym (Dz. U. z 2012 r. nr 208, poz. 474).
21. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 6 marca 2012 r. w sprawie sposobu oznakowania i zabezpieczania obszarów wodnych oraz wzorów znaków zakazu, nakazu oraz znaków informacyjnych i flag (Dz. U. z 2012 r., poz. 286).
22. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 27 lutego 2012 r. w sprawie wymagań dotyczących wyposażenia wyznaczonych obszarów wodnych w sprzęt ratunkowy i pomocniczy, urządzenia sygnalizacyjne i ostrzegawcze oraz sprzęt medyczny, leki i artykuły sanitarne (Dz. U. z 2012 r. poz. 261).
23. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 23 stycznia 2012 r. w sprawie minimalnych wymagań dotyczących liczby ratowników wodnych zapewniających stałą kontrolę wyznaczonego obszaru wodnego (Dz. U. z 2012 r. poz. 108).

dr Jerzy Telak – adiunkt na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego Szkoły Głównej Służby Pożarnej w Warszawie, doktor w dziedzinie nauk społecznych w dyscyplinie nauki o bezpieczeństwie, specjalność bezpieczeństwo (WSPol w Szczytnie). Delegat na Walnym Zgromadzeniu *International Life Saving Federation*, wiceprezydent *ILS Federation of Europe*, członek Rady ds. Ratownictwa Górskiego i Wodnego przy Ministrze Spraw Wewnętrznych, prezes WOPR.

dr hab. **Bernard WIŚNIEWSKI**, prof. nadzw. WSPOL¹

Przyjęty/Accepted/Принят: 08.07.2014;

Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 14.11.2014;

Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

PROLEGOMENA DO DISKUSJI NA TEMAT MODELU SYSTEMU BEZPIECZEŃSTWA NARODOWEGO

Discursive Introduction to the Model for a National Security System

Прологомены для дискуссии на тему модели системы национальной безопасности

Abstrakt

Cel: Wskazanie zasadniczych cech modelu systemu bezpieczeństwa narodowego decydujących o jego nadrzędności wobec tworzonych na potrzeby lokalne i branżowe.

Wprowadzenie: Bezpieczeństwo państwa, jego rozwój ekonomiczny, polityczny, a tym samym zaangażowanie w kształtowanie bezpiecznego środowiska, a także rosnący poziom zagrożeń dla otwartych społeczeństw – wymuszają konieczność stosowania w praktyce prostych, naukowo uzasadnionych rozwiązań. Założenie takie pozwala bowiem na racjonalne wykorzystywanie posiadanego przez państwo potencjału. Jednym z takich rozwiązań jest budowa systemu bezpieczeństwa narodowego, umożliwiającego równoczesne wykorzystanie elementów obronnych i zarządzania kryzysowego.

Metodologia: W zgodnej ocenie naukowców oraz osób zajmujących się zawodowo problematyką bezpieczeństwa w trosce o jego najwyższy poziom poszukuje się sprawnych i skutecznych metod organizacji systemu bezpieczeństwa narodowego. Poszukiwania tych rozwiązań trwają już od wielu lat. Wykorzystuje się w nich analizy rozważań teoretycznych oraz praktycznych rozwiązań krajowych i zagranicznych.

Wyniki: Bezpieczeństwo państwa charakteryzuje się dynamicznymi zmianami warunków prawnych oraz koncepcyjno-organizacyjnych. Zmiany te powodują konieczność budowy sprawnego systemu bezpieczeństwa narodowego uwzględniającego wszystkie aspekty jego funkcjonowania. Model systemu bezpieczeństwa narodowego nie jest problemem prostym i łatwym do rozwiązania. Na taki stan złożyło się wiele czynników, spośród których wymienić należy te najważniejsze. Po pierwsze stwierdzić należy, że brak jest wystarczająco rozbudowanej jednolitej bazy teoretycznej dotyczącej tego problemu. Część dostępnych materiałów ujmuje problematykę w wąskim bądź bardzo szerokim jej rozumieniu, przy czym co warto podkreślić, dostarczają one niezwykle cennej wiedzy. Po drugie istnieją różnorodne poglądy związane z problematyką organizacji działań podmiotów państwa na rzecz jego bezpieczeństwa, co wynika z przywiązania do tradycyjnego i utrwalonego selektywnego podejścia, bądź podejścia totalnego. Są to poglądy, które nie wykorzystują w pełni osiągnięć nauki w zakresie dotyczącym organizacji, modelowania i systemów. Budowa modelu systemu bezpieczeństwa narodowego (a w konsekwencji również jego systematyczne doskonalenie) winno być oparte na osiągnięciach nauki. Powinno stanowić jednocześnie wypadkową tych osiągnięć oraz możliwości ich wdrożenia poprzez zastosowanie wartościowych i efektywnych rozwiązań prawnych i organizacyjnych.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, zagrożenia, państwo, administracja, model, system, badania naukowe, wiedza

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Abstract

Aim: Identification of fundamental attributes for a national security system, which determines the precedence of alternatives for local and business needs.

Introduction: Security of the state, its economic and political development, simultaneous need for the creation of a safe environment, taking account of increasing levels of threats to an open society, compel the practical application of straightforward, scientifically determined solutions. Such an assumption allows for a rational exploitation of national potential. One approach is the creation of a national security system, allowing for simultaneous use of defence elements and crisis management systems.

Methodology: Scientists and people dealing with safety matters share a common opinion with aspirations about the highest level of safety involving efficiency and effective organisation methods in a national security system. The search for such solutions has

¹ Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie, ul. Marszałka Józefa Piłsudskiego 111, 12-100 Szczytno, b.wisniewski@wspol.edu.pl / Police Academy in Szczytno, Poland;

continued for many years and solutions are yet to be found. In this vein an analysis was performed about theoretical considerations as well as practical solutions covering national and foreign dimensions.

Results: Security of the state is characterized by dynamic changes attributable to legal and organizational requirements. Such changes create the need to build an efficient national security system, taking into account every aspect of its operation. The national security system is not a simple issue which is easy to address. There are many factors which impact on current circumstances and it is pertinent to highlight the most significant ones. First of all, there is an absence of a single theoretical database concerning this topic. A proportion of accessible information deals with issues in a narrow or very broad manner. However, these materials provide invaluable information. Secondly, there is a proliferation of views concerning the matter of organisational performance involving state entities, within the scope of national security, and are attributable to traditional thinking about selective or total approaches in performance. Such views do not make full use of science in the area concerned with organisations, systems and modelling. The development of a national security system and, subsequently, its systematic improvement, should be based on scientific achievements. Simultaneously, results from scientific achievements should culminate in potential implementation and application of credible, effective, legal and organisational solutions.

Keywords: safety, threats, state, administration, model, system, research, knowledge

Type of article: review article

Аннотация

Цель: Указание основных характеристик модели системы национальной безопасности, определяющих её преимущества над теми системами, которые создаются для местных и отраслевых потребностей.

Введение: Безопасность государства, его экономическое и политическое развитие, и тем самым, участие в формировании безопасной окружающей среды, а также повышение уровня угроз для открытых обществ вызывают необходимость использовать на практике простые научно-обоснованные решения. Такое предположение позволяет более рационально использовать имеющийся потенциал государства. Одним из таких решений является создание системы национальной безопасности, которая позволила бы одновременно использовать защитные элементы и элементы кризисного управления.

Методология: Учёные и специалисты, занимающиеся проблематикой безопасности, согласны, что ради достижения высокого уровня следует искать действенные и эффективные методы организации системы национальной безопасности. Поиск этих решений продолжается в течение многих лет. В поисках используются анализы теоретических рассуждений и практических решений, как национальные, так и зарубежные.

Результаты: Безопасность государства характеризуется динамическими изменениями правовых и концептуально-организационных условий. Эти изменения вызывают необходимость создания эффективной системы национальной безопасности, включающей все аспекты ее функционирования. Модель системы национальной безопасности - это не простая и легкая для решения задача. На это повлияло много факторов, среди которых следует отметить наиболее важные. Во-первых, следует сказать, что нет достаточно обширной однородной теоретической базы, касающейся этого вопроса. Часть доступных материалов описывает проблематику в узком или слишком широком значении, при этом стоит подчеркнуть, что эти материалы представляют собой очень ценную информацию. Во-вторых, существуют разные точки зрения, связанные с проблематикой организации действий субъектов государства на благо его безопасности, что возникает с привязанности к традиционному и укрепленному выборочному подходу, или общему подходу.

Эти мнения полностью не используют достижения науки в области организации, моделирования и систем. Создание модели системы национальной безопасности (а в последствии также ее систематическое совершенствование) должно быть основано на достижениях науки. В тоже время должно являться результатом этих достижений и возможности их внедрения благодаря применению качественных и эффективных правовых и организационных решений.

Ключевые слова: безопасность, угрозы, государство, администрация, модель, система, научные исследования, знания

Вид статьи: обзорная статья

1. Wstęp

Podejście systemowe do problematyki bezpieczeństwa stwarza możliwości mechanizmu porządkującego stan wiedzy o bezpieczeństwie. Kolejną determinantą podejścia systemowego są cechy wszelkich działań podporządkowanych trosce o jego osiągnięcie i utrzymanie bezpieczeństwa, takich jak: antycypacja, adaptacja, celowość działania, skierowanie na rozwój, które są własnościami podejścia systemowego pozostającego nadal nowoczesnym sposobem praktycznego działania. Jego wyróżnikami są [1, s. 94]:

- traktowanie badanego obiektu jako systemu;
- traktowanie danego systemu jako obiektu złożonego z wzajemnie powiązanych podsystemów;
- traktowanie danego systemu jako należącego do większego systemu;

- świadome wykorzystywanie modelu systemu o ściśle określonym poziomie rozdzielności, który to wyraża określony aspekt działania.

Za podejściem systemowym rozważań nad bezpieczeństwem państwa przemawiają jego cechy takie jak:

- holizm, czyli eksploracja zjawisk, obiektów, procesów zdarzeń itd. jako całości;
- kompleksowość, czyli ujawnianie różnorodnych sprzężeń i relacji wewnętrznych;
- esencjalizm, czyli badanie zjawisk (obiektów) z punktu widzenia istotnych cech charakterystycznych;
- strukturalizm, czyli identyfikowanie własności obiektu (obszaru) zainteresowania na podstawie tych cech jego struktury, która uznawana jest za niezmienną i integrującą;

- kontekstowość, czyli rozpatrywanie systemów ze względu na ich miejsce w większej całości;
- teleologizm, czyli rozpatrywanie zjawisk z punktu widzenia ich celowości w danej dziedzinie, zwłaszcza w całej rzeczywistości;
- funkcjonalność, czyli rozpatrywanie systemów ze względu na osiąganą cele oraz wypełniane funkcje;
- efektywność, czyli rozpatrywanie systemów przez pryzmat wielkości rezultatów osiągniętych celów i wypełnianych funkcji;
- synergizm, czyli rozpatrywanie właściwości wynikających ze współpracy i współdziałania w ramach systemu podsystemów i elementów tych podsystemów, których istotą jest kooperacja będąca skuteczniejszym działaniem aniżeli suma ich oddzielnych działań;
- rozwój, czyli rozpatrywanie systemów w ujęciu procesu przeobrażeń i zmian związanych z przechodzeniem do stanów lub form bardziej złożonych lub pod pewnym względem doskonalszych.

W przeszłości pojęcia „system” i „układ”, w odniesieniu do bezpieczeństwa i jego składowych, były używane zamiennie. Uznać to należy za błędne, jak zauważa A. Rogucki z uwagi na wieloznaczność terminu układ w naukach społecznych i prawnych oraz na to, że [2, s. 89]:

- system może znajdować się w różnych stanach, a jego elementy w różnych układach, zatem zakresy znaczeniowe systemu i układu są różne;
- pojęcie „układ” stosowane jest do określania zbiorów, które nie spełniają warunków dynamiki i celowości, jaką przypisuje się systemom rozwijającym się i względnie trwałym.

Przed przystąpieniem do identyfikacji systemu warto zauważyć za J. Zieleniewskim, że przy rozpatrywaniu jakiegoś układu stwierdza się, że jego elementy są pod jakimś względem uporządkowane, więc rozpatrywać go należy pod tym względem jako system [3, s. 41].

W kontekście dotychczasowych rozważań należy przywołać stanowisko L. Kuleszyńskiego, który uznał, że [4, s. 44]:

- układ jest zbiorem rzeczy i cech, który z samej definicji nie zmienia swych stanów w czasie oraz nie rozwija działania i nie poddaje się kierowaniu;
- system jest układem dynamicznym, którego elementy mogą zmieniać swe stany w czasie oraz mogą działać i być kierowane.

Ważne jest również to, że w każdym systemie wyróżnia się podsystem kierowania oraz podsystem wykonawczy.

W związku z tym, że system bezpieczeństwa narodowego funkcjonuje w pewnym środowisku (otoczeniu), środowisko to (otoczenie) oddziałuje na niego zwrotnie. Jest więc ono „zbiorem elementów zewnętrznych w stosunku do systemu i pozostających w interakcji z systemem. Każdy system ma swój nadsystem, a więc jest w strukturze systemowej określona hierarchia” [5, s. 204-205]. System bezpieczeństwa można postrzegać przez pryzmat działania. Będzie on zatem systemem społecz-

nym (kompleksem systemów), który wraz z niezbędnymi sposobami i środkami działania wytycza, a następnie dąży do osiągnięcia określonych celów [6, s. 263].

Przedstawione do tej pory rozważania zdecydowały o tym, aby w tej części opracowania przedstawić zasadnicze problemy dotyczące założeń opisu systemu bezpieczeństwa narodowego, aby w oparciu o nie dokonać charakterystyki i przedstawić organizacyjne aspekty tegoż systemu.

2. Analiza pojęciowa

Pojęcie „system” pochodzi od greckiego słowa *systematios*, co oznacza „zestawiony” [7, s. 492].

W powszechnym odbiorze system oznacza:

- „zestawienie, całościowy i uporządkowany układ, zbiór przedmiotów, zasad i twierdzeń, reguł postępowania” [7, s. 492];
- „skoordynowany układ elementów, zbiór tworzący pewną całość uwarunkowaną stałym, logicznym uporządkowaniem jego całości” [8, s. 387];
- „całościowy i uporządkowany zespół zadań połączonych ze sobą stosunkami logicznego wynikania” [9, s. 1065].

Podobnie wyżej wymieniony termin określany jest w *Słowniku języka polskiego* [10, s. 289] A. Arnolda, w którym wyjaśniany jest m.in. jako:

- ustalony porządek wykonywania czegoś, zasady funkcjonowania;
- zbiór twierdzeń tworzących jakąś teorię.

Zgodnie z *Encyklopedią organizacji i zarządzania* termin „system” należy rozumieć jako wyodrębniony z otoczenia zbiór elementów materialnych lub abstrakcyjnych mających wzajemne powiązania wewnętrzne i rozważanych jako całość. Nie sposób pominąć wyjaśnienia znaczenia wyżej wymienionego pojęcia, zawartego w opracowaniu *Zarządzanie, teoria i praktyka*, którego autorzy postrzegają system jako zestaw składników, między którymi zachodzą wzajemne stosunki (interakcje), i gdzie każdy składnik połączony jest z każdym innym bezpośrednio lub pośrednio [11, s. 761]. Równie interesująca wydaje się definicja systemu zawarta w *Nowej encyklopedii powszechnej PWN*, która określa system jako zbiór wzajemnie powiązanych elementów, wyodrębnionych z otoczenia ze względu na te powiązania, przy czym powiązania (relacje) między elementami systemu tworzą jego strukturę, oraz jako zespół sposobów (metod) działania, wykonywania złożonych czynności, a także całość zasad organizacji, ogół norm i reguł obowiązujących w danej dziedzinie [12, s. 152]. Równie interesujących informacji dostarcza *Leksykon wiedzy wojskowej* prezentujący wieloaspektowe spojrzenie na pojęcie systemu, które definiowane jest tam następująco [13, s. 426]:

- wszelki skoordynowany wewnętrznie i wykazujący określoną strukturę układ elementów;
- zespół sposobów (metod) działania, wykonywania złożonych czynności;
- całokształt zasad organizacyjnych, ogół norm i reguł obowiązujących w danej dziedzinie;

- całościowy i uporządkowany zespół zadań powiązanych ze sobą określonymi stosunkami logicznymi.

Wyżej zaprezentowane określenia pojęcia system charakteryzują się syntetycznym oddaniem istoty tego terminu.

Nieco więcej informacji do opisu systemu znaleźć można w opracowaniach teoretyków. I tak, pod pojęciem system P. Sienkiewicz rozumie określone zjawisko w naturze i społeczeństwie składające się z poszczególnych elementów, między którymi zachodzą określone relacje. System ma więc strukturę, a w aspekcie cybernetycznym charakteryzuje go dynamika i spełnienie określonej funkcji [14, s. 35]. Natomiast J. Habr, J. Veprek określają system jako „celowo określony zbiór elementów i zbiór sprzężeń między nimi, które wspólnie określają właściwości całości” [15, s. 32]. Podobną definicję do powyższej proponuje R. Kulikowski, który uważa, że system to „zespół elementów lub obiektów, które są zespolone lub powiązane w całości przez określone związki” [16, s. 9]. Z kolei W. Kieżun określa system jako wyodrębnioną całość otaczającą nas rzeczywistości, mającą wyodrębnioną strukturę, a więc składającą się z części uporządkowanych według ustalonych reguł, określających ich wzajemne relacje [17, s. 13].

Analiza przytoczonych powyżej definicji uprawnia do stwierdzenia, że system spełnia następujące warunki:

- posiada własną strukturę złożoną z pojedynczych jednostek oraz powiązań między nimi;
- jest wyodrębniony z większej całości i posiada granice tej odrębności;
- posiada zespół reguł określających jego funkcjonowanie.

W kontekście przytoczonych powyżej rozważań należy przyjąć za P. Sienkiewiczem, że system to każdy złożony obiekt, wyróżniony z badanej rzeczywistości, przedstawiany jako pewna całość i tworzony przez zbiór obiektów elementarnych (elementów) i powiązań (relacji) pomiędzy nimi [18, s. 82].

Charakterystyka systemu bezpieczeństwa nie byłaby możliwa bez krótkiej chociażby charakterystyki systemów. Kryteriów typologicznych systemów jest wiele. Ograniczenia niniejszej pracy pozwalają jednak na prezentację tych, które z racji przedmiotu i podmiotu rozważań uznano za najbardziej przydatne.

Wydaje się, że podstawowym kryterium typologicznym jest wielkość systemu. P. Sienkiewicz dokonuje podziału systemu pod tym względem na trzy klasy wielkości [19, s. 47]:

- proste – składające się z obiektów elementarnych, wśród których żaden nie może być uznany za system;
- złożone – składające się z obiektów, wśród których co najmniej kilka można traktować jako systemy proste;
- wielkie – składające się z obiektów określanych przynajmniej jako systemy proste.

W podobnym duchu, lecz biorąc pod uwagę inny aspekt, wypowiada się W. Mróz, proponujący podział wg tych samych kryteriów na systemy [20, s. 110]:

- proste, charakteryzujące się tym, że występuje w nich mała liczba wewnętrznych powiązań i nie sprawiają trudności w opisie matematycznym;
- złożone, charakteryzujące się tym, że dają się opisać matematycznie, ale już z dużymi trudnościami z powodu rozgałęzionej struktury i większej liczby wewnętrznych powiązań;
- bardzo złożone, charakteryzujące się tym, że nie poddają się opisowi matematycznemu z powodu bardzo dużego rozgałęzienia i skomplikowanej struktury wewnętrznej.

Systemy można także podzielić ze względu na wymienialność elementów systemów, w trakcie ich działania. Systemy te dzieli się na: otwarte, domknięte oraz zamknięte.

Z kolei w ujęciu przedmiotowym i podmiotowym systemy można podzielić na: rzeczywiste (reprezentujące określoną rzeczywistość) i pojęciowe (będące pewnymi konstrukcjami myślowymi). Te pierwsze z kolei można podzielić na homogenne (jednorodne w sensie cech gatunkowych) oraz heterogenne (zespalać cechy systemowe poszczególnych klas systemów homogennych) [21, s. 10].

Jednym ze sposobów podejścia systemowego jest modelowanie, które w kontekście bezpieczeństwa państwa będzie służyć skonstruowaniu obrazu stanowiącego swoisty wzorzec. Modelowanie jest bowiem procesem konstruowania obrazu danego fragmentu rzeczywistości, zwanego oryginałem, wyrażonym w przyjętym języku (kodzie) za pomocą określonej metody badawczej i zgodnie z wiedzą przedmiotu [22, s. 76]. Natomiast modelowanie systemowe oznacza „całokształt przedsięwzięć poznawczych, związanych z tworzeniem modeli i obiektów, których znajomość cech skłania do traktowania go jako systemu” [1, s. 4]. Uwzględniając doświadczenie badacza, jego intuicję, wiedzę na temat przedmiotu badań, można wyodrębnić trzy orientacje modelowe takie jak [22, s. 108-109]:

- orientacja modelowa, której istota polega na preferowaniu kryteriów poprawności logicznej modelu w wymiarze wewnętrznym, co może odbyć się kosztem adekwatności;
- orientacja przedmiotowa, której istota polega na preferowaniu wskaźników zgodności modelu z arbitralnie wybranym fragmentem rzeczywistości, co może się odbyć kosztem poprawności logicznej modelu;
- orientacja podmiotowa, której istota polega na adaptacji zadania do możliwości i kwalifikacji podmiotu.

Dla stworzenia podstaw do pełnego przedstawienia założeń opisu systemu bezpieczeństwa narodowego niezbędne wydaje się wyjaśnienie pojęcia „model”, które rozumiane jest jako:

- „sformalizowane wyrażenie teorii lub związku, który traktujemy jako uogólnienie” [23, s. 184-187];
- konkretny interpretacyjny wyraz teorii albo jednej lub kilku hipotez [24, s. 111];
- „uproszczone odwzorowanie, często połączone z pewną schematyzacją lub stylizacją” [25, s. 51].

Po zaprezentowaniu zasadniczych problemów dotyczących istoty modelowania oraz modelu należy przedstawić typologię modeli stosowanych w badaniach systemowych. Według P. Sienkiewicza modele można podzielić ze względu na [26, s. 91]:

- cel poznawczy (rezultat modelowania);
- formę przekazu (język modelowania);
- aspekt badań systemowych.

I tak, podział modeli ze względu na cel poznawczy obejmuje modele [26, s. 91]:

- ocenowe, których istotą jest uzyskanie ocen będących wyrazem aprobaty bądź negacji dla stanu systemu;
- decyzyjne, których istotą jest uzyskanie ściśle określonych decyzji koniecznych do zapewnieniażądanego stanu systemu z uwagi na przyjęte kryteria;
- desygujące, których istotą jest pełne wyjaśnienie cech systemu.

Natomiast podział ze względu na formę przekazu obejmuje modele [26, s. 91]:

- opisowe, czyli wyrażane w języku naturalnym;
- formalne, czyli wyrażane w języku logiki;
- matematyczne, czyli wyrażane w języku matematyki.

Podział modeli ze względu na przyjmowany aspekt badań pozwala na wyróżnienie trzech zasadniczych postaci systemu, a mianowicie: morfologii, funkcjonowania i rozwoju. [26, s. 91]

Uwzględniając powyżej zaprezentowane rozważania oraz kwestie oparcia wszelkich założeń systemu bezpieczeństwa narodowego o przepisy prawa, należy stwierdzić, że postanowienia prawa regulujące funkcjonowanie systemu bezpieczeństwa narodowego nie pozwalają na jednoznaczną teoretyczną identyfikację tego pojęcia. Analiza tychże dokumentów pozwala jednak wyodrębnić wspólne cechy elementów systemu bezpieczeństwa narodowego łączące je w jedną całość z punktu widzenia właściwości organizacyjno-rzeczowych. Taki stan rzeczy, uwzględniając treści poprzedniego podrozdziału, pozwala rozpatrywać elementy systemu bezpieczeństwa narodowego w czterech ujęciach tj. w ujęciu podmiotowym, przedmiotowym, strukturalnym oraz formalnym.

W ujęciu podmiotowym elementy systemu bezpieczeństwa narodowego stanowią ogół podmiotów wykonujących określone funkcje (obowiązki) związane z zapewnieniem warunków bezpiecznego funkcjonowania struktur państwa oraz ochroną ludności i majątku narodowego przed skutkami oddziaływań kryzysowych i wojennych. Natomiast w ujęciu strukturalnym rozpatrywać je należy jako podmioty realizujące wyżej wymienione funkcje na wszystkich szczeblach organizacyjnych państwa. Wskazane powyżej założenie pozwoliło także ustalić, iż istotą ujęcia przedmiotowego jest działalność, której przedmiotem jest chronione dobro. Rozpatrywanie całokształtu działalności prowadzonej przez elementy systemu bezpieczeństwa narodowego, bez względu na to czy ma ona charakter przedmiotowy czy nie, było rozpatrywaniem tej problematyki w ujęciu formalnym. Takie

ujęcie pozwala na kompleksowe podejście do problemu funkcjonowania systemu bezpieczeństwa narodowego.

Uwzględniając zaprezentowane na wstępie warunki, jakim winien odpowiadać system oraz kompetencji organów władzy i administracji publicznej, można stwierdzić, że elementy systemu bezpieczeństwa narodowego w aspekcie prawnym:

- stanowią wyodrębnioną całość;
- posiadają określoną właściwość;
- działają w imieniu państwa;
- działają w zakresie przyznanych im kompetencji.

Wyodrębnienie polega na tym, że posiadają określoną przez prawo strukturę organizacyjną zapewniającą ich jednolitość. Wyodrębnienie, o którym mowa, dotyczy zarówno szczebla centralnego, jak i terenowego (województwa, powiatu itp.).

Właściwość udziela odpowiedzi na pytanie, jaki element jest powołany do realizacji przedsięwzięć wchodzących w obszar spraw danego rodzaju. „Dokładne określenie właściwości (...) jest konieczne (...), gdyż zapobiega to sporom kompetencyjnym i zbędnym działaniom” [27, s. 217].

Działanie w imieniu państwa należy rozumieć tak, że za efekty ich działania odpowiedzialność ponosi państwo, jako centralna i najpotężniejsza instytucja władztwa publicznego [28, s. 35-36].

Istotą działania elementów systemu bezpieczeństwa narodowego w zakresie ich kompetencji jest ich funkcjonowanie w ramach przyznanego im przez przepisy prawa określonego zakresu działania, zadań i obowiązków, pozwalających odróżnić je od innych systemów.

O kształcie systemu bezpieczeństwa narodowego decydują relacje: normatywne, informacyjne, współdziałania oraz materialne.

Relacje normatywne w postaci „Konstytucji Rzeczypospolitej Polskiej, ratyfikowanych umów międzynarodowych oraz ustaw uchwalanych przez Parlament (władzę ustawodawczą). W przypadku, gdy zapisy ustawowe w sferze bezpieczeństwa (zwłaszcza dotyczące kompetencji organów administracji publicznej) budzą kontrowersje, interpretacji poszczególnych zapisów dokonuje Trybunał Konstytucyjny (władza sądownicza). Na podstawie delegacji ustawowych Rada Ministrów lub właściwi ministrowie (...) wydają rozporządzenia, które obrazują relacje normatywne wykonawcze, dotyczące podsystemów wykonawczych systemu bezpieczeństwa narodowego. Relacje informacyjne przebiegają od otoczenia (informacje o sytuacji zewnętrznej) do wewnątrz systemu, a także od podsystemów wykonawczych (w postaci informacji o działaniach w podsystemach militarnym i niemilitarnym) do podsystemu kierowania (...)” [29, s. 33-34]. Relacje współdziałania ogólne zachodzą pomiędzy podsystemami wykonawczymi, jak również pomiędzy nimi a otoczeniem systemu bezpieczeństwa narodowego.

Wyróżnia się trzy typy relacji materialnych: finansowe, usługowe oraz usługowe i produkcyjne. Relacje finansowe charakteryzują budżetowanie wydatków przeznaczanych na zapewnienie bezpieczeństwa i przebiegają od decydenta (Parlament) do elementów systemu bez-

pieczeństwa narodowego. Relacje usługowe przebiegają od podsystemów wykonawczych do podsystemu kierowania. Relacje usługowe i produkcyjne dotyczą zaspokojenia potrzeb wszystkich elementów systemu bezpieczeństwa narodowego w zakresie wyrobów oraz usług materialnych i niematerialnych [29, s. 34].

Zanim zostanie przedstawiona konkluzja odnosząca się do dociekań przedstawionych w niniejszym podrozdziale, należy zauważyć, że nie istnieje taki opis „obiekty empirycznego jako systemu, który uwzględniałby możliwe wyniki badań systemowych, wyrażone celem poznawczym (lub praktycznym) teorii systemów. Powyższą tezę można sformułować w postaci zasady relatywności systemów, przez którą rozumiemy konieczność przyjmowania w opisie obiektu jako systemu określonego aspektu badań systemowych” [30, s. 17]. W ścisłym związku z powyższą zasadą pozostaje również zasada nieokreśloności systemów G. Weinberga, który stoi na stanowisku, że „w opisie obiektów złożonych nie jesteśmy w stanie uzyskać pewności, czy zaobserwowane ograniczenie swobody przypisać systemowi, czy też jego otoczeniu” [31, s. 47].

Reasumując, należy zauważyć, że z uwagi na charakter państwa jako organizacji oraz bezpieczeństwa narodowego wydaje się, że w badaniach systemowych modelu systemu bezpieczeństwa narodowego należy zastosować podejście morfologiczno-funkcjonalno-rozwojowe.

Uwzględniając dotychczasowe rozważania, należy stwierdzić, że system bezpieczeństwa narodowego jest wielkim systemem rzeczywistym:

- w ujęciu wąskim: składającym się z systemu działalności bieżącej, systemu zarządzania kryzysowego oraz systemu obronnego na co wskazują wieloletnie badania prowadzone przez autora (którym dał wyraz w swym opracowaniu pt. „System bezpieczeństwa państwa. Konteksty teoretyczne i praktyczne”, Szcztytno 2013);
- w ujęciu szerokim: stanowiącym ogół podmiotów prowadzących działalność na wszystkich szczeblach organizacyjnych państwa i relacji zachodzących między nimi, związaną z zapewnieniem warunków do bezpiecznego funkcjonowania państwa w sytuacjach kryzysowych, w warunkach niezagrożenia, zagrożeń niemilitarnych (pozamilitarnych) i militarnych oraz wojny.

Analiza rozwiązań prawno-organizacyjnych wskazuje na to, że system bezpieczeństwa narodowego opiera się na powszechnie obowiązującym prawie, wymagającym systematycznego doskonalenia zarówno w zakresie aktualności, jak i rozległości regulacji.

Rozległość takiej płaszczyzny działalności państwa jak zapewnienie bezpieczeństwa pozwala na dostrzeganie ścisłych związków między działalnością bieżącą a przygotowaniem obronnym i zarządzaniem kryzysowym, bowiem są one niczym więcej, aniżeli procesem „rozwiązywania napiętych sytuacji w sposób, w którym szereg współzależnych operacji jest planowany, organizowany, kierowany i kontrolowany. Wytyczany jest także kierunek procesu decyzyjnego dla osób odpowiedzialnych za podejmowanie decyzji w celu uzyskania szybkiego, lecz

nie pochopnego rozwiązania problemu, w obliczu którego znalazła się organizacja” [32, s. 150].

Zarówno teoria, jak i praktyka działalności w zakresie bezpieczeństwa dowodzi niezbicie, że podmiotem tego zarządzania jest człowiek, a jego przedmiotem – bezpieczeństwo. Związane jest to bezpośrednio z kierowaniem zespołami ludzkimi w szczególnych, trudnych i złożonych warunkach. Pozostaje to z kolei w ścisłym związku ze świadomością znaczenia kierowania na wszystkich poziomach kierowania organizacjami.

3. Wnioski

Procedury postępowania w warunkach zagrożeń, kryzysu, sytuacji kryzysowych oraz przewidywanych do realizacji w warunkach zewnętrznego zagrożenia bezpieczeństwa państwa i wojny są w pewnym zakresie jednolite dla wszystkich elementów systemu bezpieczeństwa narodowego, każdej z możliwych do badania organizacji oraz jednocześnie odmienne w zakresie wynikającym z właściwości tych elementów. Taka teza wymusza wprowadzenie optymalnych rozwiązań we wszystkich przywołanych zakresach, które w konsekwencji ma doprowadzić do doskonalenia podstaw prawnych i organizacyjnych, a w skali mikro również wprawy w realizacji zadań w sytuacjach kryzysowych. Nie ulega przecież wątpliwości, że „człowiek wykonujący jakkolwiek nową czynność spełnia ją na ogół dużo wolniej i przy większym nakładzie energii niż człowiek, który tę czynność wielokrotnie powtarzał” [33, s. 7]. Najprostszym sposobem osiągnięcia wyżej wymienionych celów jest podejście systemowe, które pozwala w odniesieniu do systemu bezpieczeństwa narodowego dostrzec: ściśle określenie granic i wnętrza systemu, niezmienną dokonanie rozróżnienia między systemem a jego otoczeniem, zupełność podziału wewnętrznego systemu na podsystemy oraz rozłączność rozpatrywanych jego części [34, s. 65]. System bezpieczeństwa narodowego może być uznany za system wielki, ponieważ:

- jest on nadsystemem dla systemów, które wchodzi w jego skład;
- w jego skład wchodzi systemy: działalności bieżącej w obszarze bezpieczeństwa, zarządzania kryzysowego i obronny;
- systemy, o których mowa powyżej, mają swoje podsystemy (kierowania i wykonawcze);
- przywołane podsystemy posiadają swoje elementy.

System ten powinien być w założeniach:

- sprawny, co oznacza, że powinien wykorzystywać zasoby państwa w sposób racjonalny bez zbędnego marnotrawstwa oraz w odpowiednim czasie;
- skuteczny, co sprowadza się do realizacji takich przedsięwzięć, które gwarantują pełne bezpieczeństwo państwa i wszystkich jego komponentów.

Literatura

1. Sienkiewicz P., Urbanek M., Kinasiewicz M., *Zastosowanie modeli analizy sytuacji polityczno-militarnej i społeczno-ekonomicznej do oceny potencjałów bojowych i struktur organizacyjnych Sił Zbrojnych RP* [w:] *Doskonalenie*, Program naukowy AON, Warszawa 1992.
2. Rogucki A., *Analiza systemów w planowaniu obrony. Aspekty ekonomiczno-polityczne*, Wyd. MON, Warszawa 1975.
3. Zieleniewski J., *Organizacja zespołów ludzkich*, PWN, Warszawa 1964.
4. Kuleszyński L., *Dowodzenie wojskami a cybernetyka*, Wyd. MON, Warszawa 1967.
5. Kieżun W., *Podstawy organizacji i zarządzania*, Książka i wiedza, Warszawa 1975.
6. Sienkiewicz P., *Teoria efektywności systemów kierowania, Tom I – wstęp do systemologii*, Wyd. ASG WP, Warszawa 1979.
7. Kopaliński W., *Słownik wyrazów obcych i zwrotów obcojęzycznych z almanachem*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1994.
8. Szymczak M. (red. nauk.), *Słownik języka polskiego, tom III*, PWN, Warszawa 1981.
9. Sobol E. (red. nauk.), *Słownik wyrazów obcych*, PWN, Warszawa 1995.
10. Arnold A., *Słownik języka polskiego*, Wydawnictwo szkolne PWN, Warszawa 2011.
11. Koźmiński A.K., Piotrowski W., *Zarządzanie, teoria i praktyka*, PWN, Warszawa 2000.
12. *Nowa encyklopedia powszechna*, PWN, Warszawa 1995.
13. *Leksykon wiedzy wojskowej*, MON, Warszawa 1979.
14. Sienkiewicz P., *Inżynieria systemów*, MON, Warszawa 1983.
15. Habr J., Veprek J., *Systemowa analiza i synteza*, PWE, Warszawa 1976.
16. Kulikowski R., *Sterowanie w wielkich systemach*, WNT, Warszawa 1970.
17. Kieżun W., *Sprawne zarządzanie organizacją*, Szkoła Główna Handlowa, Warszawa 1997.
18. Sienkiewicz P., *Podstawy teorii systemów*, Wyd. AON, Warszawa 1993.
19. Mróz W., *Kierowanie i organizacja pracy sztabowej w okresie pokoju*, Wyd. MON, Warszawa 1993.
20. Górski P., *Zastosowanie modelowania systemowego do opisu wybranych elementów systemu obronnego państwa*, Wyd. AON, Warszawa 1998.
21. Sienkiewicz P., *Systemy kierowania*, Wiedza Powszechna, Warszawa 1974.
22. Krzyżanowski L., *Podstawy nauk o organizacji i zarządzaniu*, PWN, Warszawa 1994.
23. Barton R.F., *Wprowadzenie do symulacji gier*, PWN, Warszawa 1989.
24. Bojarski W.W., *Podstawy analizy i inżynierii systemów*, Warszawa 1984.
25. Sienkiewicz P., *Inżynieria systemów kierowania*, Warszawa 1988.
26. Ochendowski E., *Prawo administracyjne*, Dom Organizatora, Toruń 1999.
27. Stawecki T., Winczorek P., *Wstęp do prawodawstwa*, Wyd. C.H. Beck, Warszawa 1999.
28. Górski P., *Aspekty niemilitarne systemu obronnego państwa* [w:] *Współdziałanie struktur organizacyjnych resortu spraw wewnętrznych i administracji z pozostałymi elementami systemu obronnego*, Kulczycki R. Wiśniewski B. (red.), MSWiA, Warszawa 2005.
29. Weinberg G., *Myslenie systemowe*, Wydawnictwa Naukowe i Techniczne, Warszawa 1979.
30. Armstrong M., *Jak być lepszym menedżerem*, Dom Wydawniczy ABC, Warszawa 1997.
31. Frąckiewicz J., *Organizacja pracy i kierowania*, PWE, Warszawa 1969.
32. Sienkiewicz P., *Analiza systemowa. Podstawy i zastosowania*, Wyd. Bellona, Warszawa 1994.
33. Penc J., *Nowe perspektywy zarządzania. Ku etycznemu paradygmatowi zachowań w organizacji*, [w:] *Etyka w zarządzaniu Policją*, Letkiewicz A. (red.), Wyd. WSPOL, Szczytno 2011.
34. Wiśniewski B., *System bezpieczeństwa państwa. Konteksty teoretyczne i praktyczne*, Wyd. WSPOL, Szczytno 2013.

dr hab. Bernard Wiśniewski – profesor nadzwyczajny Wyższej Szkoły Policji w Szczytnie oraz Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Dyrektor Regionalnego Centrum Badań nad Bezpieczeństwem w Białymstoku-Białej. Członek Rady Naukowej Centrum Badań nad Terroryzmem Collegium Civitas oraz „Rocznika bezpieczeństwa morskiego” wydawanego przez Akademię Marynarki Wojennej w Gdyni. Autor ponad dwustu opracowań naukowych i popularno-naukowych opublikowanych w Polsce oraz w Niemczech, Czechach, Słowacji, Wielkiej Brytanii, Litwie i Stanach Zjednoczonych. Specjalizuje się w problematyce bezpieczeństwa narodowego, bezpieczeństwa wewnętrznego państwa, zarządzania kryzysowego, przygotowań obronnych administracji publicznej oraz edukacji dla bezpieczeństwa.

mgr **Marta WOŁOSIAK**¹mgr **Ewa MICHALSKA**¹

Przyjęty/Accepted/Принята: 11.12.2013;

Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 16.11.2014;

Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

BADANIA EWALUACYJNE JAKO NARZĘDZIE SPRAWNEGO ZARZĄDZANIA²

Evaluation Study as an Efficient Management Tool

Оценочные исследования в качестве инструмента эффективного управления

Abstrakt

Cel: Przedstawienie pojęcia badań ewaluacyjnych. Autorki skupiają się na wykorzystaniu ewaluacji w zarządzaniu, gdzie służy ona podniesieniu efektywności i użyteczności wdrażanych działań. Artykuł przedstawia wzrost zainteresowania badaniami ewaluacyjnymi i zwiększoną częstotliwość ich użycia jako wynik intensywnej praktyki w zakresie wdrażania programów, projektów i innych pomniejszych interwencji w zakresie zarządzania organizacjami. Autorki pragną skłonić odbiorcę do wnikliwszego zapoznania się z pojęciem i wprowadzenia go do praktyki organizacji.

Wprowadzenie: W niniejszym artykule pokrótce scharakteryzowano pojęcie badań ewaluacyjnych, jego etymologię oraz specyfikę na tle wyrażen takich jak „kontrola”, „audyt” czy „monitoring”. Przedstawiono historię ewaluacji – jej genezę. Autorki wyszczególniły podstawowe kryteria ewaluacyjne, a także starały się przybliżyć czytelnikowi, w świetle wcześniejszych informacji, najczęściej używane typologie badań ewaluacyjnych. Artykuł ukazuje badania ewaluacyjne jako szczególny typ działań nastawionych na usprawnienie zarządzania. Ich wyjątkowość polega na wieloaspektowości – podejściu do badań nie tylko od strony badanego zjawiska, procesu, ale także na wykorzystaniu kontekstu i silnego sprzężenia na linii działanie – poddani działaniu. W tym kontekście ewaluacja jawi się jako bardzo demokratyczna i egalitarna metoda badawcza, co silnie wpływa na jej użyteczność w praktyce.

Wnioski: Od wielu dekad ewaluacja jest użyteczną i przynoszącą wymierne skutki dla procesu efektywnego zarządzania formą praktycznego wykorzystania dorobku nauk społecznych. Badania ewaluacyjne, z uwagi na traktowanie jako ich istoty nie tyle samego działania, co jego silnej korelacji z bezpośrednimi odbiorcami i otoczeniem społecznym, są szczególnym przykładem metody służącej poprawie jakości zarządzania. Ewaluacja jest więc ciekawą propozycją dla praktyków silnie nastawionych na usprawnienie organizacji.

Znaczenie dla praktyki: Przedstawienie badań ewaluacyjnych jako możliwości działania w obszarze zarządzania. Zapoznanie czytelnika z podstawową wiedzą w zakresie ewaluacji, jej podstawowych kryteriów i typów oraz kontekstów ich wykorzystania. Dzięki praktycznemu użyciu badań ewaluacyjnych możliwe będzie zwiększenie efektywności procesów zarządzania zarówno od strony merytorycznej, jak i administracyjnej.

Słowa kluczowe: badania ewaluacyjne, ewaluacja, zarządzanie, efektywność, nauki społeczne, ocena, kryteria, interwencja, projekt, Unia Europejska

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Abstract

Aim: To introduce the concept of evaluation studies. The authors focus on the use of evaluation in management, where the concept is used to increase the efficiency and benefits of implemented actions. The article reveals the growth of interest in evaluation studies and increased frequency of its usage as a result of its intensive implementation in programmes, projects and other lesser interventions within the scope of organisational management. The authors wish to encourage readers to familiarize themselves with the concept and to introduce it within their area of business activity.

Introduction: In this article the authors briefly characterized the concept of evaluation studies, its etymology, as well as its specific character in relation to phrases such as “control”, “audit” or “monitoring”. The article presents a history of evaluation, its roots and

¹ Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy, ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów, mwolosiak@cnbop.pl / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland;

² Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

origins. The authors listed the basic criteria of evaluation and tried to familiarize the reader, in light of prior information, with the most frequently used approaches engaged in evaluation studies. The article presents evaluation studies as a distinctive series of actions aimed at improving management of an organisation. The uniqueness of evaluation study stems from its multi-dimensionality; a research approach, which evaluates a situation from several aspects, not only from the standpoint of observed events or process, but also from the use of context and strong correlation between action, and elements exposed to action. In such circumstances evaluation is seen as a highly democratic and egalitarian method of research, which strongly impacts on its usability in practice.

Conclusions: For many decades evaluation, a practical application of achievements in social sciences, has generated benefits and brought measurable results to effective organisational management processes. Evaluation studies, because of their fundamental nature, not only as an isolated activity but in tandem with the strong correlation between beneficiaries and social environment, provides a specific example of an approach, which helps to improve the quality of management. Evaluation is therefore an interesting option for practitioners who are strongly focused on improving an organization.

Practical Benefits: Presentation of evaluation studies as a tool, which may be harnessed in the field of management. Familiarise the reader with basic knowledge in the sphere of evaluation studies, its fundamental criteria, types and contexts of use. With the practical application of evaluation studies it will be possible to increase the effectiveness of management processes in terms of decision making and performance.

Keywords: evaluation studies, evaluation, management, efficiency, social science, valuation, criteria, intervention, project, European Union

Type of article: review article

Аннотация

Цель: Представить понятие оценочных исследований. Авторы обращают особое внимание на использование оценивания в процессе управления, в котором оно способствует повышению эффективности и практичности внедряемых действий. Статья указывает, на то, что оценочные исследования набирают популярность и всё чаще используются в качестве результата интенсивной практики в области внедрения программ, проектов и других менее крупных действий во время управления организациями. Авторы хотели бы призвать читателя узнать больше об этом понятии и внедрить его в практику организации.

Введение: В данной статье коротко охарактеризовано понятие „оценочные исследования”, его этимологию и специфику на фоне таких выражений как „контроль”, „аудит” или „мониторинг”. Представлена история оценивания – его корни и генезис. Авторы указали основные оценочные критерии, а также старались приблизить читателю, в свете указанной ранее информации, наиболее часто используемые типологии оценочных исследований. Статья показывает оценочные исследования как особый вид действий, направленных на совершенствование управления. Их особенность заключается в их многомерности - подходу к исследованиям не только со стороны исследуемого явления, процесса, но также в использовании контекста и сильной взаимосвязи между действием и субъектами действия. В этом контексте оценивание представляет собой очень демократический и эгалитарный исследовательский метод, что сильно влияет на его целесообразность в практике.

Выводы: На протяжении многих десятилетий оценивание является полезной и приносящей заметные эффекты для процесса эффективного управления формой практического использования достижений общественных наук. Оценочные исследования, из-за восприятия их как сущности не только самого действия, но также сильной взаимосвязи с непосредственными получателями и общественной средой, являются особым примером способа улучшения качества управления. Поэтому оценивание является интересным предложением для практиков, направленных на улучшение управления организации.

Значение для практики: Представление оценочных исследований как возможности действий в области управления. Ознакомление читателя с основными знаниями в области оценивания, его основных критериев, типов и целей их использования. Благодаря практическому использованию оценочных исследований можно будет повысить эффективность процессов управления как с мериторической, так и с административной стороны.

Ключевые слова: оценочные исследования, оценивание, управление, эффективность, общественные науки, оценка, критерии, интервенция, проект, Европейский Союз

Вид статьи: обзорная статья

1. Wstęp

Specyfiką nauk społecznych jest ich złożoność i szeroki wachlarz zastosowań. Ich celem jest uchwycenie, zdiagnozowanie i opisanie mechanizmów rządzących społeczeństwem, z zachowaniem szerszego kontekstu, jakim jest jego otoczenie. Na tak pojmowane otoczenie społeczne składa się szereg ludzkich aktywności, między innymi praca, nauka, działalność polityczna, ekonomia i gospodarka.

Na styku zarządzania i nauk społecznych usytuowane są badania ewaluacyjne, które mają za zadanie ocenę i monitorowanie wdrażanych interwencji. Badania ewaluacyjne są silnie związane z meritem nauk społecznych. Zapożyczona z nich wiedza i metody służą procesowi racjonalizacji i zwiększenia efektywności prowadzonych

bądź będących w planach polityk, programów czy projektów. Z drugiej strony badania ewaluacyjne, jako zinstytucjonalizowane działanie, składają się na szeroko pojętą praktykę nauk społecznych i jak twierdzi Kazimierz W. Frieske, stają się ważnym elementem demokratyzacji i partycypacji obywateli w życiu zbiorowym [2].

Pojęcie ewaluacji stało się w Polsce szczególnie uważane wraz z akcesją do Unii Europejskiej i zwiększoną aktywnością polskich podmiotów w projektach europejskich. Również w programach i projektach krajowych spotykamy się z ewaluacją, której znaczenie wciąż rośnie. Beneficjenci różnego rodzaju przedsięwzięć są coraz częściej zainteresowani wykorzystaniem ewaluacji w praktyce badawczej.

Zagadnienie ewaluacji dotyczy jednak nie tylko silnie zinstytucjonalizowanych programów i projektów na poziomie międzynarodowym czy krajowym. Coraz częściej staje się również częścią składową procesu efektywnego zarządzania. Dlatego też warto zapoznać się z poruszanym pojęciem. Czym jest ewaluacja? Jaka jest jej geneza i rodzaje? Czego dowiemy się dzięki ewaluacji? Na te i inne pytania autorki postarają się odpowiedzieć w poniższym artykule, będącym krótkim wprowadzeniem do badań ewaluacyjnych.

2. Czym jest ewaluacja?

Lingwistycznie pojęcie ewaluacji sięga swoimi korzeniami do łacińskiego *valeo-ere*, oznaczającego „mieć się dobrze”, „być coś wartym”. Język angielski *evaluation* i francuski *évaluation* zapożyczyły łacińskie wyrażenie i upowszechniły je w innych językach. Angielskie *valuation* znaczy „wartościować”, „oceniać”, natomiast przedrostek „e-” nawiązuje najprawdopodobniej do łacińskiego *ex-*, czyli „od”, „z”, i może wskazywać na wynikowość ewaluacji, czyli rozpatrywanie jej jako skutku tego, co dzięki niej otrzymaliśmy [3].

W wielu wypowiedziach i publikacjach termin ewaluacja czy badania ewaluacyjne jest błędnie utożsamiany z „kontrolą”, „monitoringiem” czy „audytem”. Podczas gdy ewaluacja opiera się na ściśle określonych kryteriach i standardach, a także czerpie z metod badań społecznych, „kontrola” jest działaniem bazującym na aspektach prawno-finansowych i koncentruje się na wyszukiwaniu nieprawidłowości, a jej efektem są skonstruowane wnioski i zalecenia. Kontrola może mieć charakter zdarzenia punktowego, badającego jedynie pewien wycinek z całości. „Monitorowanie” jest natomiast systematyczną obserwacją programu czy projektu, z jednoczesną analizą jego przebiegu pod kątem założonych celów. „Audyty” skupia się na porównywaniu działania z przepisami prawnymi i narzuconymi standardami. Podczas audytu badana jest w szczególności zgodność wykorzystania zasobów finansowych i materialnych.

Ewaluacja, rozumiana w kontekście pewnego rodzaju działania czy procesu, jest częścią badań społeczno-ekonomicznych realizowanych w celu oceny jakości i efektów prowadzonych działań [4]. Leszek Korporowicz przedstawił ewaluację w kontekście jej użyteczności jako „systematyczne badanie wartości albo cech konkretnego programu, działania bądź obiektu z punktu widzenia przyjętych kryteriów w celu ich usprawnienia, rozwoju lub lepszego rozumienia” [5]. Tak skonstruowana definicja uwypukla użyteczny charakter ewaluacji, zorientowany na podniesienie szeroko pojętej efektywności jej przedmiotu. Posługiwanie się tego rodzaju definicją zwraca uwagę na istotność badań ewaluacyjnych w praktyce zarządzania. Henri Fayol, klasyk zarządzania, zdefiniował zarządzanie jako sumę poszczególnych jego funkcji: planowania, organizowania, motywowania, koordynowania i kontrolowania [6]. Badania ewaluacyjne wpisują się i mogą być wykorzystane w każdym etapie (funkcji) zarządzania. Dodatkowo na tej płaszczyźnie wyraźnie rysuje się silne powiązanie między badanym zjawiskiem, jego odbiorcami i ich otoczeniem społecznym. Takie po-

strzeganie ewaluacji, jako „uwzględniania potrzeb i opinii wielu podmiotów społecznych jako pełnoprawnych uczestników realizowanych działań” [7] sprzyja wykorzystywaniu badań ewaluacyjnych jako narzędzia demokratyzacji procesu zarządzania i jego dostosowania do rzeczywistych potrzeb badanych podmiotów.

Na użyteczność ewaluacji zwróciły uwagę także instytucje Unii Europejskiej wdrażające fundusze strukturalne. W rozporządzeniu Komisji Europejskiej możemy znaleźć charakterystykę ewaluacji jako działania prowadzonego w celu poprawy „jakości, skuteczności i spójności pomocy funduszy oraz strategii i realizacji programów operacyjnych w odniesieniu do konkretnych problemów strukturalnych dotyczących dane państwa członkowskie i regiony, z jednoczesnym uwzględnieniem celu w postaci trwałego rozwoju i właściwego prawodawstwa wspólnotowego” [1]. Oznacza to, że badania ewaluacyjne mogą być postrzegane jako element sprawnego zarządzania i wykorzystywane w administracji również na poziomie międzynarodowym. Ewaluacja często służy weryfikowaniu, wedle określonych kryteriów, wprowadzanych przez władze publiczne polityk i programów mających służyć określonym grupom ludzi bądź wszystkim członkom społeczeństwa. Społeczeństwo jest osią szeroko rozpowszechnionej definicji ewaluacji autorstwa Petera H. Rossiego, Howarda E. Freemana i Marka W. Lipseya, gdzie ewaluację określa się jako „wykorzystanie metod badań społecznych do systematycznego określania efektywności programów społecznych pod względem tego, w jaki sposób adaptują się do swojego otoczenia organizacyjnego i politycznego oraz w jaki sposób odpowiadają na potrzeby informacyjne, których zaspokojenie oznacza w założeniu poprawę sytuacji społecznej” [8]. Zwraca się tu szczególną uwagę na potencjał ewaluacji jako siły naprawczej i spójny między wprowadzającymi działania a ich odbiorcami.

3. Historia ewaluacji

Za załączek ewaluacji, czyli oceny wprowadzanego działania, uznaje się badania nad szkolnictwem i systemem oświaty w Stanach Zjednoczonych w XIX wieku. Przyczyną rozwoju ewaluacji była postępująca liberalizacja życia społecznego i stopniowe wprowadzanie reform społecznych, z reformą edukacji i polityki społecznej na czele. Wdrażanie coraz nowszych usług społecznych spowodowało konieczność badania ich efektywności, użyteczności i przede wszystkim adekwatności wykorzystania środków finansowych. Na standaryzację i ujednolicenie kryteriów ewaluacji miały wpływ nowe metody zarządzania pomysłu F. Tylora. Położenie nacisku na efektywność, standaryzację i racjonalność przygotowało grunt pod rozwój badań ewaluacyjnych. W drugiej połowie XX wieku ewaluacja trafiła na podatny grunt do dalszego rozwoju i ekspansji na inne dziedziny życia społecznego, dzięki rosnącej liczbie propagatorów racjonalności i efektywnego zarządzania.

W latach 40. XX wieku ukazała się publikacja Ralpha W. Tylera, który został uznany za pierwszego liczącego się w świecie nauki teoretyka ewaluacji. R.W. Tyler sformułował definicję „ewaluacji zorientowanej na cele” (*ob-*

jectives-oriented evaluation), w której ewaluator na zasadzie porównania konfrontuje programowe cele interwencji z ich rezultatami wyrażonymi za pomocą obserwowalnych wskaźników [9]. Można więc zaryzykować stwierdzenie, że w poglądach R. W. Tylera, ewaluacja jest weryfikowaniem hipotezy wyrażonej w postaci celów interwencji sformułowanych na jej początkowym etapie.

W późniejszych dekadach proces badań ewaluacyjnych został upubliczniony i podlegał stopniowej demokratyzacji. Wyrażało się to w próbach przedstawiania ewaluacji jako skutecznego narzędzia zarządzania i rządzenia politykami publicznymi. Badania oceniające miały pełnić funkcję filtra oddzielającego „dobre praktyki” od „złych praktyk”, a tym samym miały prowadzić do lepszego kształtowania się polityki. W latach 70. zmienił się sposób patrzenia na wyniki ewaluacji. W tamtym okresie ich priorytetowym zadaniem było edukowanie wdrażających w obszarze danej polityki. Ewaluacja miała stanowić klucz do otwarcia publicznej debaty na temat innowacyjności. Jej kluczową funkcją w tamtym okresie było więc zorganizowanie płaszczyzny wspólnej dyskusji i zobrazowanie walorów edukacyjnych. Lata 70. to także okres przyspieszonej instytucjonalizacji ewaluacji jako podejścia badawczego. Wraz z końcem XX wieku kluczową funkcją ewaluacji zaczęła stanowić analiza kosztów i korzyści, a konkretnie zmniejszanie kosztów przy zachowaniu zadowalających rezultatów programów, projektów i działań.

Środowisko ewaluatorów stopniowo organizowało się w większe zbiorowości, najczęściej obejmujące powierzchnię jednego kraju. Z biegiem czasu powoływano także towarzystwa ewaluacyjne o szerszym zasięgu, między innymi *European Evaluation Society* (1994). Ewaluacja krok po kroku wkraczała na uniwersytety i uczelnie wyższe, gdzie tworzone katedry i instytuty kształcały w dziedzinie badań ewaluacyjnych. Do promowania ewaluacji w szczególności przyczyniła się Unia Europejska, która doceniała jej wpływ na polepszanie jakości prowadzenia swoich polityk i strategii. W Polsce ewaluację instytucjonalizowano stosunkowo późno, w 2000 roku powstało Polskie Towarzystwo Ewaluacyjne.

4. Kryteria i typologie ewaluacji

Przygotowując ocenę danego działania musimy przyjąć pewne punkty odniesienia. W przypadku ewaluacji punktami służącymi za podstawę do formułowania pytań badawczych są kryteria ewaluacyjne. Wymagane jest, by pytania badawcze odnosiły się przynajmniej do jednego z kryteriów. Stosowanie się do ściśle określonych kryteriów jest istotne z punktu widzenia zachowania porządku i przejrzystości oceny. Wynika to ze specyfiki ewaluacji, która polega na ocenie badanego działania i jego wartości. Aby uniknąć mnożenia punktów widzenia i dostosowywania każdorazowo wartości do mierzalnych kryteriów, z góry przyjęte zostało pięć podstawowych kryteriów ewaluacyjnych: trafność/odpowiedniość (*relevance*), skuteczność (*effectiveness*), efektywność (*efficiency*), użyteczność (*utility*) i trwałość (*sustainability*).

Trafność ocenia zgodność celów i metod działania będącego przedmiotem ewaluacji z rzeczywistymi proble-

mami i potrzebami zidentyfikowanymi w diagnozie. Skuteczność ma za zadanie zweryfikowanie osiągnięcia celów działania zakładanych na etapie planowania. Analiza zależności między efektami działania a zasobami (finansowymi, ludzkimi) wykorzystanymi na jego realizację to kryterium efektywności. Użyteczność, istotna w ewaluacji po zakończeniu interwencji, bada uzyskane efekty, planowane i uboczne, w odniesieniu do potrzeb otoczenia, na które interwencja miała oddziaływać. Dzięki kryterium użyteczności uzyskujemy informację, czy wyniki działania są przydatne dla poddanego działaniu segmentu odbiorców. Bezpośrednio po zakończeniu interwencji, oraz w perspektywie długookresowej (czyli po 2-3 latach od zakończenia), używamy do ewaluacji kryterium trwałości, czyli oceniamy permanentność efektów, ich ciągłość [4]. To, jakimi kryteriami posługujemy się w danym momencie badania ewaluacyjnego, zależy w dużej mierze od praktykowanego rodzaju ewaluacji. Jednakże użycie poszczególnych kryteriów jest także ściśle skorelowane z dostępnymi środkami finansowymi oraz dostępnością niezbędnych do oceny materiałów.

W zależności od tego, jakie przyjmujemy kryterium, możemy wyróżnić kilka typologii ewaluacji. Gdy skupimy się na podmiocie ewaluacji, możemy wyróżnić ewaluację polityki bądź strategii (w najszerszym ujęciu), ewaluację programu (długoterminowego, sekwencyjnego, złożonego z wielu różnych, dających się odseparować działań), ewaluację projektu (rozumianego jako całość charakteryzującą się założonymi celami i dysponującą określonymi zasobami), czy w końcu na najniższym poziomie, tzw. poziomie mikro – ewaluację działania bądź interwencji (świadomego dążenia do osiągnięcia założonego celu).

W literaturze przedmiotu oraz w praktyce możemy spotkać się z podziałem na ewaluację zewnętrzną i wewnętrzną. Pierwsza z nich jest wykonywana przez zewnętrznego, wykwalifikowanego i wyspecjalizowanego w prowadzeniu badań ewaluacyjnych podmiot, który obiektywnie i niezależnie wykona powierzoną ewaluację. W tego typu badaniu mamy pewność, iż zostanie ona przeprowadzona przez eksperta posiadającego kompetencje określone przez organ nadzorujący. Ewaluacja wewnętrzna polega z kolei na „realizowaniu oceny przez podmioty bezpośrednio zaangażowane we wdrażanie danej interwencji” [4]. W przypadku ewaluacji realizowanej przez zaangażowany podmiot istnieje duże ryzyko utraty obiektywizmu. W tym wypadku wzrastają w instytucji również nakłady czasu, pracy i personelu. Rekompensować może to jednak efektywniejsze wykorzystanie wyników ewaluacji w praktyce i jej szybsze wdrożenie, które zostanie zapewnione przez utrzymywanie stałej relacji z ewaluowanym środowiskiem.

Kryterium różnicującym rodzaje ewaluacji może być także jej zakres. W takim przekrojowym ujęciu można wyróżnić ewaluację tematyczną, horyzontalną i sektorową. Specjalnym rodzajem przekrojowej, szeroko zakrojonej ewaluacji jest metaewaluacja, czyli ocena innej ewaluacji lub całego ich zbioru. Tego typu narzędzie jest wykorzystywane jako element kontroli i nadzoru nad realizowaniem procesu badawczego.

Najbardziej rozpowszechnionym, najczęściej stosowanym i najwyraźniej różnicującym podziałem jest ten na ewaluację wstępną, ewaluację okresową i ewaluację końcową³. Typy ewaluacji zostały tu rozróżnione za pomocą kryterium momentu przeprowadzenia badania, czyli umieszczenia go w wybranej fazie realizacji interwencji.

Ewaluacja wstępna, czyli *ex-ante*, jest inaczej nazywana oceną szacunkową i wykonywana jest jeszcze przed wejściem w życie badanego obiektu (rozumianego jako program/projekt/działanie). Podstawowym zadaniem ewaluacji *ex-ante* jest zweryfikowanie założeń działania z rzeczywistymi potrzebami społecznymi, gospodarczymi itp. Ewaluatorzy koncentrują się na ocenie wewnętrznej spójności działania, a także dokonują jego weryfikacji od strony formalnej z uwzględnieniem aspektu prawnego i ekonomicznego. W szczególności zwraca się uwagę na różnego rodzaju harmonogramy działania czy plany finansowe⁴. W celu przeprowadzenia pogłębionej oceny wstępnej niezbędne jest zidentyfikowanie potrzeb adresatów danego działania oraz podobnych pod względem celów i założeń interwencji, zarówno zakończonych, jak i będących w toku realizacji. Należy również odnieść się do szeroko pojętego kontekstu – sytuacji ekonomicznej, społecznej i gospodarczej, która będzie stanowiła tło dla planowanych działań. Ewaluacja *ex-ante* diagnozuje słabe i mocne strony działania, jego potencjalne zagrożenia i możliwości. Wyniki dobrze i profesjonalnie przeprowadzonej ewaluacji *ex-ante* mogą stać się punktem wyjścia dla późniejszej ewaluacji, kontroli czy monitoringu. Ostatecznym celem ewaluacji *ex-ante* jest przygotowanie zbioru wniosków mających posłużyć ulepszeniu wprowadzanej interwencji.

W artyku 41 Rozporządzenia (WE) Rady NR 1260/1999 z dnia 21 czerwca 1999 roku ustanawiającego przepisy ogólne w sprawie funduszy strukturalnych (Dz. U. L. 161/1) możemy znaleźć zapis, iż „celem oceny *ex-ante* jest dostarczenie podstaw do przygotowania planów rozwoju, pomocy oraz uzupełnienia programu, których częścią jest ocena”. Równocześnie w Rozporządzeniu wskazane zostały różne obszary szczególnego zainteresowania ewaluacji wstępnej, takie jak na przykład konkurencyjność i innowacyjność działania, zasady ochrony środowiska i zrównoważonego rozwoju czy równości płci na rynku pracy.

W ewaluacji *ex-ante* szczególny nacisk kładziemy więc na poniższe kryteria:

- spójność (wewnętrzną – spójne cele programu i zewnętrzną – spójność z szerszym kontekstem, szerszą strategią działania, w którą wpisuje się interwencja),
- racjonalność (adekwatność wyboru środków do realizacji zakładanych celów),
- trafność (zgodność założeń z realnymi potrzebami),
- skuteczność (zakładany stopień zrealizowania celów),

- etyczność (zgodność działania z powszechnie obowiązującym systemem wartości, bez naruszania norm i dobrych obyczajów) [3].

Metodą badawczą powszechnie stosowaną w przypadku ewaluacji wstępnej jest tzw. *desk research*, bazujący na dokumentacji projektowej, dokumentach strategicznych, ewaluacjach wcześniejszych/podobnych działań, danych diagnostycznych opisujących kontekst społeczno-ekonomiczny. Często używa się także modeli logicznych czy też zestawień na zasadzie porównania dwóch możliwych scenariuszy [4].

W trakcie trwania programu, projektu czy działania możemy mieć do czynienia z dwoma rodzajami ewaluacji: *mid-term* i *on-going*. Pierwsza z nich polega na przeprowadzeniu oceny w połowie cyklu trwania wdrażanego działania. Korzysta się z niej przede wszystkim w przypadku długofalowych procesów, które wymagają większej liczby okresów kontrolnych. Ewaluacja *mid-term* staje się więc strażnikiem czuwającym nad prawidłowym przebiegiem wdrażania działania. Zgodnie z definicją przyjętą przez instytucje Unii Europejskiej ewaluacja *mid-term* to „ocena prowadzona w połowie okresu programowania badająca, w świetle oceny *ex-ante*, wstępne wyniki pomocy, ich przydatność oraz stopień osiągnięcia celów. Ocenia także wykorzystanie środków finansowych oraz działania monitorowania i wykonania” [1]. Śródkresowa ocena jest więc pierwszą okazją do weryfikacji jakości prowadzenia działań i ich rezultatów. Jako że interwencja nie odbywa się w próżni, możliwe jest odczuwanie pewnych zmian otoczenia społeczno-gospodarczego, potrzeb beneficjentów czy nastrojów społecznych. W takim przypadku ewaluacja daje możliwość ich identyfikacji i prowadzi do sporządzenia wniosków celem dostosowania interwencji do nowych warunków. Za kryteria ewaluacyjne na tym etapie przyjmujemy:

- skuteczność (na danym etapie),
- efektywność (zależność między dotychczasowymi nakładami i efektami),
- spójność (gdy konieczna jest weryfikacja i ponowne dostosowanie celów do wymogów wewnętrznych i zewnętrznych),
- użyteczność (adekwatność efektów z dotychczasowych etapów z rzeczywistymi potrzebami).

Najczęściej spotykaną metodą badawczą w tej fazie działania jest analiza danych zastanych, takich jak raporty z monitoringu i wewnętrzne dokumenty [10].

Drugim rodzajem ewaluacji prowadzonej w trakcie trwania interwencji jest ewaluacja bieżąca, czyli *on-going*. Działanie wymaga zastosowania tego typu oceny w przypadku wystąpienia w toku jego trwania doraźnych problemów czy barier. Ewaluator skupia się na wąskim wycinku działania (badanie punktowe), kilku wycinkach tego samego typu lub, jeżeli zauważalnych komplikacji jest więcej, kilku wycinkach różnego typu. Głównym zadaniem ewaluatora jest przygotowanie zaleceń i wskazówek w celu usprawnienia działania, podniesienia jego wydajności i efektywności. Kontekst oceny w tym

³ Po raz pierwszy podział taki zinstytucjonalizowany został przez Radę Wspólnot Europejskich w 1999 roku.

⁴ W przypadku projektów finansowanych z programów unijnych, na tym etapie ocenia się także adekwatność przedstawionych założeń z wymaganiami konkursowymi.

typie ewaluacji skupia się na działaniach zarządczych i menadżerskich.

W ewaluacji *on-going*, podobnie jak w ewaluacji *mid-term* badacz kieruje się kryterium skuteczności i efektywności, a dodatkowo, czego nie wykorzystuje w tak dużym stopniu w ewaluacji *mid-term*, trafności (badanie adekwatności założonych celów do zmieniających się potrzeb).

Analiza danych zastanych, podobnie jak w przypadku ewaluacji *mid-term*, może być główną metodą badawczą wykorzystywaną w ewaluacji *on-going*. Ewaluatorzy korzystają jednak coraz częściej z metod tradycyjnej socjologii, czyli badań ilościowych (bazujących na miernikach statystycznych i wnioskowaniu statystycznym) i jakościowych [głównie uczestniczących, czyli angażujących ewaluatora w proces interakcji z jednostką wdrażającą działanie, są to na przykład wywiady pogłębione, warsztaty, zogniskowane wywiady grupowe (tzw. fokusy) czy obserwacja] [4].

Po zakończeniu działania nastaje czas na przeprowadzenie najczęściej spotykanej i najobszerniejszej z ewaluacji – ewaluacji końcowej, czyli *ex-post*. Zgodnie z wytycznymi Unii Europejskiej ewaluację końcową należy przeprowadzić najpóźniej na trzy lata po zakończeniu interwencji. Często spotykaną praktyką jest dualne przeprowadzenie ewaluacji końcowej: bezpośrednio po zakończeniu działania i w 2-3 lata po tej dacie. Możliwe jest zamienne używanie nazw ewaluacja *ex-post* i ewaluacja „podsumowująca”, co jest związane z całościową formą prowadzenia oceny. Ewaluacja *ex-post* ma za zadanie odpowiedzieć na pytanie o rezultaty interwencji, jej znaczenie i stopień odpowiedzi na potrzeby beneficjentów. Jednocześnie, tego rodzaju podsumowanie stanowi kompendium wiedzy o interwencji dla decydentów – określa, co zostało już dokonane i jakiego typu wyzwania oraz zadania należy teraz obrać za cel.

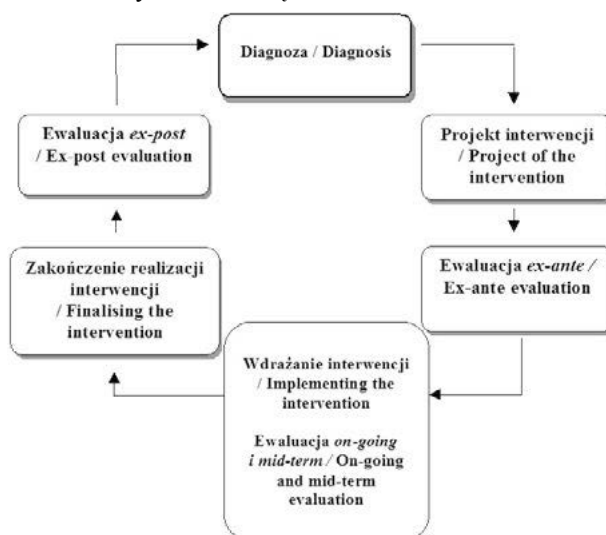
W ewaluacji *ex-post* punktem centralnym oceny są realne efekty wdrażanych działań, a także ich wpływ i oddziaływanie na odbiorców. Dodatkowo, co nie mniej ważne, mierzone jest spełnienie początkowych zamierzeń interwencji, zarówno merytoryczne, jak i w kontekście administracyjno-zarządczym. Stąd też ewaluatorzy koncentrują się także na weryfikacji wykorzystania środków finansowych i pozafinansowych, wypełnieniu ustalonych harmonogramów i spełnieniu innych kryteriów (np. upowszechnianiu wyników działania, prowadzenia działalności edukacyjnej i informacyjnej na temat wdrażania interwencji i jej skutków o dużej doniosłości w danej dziedzinie). Dzięki ewaluacji *ex-post* możliwe jest odnalezienie przyczyn sukcesu bądź niepowodzenia działania, a także zbadanie trwałości jego rezultatów. Ewaluacja *ex-post* jest badaniem opierającym się na czterech kryteriach:

- skuteczność (odpowiada na pytanie „czy?”, a jeśli tak, to w jakim stopniu zostały osiągnięte cele założone na etapie przygotowywania działania. Dodatkowo, za pomocą mierzalnych wskaźników, ewaluator jest w stanie oszacować, jak bardzo przydatny jest wynik interwencji i czy jest to tego rodzaju użyteczność, jaka była zakładana w początkowej fazie działania),

- efektywność (kryterium efektywności bada możliwości osiągnięcia identycznych bądź zbliżonych efektów przy udziale mniejszych środków finansowych i/lub rzeczowych),
- użyteczność (weryfikacja i skonfrontowanie efektów wdrożenia z realnymi potrzebami, a także ocena nieplanowanych, o ile takie występują, skutków),
- trwałość (zakłada zbadanie i oszacowanie utrzymania się efektów działania po jego zakończeniu oraz opisanie skutków interwencji) [4].

Dzięki różnego rodzaju metodom ilościowym i jakościowym ewaluacja dostarcza zainteresowanym (zarządzającym, beneficjentom, decydom, podmiotom wdrażającym i finansującym) oglądu na efekty prowadzonych działań. Specyfiką metodologii ewaluacji *ex-post* jest wykorzystanie między innymi eksperymentu i quasi-eksperymentu, które to pozwalają na porównanie rzeczywistej sytuacji (w której wystąpiła interwencja) z sytuacją potencjalną (czyli pozbawioną wszelkich bodźców związanych z działaniem). Dzięki tego typu porównaniom możliwe jest zweryfikowanie rzeczywistych wpływów działania i ustalenie związków przyczynowo-skutkowych. Z uwagi na różną specyfikę metod jakościowych i ilościowych oraz różnoaspektowość dostarczonych przez nie danych, najbardziej funkcjonalne i użyteczne jest mieszanie różnych technik i narzędzi, czyli tzw. triangulacja metod.

Ewaluacja *ex-post* jest więc pewnego rodzaju rozliczeniem z prowadzenia działania i jego efektów. Oddaje najpełniejszy obraz interwencji, wraz z jej skrajnymi etapami – planowaniem i wdrożeniem. Jednocześnie może pełnić funkcję rezerwuaru wiedzy z prowadzenia działania, przez co służy jako narzędzie do ulepszania i zwiększania efektywności zarządzania.



Ryc. 1. Rodzaje badań ewaluacyjnych w cyklu wdrażania interwencji [4]

Fig. 1. Various types of evaluation in the cycle of intervention implementation [4]

5. Podsumowanie

W praktyce zarządzania badania ewaluacyjne stanowią bardzo istotny, aczkolwiek często niedoceniany i sprowadzony na drugi plan element. Pod ogólnym po-

jęciem „ewaluacji” kryje się zarówno ocena wdrożonych działań, jak i ich stała obserwacja już na etapie realizacji. Najczęściej spotykanym typem ewaluacji jest tzw. ewaluacja końcowa. Dzięki badaniom ewaluacyjnym otrzymujemy zestaw wniosków i rekomendacji na każdym etapie działania – od jego projektowania, przez wdrożenie, aż do wykorzystania w procesie zarządzania.

Znajomość pojęcia ewaluacji oraz jej podstawowej charakterystyki niewątpliwie ułatwia procedury zarządzające. Przede wszystkim pozwoli na głębokie zrozumienie całej interwencji, jak również wskaże pewne newralgiczne punkty i zasady, przydatne przy formułowaniu, realizowaniu i wdrażaniu do praktyki efektów działań, zarówno pod kątem merytorycznym, jak i administracyjnym.

Ewaluacja jest znakomitą przykładem współpracy na gruncie zarządzania i nauk społecznych. Łączy w sobie aparat pojęciowy i metodologię z obszaru nauk społecznych (ze znakomitą przewagą socjologii) oraz praktyczne zastosowanie i użyteczność zarządzania. Ewaluacja czerpie z praktyki i służy praktyce, wypracowując wskazówki i zalecenia prowadzące do osiągnięcia najlepszych efektów. Praktykowanie ewaluacji jest działaniem, które niesie za sobą wiele ułatwień i uproszczeń, zarówno w obrębie zarządzania, jak i otrzymywanych wyników działania. Ewaluację należy więc traktować jako narzędzie pomocnicze prowadzące do zwiększenia efektywności i poprawienia jakości na płaszczyźnie zarządzania w każdym jego wymiarze: od wdrażania pojedynczych zadań menadżerskich, przez szersze projekty i programy sektorowe lub globalne, aż po całościowe zarządzanie organizacją.

Literatura

1. Rozporządzenie Rady 2006/1083/WE z dnia 11 lipca 2006 r. ustanawiające przepisy ogólne dotyczące Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego, Europejskiego Funduszu Społecznego oraz Funduszu Spójności i uchylające rozporządzenie (WE) Nr 1260/1999.
2. Frieskie K.W., *Nauki społeczne w służbie spraw publicznych – polskie tradycje*, [w:] Środowisko i warsztat ewaluacji, Haber A., Szałaj M. (red.), PARP, Warszawa 2008, s. 13-28.
3. Szarfenberg R., *Zagadnienia terminologiczne*, [w:] *Ewaluacja w służbach społecznych*, Szatur-Jaworska B. (red.), Mazowieckie Centrum Polityki Społecznej, Warszawa 2010, s. 24-37.
4. Bienias S., Strzęboszewski P., Opalka E., *Ewaluacja. Poradnik dla pracowników administracji publicznej*, Wydawnictwo Ministerstwa Rozwoju Regionalnego, Warszawa 2012.
5. Korporowicz L., *Ewaluacja w edukacji*, Oficyna Naukowa, Warszawa 1997.
6. Bogdanienko J., Piotrowski W., *Zarządzanie. Tradycja i nowoczesność*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2013.
7. Korporowicz L., *Społeczna odpowiedzialność ewaluacji*, [w:] *Ewaluacja programów operacyjnych. Aspekty teoretyczne, metodologiczne i praktyczne*, Urząd Marszałkowski Województwa Kujawsko-Pomorskiego, Toruń 2013, s. 29-42.
8. Ekiert K., *Ewaluacja w administracji publicznej. Funkcje, standardy i warunki stosowania*, Rządowe Centrum Studiów Strategicznych, [dok elektr.] http://www.pte.org.pl/repository/files/PTE/Ewaluacja_w_administracji_publicznej.pdf [dostęp z 20 września 2013].
9. Theiss M., *Historyczne źródła i czynniki rozwoju ewaluacji*, [w:] *Ewaluacja w służbach społecznych*, Szatur-Jaworska B. (red.), Mazowieckie Centrum Polityki Społecznej, Warszawa 2010, s. 15-23.
10. Szatur-Jaworska B., *Typologie ewaluacji*, [w:] *Ewaluacja w służbach społecznych*, Szatur-Jaworska B. (red.), Mazowieckie Centrum Polityki Społecznej, Warszawa 2010, s. 34-44.

mgr Marta Wołosiak – młodszy specjalista w Dziale Obsługi Badań Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowodziowej – Państwowym Instytucie Badawczym. Absolwentka studiów na kierunku socjologia i politologia.

mgr Ewa Michalska – starszy specjalista w Dziale Obsługi Badań Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowodziowej – Państwowym Instytucie Badawczym. Absolwentka Wyższej Szkoły Menedżerskiej na kierunku administracja.

dr **Monika TORCZYŃSKA**¹

Przyjęty/Accepted/Принят: 17.03.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 03.11.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

SPOŁECZNY WIZERUNEK STRAŻY POŻARNEJ JAKO FILARU SYSTEMU BEZPIECZEŃSTWA PAŃSTWOWEGO (W ŚWIETLE BADAŃ OPINII PUBLICZNEJ)

**The Social Image of the Fire Department as a Pillar of State Security,
in the Light of Public Opinion Surveys**

**Общественный образец пожарной службы, как опора системы
государственной безопасности (на основе изучения общественного мнения)**

Abstrakt

Cel: celem artykułu jest analiza podstawowych komponentów kształtujących uogólniony, społeczny wizerunek Straży Pożarnej jako jednego z zasadniczych filarów systemu bezpieczeństwa państwowego. Autor rekonstruuje rozpowszechniony w zbiorowej świadomości obraz służby pożarniczej na podstawie badań empirycznych diagnozujących poziom prestiżu, reputacji i zaufania, jakim cieszy się zawód oraz profesjonalna działalność jej przedstawicieli.

Wprowadzenie: W strukturze artykułu wyróżniono dwie części: przeglądową i empiryczną. W pierwszej z nich przedstawiono najistotniejsze zagadnienia dotyczące problematyki oraz sposobów pojmowania wizerunku i bezpieczeństwa. Szczególnie uwzględniono tu osiągnięcia nauk społecznych. W drugiej części analizowane są wyniki wybranych badań opinii publicznej prowadzonych w ostatnich latach przez ogólnopolskie (CBOS, TNS OBOP) oraz międzynarodowe (*GfK Custom Research*) pracownie badawcze na reprezentatywnych grupach ankietowanych osób. Przywołane są tutaj badania opinii ukazujące poziom społecznego zaufania (bądź też braku zaufania) w stosunku do instytucji związanych z ochroną bezpieczeństwa, w tym również zaufania wobec Straży Pożarnej. Sondaże dotyczą także prestiżu zawodów związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa publicznego oraz społecznych przekonań co do optymalnego wynagrodzenia ich przedstawicieli.

Metodologia: W artykule dokonano analizy danych zgromadzonych metodą sondażu. Jest to metoda badań ilościowych pozwalająca poznać społeczne opinie formułowane w odniesieniu do różnorodnych zjawisk życia publicznego. Wykorzystane sondaże ankietowe przeprowadzone zostały na reprezentatywnych próbach liczących od jednego tysiąca ankietowanych (sondaże polskich pracowni) do ponad 27 tysięcy badanych osób (sondaż *European Trusted Brands*).

Wnioski: Wyniki zawarte w raportach badawczych pozwalają wnioskować, że w aktualnych realiach społecznych spośród wszystkich formacji i służb publicznych działających w sferze bezpieczeństwa, Straż Pożarna obdarzana jest przez obywateli najwyższym zaufaniem i prestiżem. Porównanie i synteza różnorodnych wskaźników uzyskanych w reprezentatywnych badaniach opinii pozwalają nakreślić jednoznacznie pozytywny, dobrze ustabilizowany wizerunek Straży Pożarnej oraz profesji strażaka. Przy czym z zestawienia i analizy porównawczej wskaźników polskich oraz międzynarodowych badań wynika, iż zaufanie do służby pożarniczej w Polsce na tle innych krajów europejskich kształtuje się na podobnym poziomie.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, Straż Pożarna, wizerunek, zaufanie, prestiż

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Abstract

Aim: The aim of this paper is to provide an analysis of fundamental elements, which generally contribute to the social image of the Fire Department, seen as one of the essential pillars of the national security system. The author reconstructed the commonly accepted image of the Fire Service, based on empirical research, which identified the degree of prestige, reputation and trust enjoyed by the profession, as well as the professional discharge of duties by its members.

¹ Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Pl. M. Curie-Skłodowskiej 5, 20-031 Lublin, monika.torczynska-jarecka@poczta.umcs.lublin.pl / Maria Curie-Skłodowska University, Poland;

Introduction: The paper provides a focus on two areas; reviews and empirical analysis. The first identifies most essential issues associated with matters concerning problems and methods of image perception and safety. Social science approaches were applied specifically in this area. The second part is concerned with the analysis of results from selected public opinion surveys. This encompassed Polish studies (CBOS, TNS, OBOP) and international research workshops (GfK Custom Research) aligned to representative groups of polled people. Identified public survey studies reveal the level of social trust, or lack of it, afforded to organisations engaged with provision of safety including the Fire Service. Surveys delve into prestige of professions engaged with provision of safety to the community as well as social views about optimal remuneration levels appropriate to members of such organisations.

Methodology: The article provides an analysis of data secured from surveys. This quantitative technique facilitates the recognition of social opinion formulated in context of a range of events encountered in public life. Utilised poll results were conducted within a representative population sample range of one thousand people (Polish workshops surveys) to a number in excess of 27K (European Trusted Brands surveys)

Conclusions: The results derived from study reports allow us to conclude that, among all the organisations and public services engaged with safety operations, the Fire Service is the one which enjoys the greatest level of trust and prestige among citizens. Additionally, analysis and comparison of indicators, from Polish and international studies, reveals that confidence in the Polish Fire Service compared with other European Fire Service organisations is very much on the same level.

Keywords: safety, Fire Service, image, trust, prestige

Type of article: review article

Аннотация

Цель: Целью статьи является анализ основных компонентов образующих обобщённый, социальный образец Пожарной Службы как одна из существенных опор системы государственной безопасности. Автор воссоздаёт широко распространённое в коллективном сознании восприятие пожарной службы на основе эмпирических исследований, изучающих уровень престижа, репутации и доверия, которыми пользуется профессия и профессиональная деятельность её представителей.

Введение: В структуре статьи выделены две части: обзорная и эмпирическая. В первой представлены важнейшие вопросы, касающиеся проблематики и способов понимания самого образца и безопасности. Особое внимание обращено на рассмотрение достижений социальных наук. Во второй части были проанализированы результаты социальных опросов, проводимых за последние годы общепольскими (CBOS, TNS OBOP) и международными (GfK Custom Research) исследовательским учреждениями на репрезентативных группах респондентов. Представленные здесь исследования мнений, указывают на уровень социального доверия (или его отсутствия) по отношению к учреждениям по защите безопасности, в том числе доверия к Пожарной Службе. Опросы касаются также престижа профессий, связанных с обеспечением общественной безопасности и социальных убеждений относительно оптимального вознаграждения их представителей.

Методология: В статье проведен анализ данных, полученных путём опроса. Это метод количественных исследований, позволяющий узнать общественное мнение относительно разнообразных явлений жизни социума. Опросы, использованные в статье, были проведены по репрезентативной выборке от 1 тысячи респондентов (опросы польских учреждений) до 27 тысяч исследуемых лиц (опрос European Trusted Brands).

Выводы: Результаты, содержащиеся в исследовательских отчётах, позволяют прийти к выводу, что в актуальных социальных реалиях среди всех формаций и общественных служб, действующих в области безопасности, пожарная служба наделена наибольшим доверием и считается наиболее престижной. Сравнение и синтез различных показателей, полученных в репрезентативных опросах, позволяют изобразить однозначно позитивное и стабильное восприятие пожарной службы, а также профессии пожарного. При этом, из сопоставления и сравнительного анализа польских показателей и международных исследований следует, что доверие к пожарной службе в Польше по сравнению с другими странами Европы находится на похожем уровне.

Ключевые слова: безопасность, пожарная служба, образец, доверие, престиж

Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Celem artykułu jest analiza zasadniczych komponentów społecznego wizerunku Straży Pożarnej oraz jej przedstawicieli. Aby zrekonstruować uogólniony obraz służby pożarniczej jako jednego z kluczowych elementów systemu bezpieczeństwa, sięgnięto do metody sondażu, tj. wykorzystano reprezentatywne badania ilościowe ukazujące społeczną opinię i poziom zaufania obywateli wobec Straży Pożarnej. Należy w tym miejscu podkreślić, iż uogólnione odwzorowanie zbiorowych przekonań, poglądów na dany temat, zawarte w reprezentatywnych badaniach opinii publicznej (obok wartości *stricte* naukowej) pozwalają następnie na wypracowanie rekomendacji w odniesieniu do praktyki życia danej wspólnoty w określonym obszarze działań. Pozytywna opinia społeczna stanowi nie tylko istotny fragment kolektywnej

świadomości, ale staje się również podstawą kształtowania i podnoszenia kultury bezpieczeństwa oraz ładu, porządku i harmonii życia społecznego.

2. Bezpieczeństwo – wielość sposobów definiowania

Problematyka bezpieczeństwa stanowi obiekt zainteresowań wielu dyscyplin nauki dysponujących zróżnicowaną metodologią badawczą oraz swoistym aparatem pojęciowym. Dokonując najbardziej choćby ogólnego przeglądu aktualnego stanu wiedzy na temat bezpieczeństwa, zauważamy mnogość rozpowszechnionych ujęć oraz stanowisk badawczych przyjmowanych w ramach najrozmaitszych analiz. Zasadniczą kwestią jest heterogeniczne definiowanie samego terminu „bezpieczeństwo”, co z kolei implikuje dalsze zróżnicowanie w zakresie np. do-

precyzowania jego przedmiotu bądź konstruowanych typologii.

Generalnie mówiąc, proponowane definicje bezpieczeństwa podkreślają jego złożony sens oraz akcentują subiektywny bądź obiektywny charakter zjawiska. Należy zauważyć, iż pojęcie „bezpieczeństwo” we współczesnych językach europejskich zazwyczaj wykazuje – jak podkreślają lingwiści – związki przede wszystkim z poczuciem zagrożenia, a dopiero w dalszej kolejności łączy się ono z poczuciem pewności [7]. Przyjęte w różnorodnych dziedzinach nauki sposoby ujmowania bezpieczeństwa odzwierciedlają ten fakt poprzez użycie sformułowań takich jak: „minimalizacja określonych zagrożeń czy ryzyka”, „eliminacja niebezpieczeństw”, „stan poczucia pewności dotyczący pewnej sfery działania czy egzystencji”. Wykazują one jednakże pewne zróżnicowanie w swoim zakresie przedmiotowym i podmiotowym oraz w wymiarze temporalnym (tj. dotyczącym zmienności bezpieczeństwa w czasie). Zawierają również wiele specyficznych komponentów powiązanych np. ze sferą psychiki lub z czynnikami prawnymi, materialnymi czy organizacyjnymi współczesnych zbiorowości ludzkich.

Bezpieczeństwo – w różnych wymiarach tego zjawiska – analizowane jest przez specjalistów w zakresie nauk prawnych, szczególnie zaś kryminalistyki, gdzie akcentuje się, że „zwiększenie poczucia bezpieczeństwa zależy od działań na rzecz stabilizacji sytuacji prawnej i skutecznych procedur profilaktycznych” [12]. Bezpieczeństwo prawne stanowi jeden z podstawowych filarów holistycznie ujmowanego bezpieczeństwa dzisiejszych społeczeństw.

W badaniach politologicznych często podnosi się kwestię zmienności terytorialnego i czasowego zasięgu bezpieczeństwa. Według wielu politologów zajmujących się problematyką bezpieczeństwa – zarówno w skali państwowej, jak i międzynarodowej czy globalnej – „bezpieczeństwo nie jest stałe i jednolite. Podlega nieustannym zmianom pod wpływem ciągłych procesów zachodzących w stosunkach międzynarodowych [...]. Zmienność ta obejmuje odmienność w postrzeganiu bezpieczeństwa w przeszłości i obecnie. Kierunek owych zmian obejmował stopniowe przejście od bezpieczeństwa jednoznacznie ujmowanego w kategoriach narodowych do bezpieczeństwa globalnego” [7], tworzonego w wyniku wielostronnej aktywności współczesnych państw.

W obszarze nauk społecznych teoretyczne i praktyczne aspekty bezpieczeństwa (bądź też jego braku) są przedmiotem refleksji wokół zasadniczych potrzeb każdego człowieka. Potrzeba bezpieczeństwa stanowi uniwersalną determinantę rozwoju istoty ludzkiej, pierwotną wobec społecznych i kulturowych imperatywów jego egzystencji [19]. W klasycznym ujęciu psychologicznym Abrahama Masłowa bezpieczeństwo traktowane jest jako jedna z pierwszorzędnych potrzeb ludzkich. Akcentuje się w nim, iż każdy podmiot dla swego dobrostanu psychicznego doświadczać musi poczucia bezpieczeństwa po to, aby w dalszej kolejności móc zrealizować inne potrzeby w integralnie rozpatrywanym procesie osobniczego rozwoju. Teza ta koresponduje z założeniem A. Masłowa o hierarchicznym układzie potrzeb. W ramach tzw. piramidy

potrzeb człowieka „realizacja potrzeby bezpieczeństwa (zaraz po potrzebach fizjologicznych) ma [...] fundamentalne znaczenie dla zaspokojenia jego kolejnych <<wyższych>> potrzeb, stopniowo ujawniających się w jego egzystencji jako członka określonej grupy społecznej oraz obywatela danego państwa” [18].

Bazując na koncepcji A. Masłowa, można przejść do socjologicznych badań na temat rozpowszechnionych w świadomości aktorów społecznych uogólnionych obrazów tych jednostek, grup czy instytucji, które w stereotypowym przeświadczeniu odpowiadają za indywidualne i zbiorowe poczucie bezpieczeństwa w ramach wszelkich relacji i stosunków międzyludzkich. Dzisiaj to zagadnienie rozpatrywane jest w kontekście realiów społeczeństwa demokratycznego. Współczesne społeczeństwo demokratyczne – jednocześnie funkcjonujące jako państwo prawa – stoi w obliczu coraz poważniejszych wyzwań związanych z obowiązkiem zapewnienia szeroko ujmowanego bezpieczeństwa publicznego, budowanego w oparciu o skomplikowane relacje pomiędzy (nieraz trudnymi do uzgodnienia) interesami grup, instytucji czy organizacji życia zbiorowego. W socjologicznej perspektywie podkreśla się, że „bezpieczeństwo społeczne stanowi współzależność między wieloma [...] wymiarami życia w państwie. Poczucie bezpieczeństwa społecznego sprzyja ochronie i rozwojowi każdego człowieka i całych społeczeństw” [7]. Należy zaznaczyć, iż w socjologii problematykę bezpieczeństwa łączy się z różnymi poziomami struktury społecznej. W ramach mikro-, mezo- i makrostruktur rozpatruje się różnorodne obszary bezpieczeństwa oraz różnorodne podmioty odpowiedzialne za stan bezpieczeństwa danej wspólnoty. Zaufanie, prestiż i szacunek przysługujące w opinii społecznej organizacjom zapewniającym bezpieczeństwo na wszelkich poziomach struktury, znajduje swoje odzwierciedlenie w postaci określonego poczucia bezpieczeństwa każdego obywatela. Uogólnione zaufanie (rozumiane jako akt polegania na danym gremium lub jego przedstawicielach), prestiż (w sensie zbiorowej oceny osoby czy organizacji) oraz szacunek (łączący się ze społeczną użytecznością mniej lub bardziej cenionego podmiotu) daje asumpt do utrwalania w zbiorowej świadomości adekwatnego względem powyższych wskaźników wizerunku każdej organizacji publicznej, ten zaś z kolei przyczynia się do kształtowania obywatelskiego poczucia bezpieczeństwa, ładu i stabilizacji życia całej wspólnoty.

Można również analizować problematykę bezpieczeństwa z wielu innych, wyżej nie przywołanych perspektyw badawczych. Ekonomisci badają jego wymiar gospodarczy, urbaniści przywiązują wagę do problemu bezpieczeństwa w kontekście użytkowania przestrzeni publicznej, zaś filozofowie i etycy – w nawiązaniu do hierarchii wartości. Jednakże, z uwagi na zakreslony w tytule temat moich rozważań, nie byłoby celowe szczegółowe przywoływanie osiągnięć każdej dyscypliny. W tym miejscu zasygnalizowano tylko wybrane zagadnienia istotne dla problematyki mieszczącej się w zakresie tego opracowania. Możemy dokonać pewnej ich syntezy dzięki wskazaniu wspólnego mianownika, którym mogą one być objęte. W tych zróżnicowanych koncep-

cyjach, bez względu na sposób ujmowania istoty bezpieczeństwa, zauważa się konieczność podejmowania efektywnych działań zapewniających bezpieczeństwo na poziomie indywidualnym, lokalnym i zbiorowym wspólnot ludzkich. Stąd też w polu uwagi lokują się wszelkie instytucje bezpośrednio związane z realizacją tej pierwszorzędnej potrzeby. Ochroną indywidualnego i zbiorowego bezpieczeństwa zajmują się coraz bardziej wyspecjalizowane służby i organizacje publiczne. Pozytywny wizerunek każdej z tych organizacji stanowi jeden z kluczowych elementów przesądzających o sukcesie ich misji w szeroko rozumianej sferze społecznego bezpieczeństwa.

3. Wizerunek i jego znaczenie w procesie budowania poczucia bezpieczeństwa

Wizerunek można metaforycznie porównać do listu uwierzytelniającego bądź pisma polecającego, z którego ma się wyłaniać wiarygodne oblicze jednostki lub instytucji. Oblicze wzbudzające zaufanie i poczucie bezpieczeństwa ewentualnych partnerów w ramach ich wspólnej społecznej działalności.

Wizerunek stanowi pojęcie, które może być różnorodnie denotowane. Odwołując się do etymologii terminu (łac. *imago*), najprościej można go ujmować jako obraz, podobiznę, wyobrażenie dotyczące określonej jednostki bądź grupy społecznej. Owo wyobrażenie może dotyczyć również firmy, marki, produktu, miejsca etc. W najogólniejszym rozumieniu oznacza on pewien zestaw przekonań, sądów, skojarzeń i emocji układających się w całościowy akt poznawczy wytworzony w umyśle danego aktora społecznego.

W teoriach psychologicznych akcentuje się, że wizerunek jako umysłowa reprezentacja określonego fragmentu rzeczywistości nie może być utożsamiany z racjonalnym, ścisłym, bezstronnym osądem obrazowanej sytuacji, zjawiska czy podmiotu. Jest on tworzony w następstwie oddziaływania na świadomość ludzką wielu bodźców i informacji kumulujących się wraz z postępującym doświadczeniem życiowym człowieka. Często są to informacje o charakterze pośrednim bądź stanowią rozpozszechnione w obiegu opinii stereotypy.

Specjaliści w zakresie zarządzania i marketingu zaznaczają, że wizerunek danej grupy czy organizacji społecznej nie jest zjawiskiem o charakterze *constans*, przeciwnie – podlega on modyfikacjom i może w następstwie podejmowanych zabiegów marketingowych ewoluować w mniej lub bardziej pożądanym kierunku. Stąd można mówić o pozytywnym lub negatywnym wizerunku. W przypadku organizacji działającej w sferze publicznej pozytywny wizerunek łączyć się będzie z płynącą z otoczenia społecznego aprobatą jej działań oraz satysfakcjonującą współpracą z innymi podmiotami. Natomiast negatywny wizerunek koresponduje z nieprzychylną oceną świadczonych usług i – co zrozumiałe – z unikaniem kontaktów ze strony ewentualnych klientów lub interesariuszy.

Należy w tym miejscu podkreślić, iż społeczne opinie dotyczące wizerunku służb powołanych do ochrony bezpieczeństwa „zawierają kompilację opinii własnych i przypadkowych, stereotypów oraz ocen adaptowanych

od innych oceniających. Dlaczego zatem ocena wizerunku w ogóle jest istotna? Dlaczego nie przejdziemy nad nią [...] do porządku dziennego? Dlatego, że w sposób bezpośredni wiążemy ją ze stopniem odczuwanego przez nas bezpieczeństwa” [20] oraz zaufania do organów mających stać na straży spokoju, ładu i porządku życia zbiorowego. Jest oczywistym, że niski poziom lub zgoła „brak zaufania [...] powoduje obawę o życie własne i bliskich, na której budowana jest świadomość, że jednostka nie może liczyć na prawo i państwo, do którego należy” [20]. Sytuacja taka implikuje poważne problemy społeczne, które w najgorszym scenariuszu przerodzić się mogą w głęboki kryzys bezpieczeństwa i zaufania w danej wspólnocie. „Poczucie bezpieczeństwa jest znaczącym trybem w maszynie codziennego funkcjonowania obywatela i społeczeństwa [...] Wizerunek [...] nie jest sprawą bagatelną” [20], którą można traktować marginalnie w analizach dotyczących działalności służb systemu bezpieczeństwa publicznego.

4. Służba pożarnicza a bezpieczeństwo publiczne na tle procesów modernizacji życia społecznego

Bezpieczeństwo publiczne dotyczy wszelkich poczynań służących budowaniu ładu i porządku życia zbiorowego. Ten wymiar bezpieczeństwa jest „związany z zapewnieniem spokojnego i niezakłóconego funkcjonowania” [16] państwa i jego obywateli. W tym artykule skoncentruję swoją uwagę na działaniach służb pożarniczych. Współczesna Straż Pożarna, jako trzon krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego „ma na celu ochronę życia, zdrowia, mienia lub środowiska poprzez walkę z pożarami lub innymi klęskami żywiołowymi, ratownictwo techniczne, ratownictwo chemiczne, ratownictwo ekologiczne [...]”. System stanowi integralną część organizacji bezpieczeństwa wewnętrznego państwa obejmującą prognozowanie, rozpoznawanie i zwalczanie pożarów, klęsk żywiołowych oraz innych zagrożeń miejscowych” [6].

Warto w tym miejscu wspomnieć o historycznej transformacji służby pożarniczej wpisanej w procesy ewolucji oraz modernizacji życia społecznego², bowiem idea powołania i doskonalenia zorganizowanej ochrony na wypadek zagrożeń powiązanych z ogniem była i jest jednym z podstawowych priorytetów w obrębie każdej wspólnoty ludzkiej. Jak podkreśla Sławomir Gawroński, „bezpieczeństwo pożarowe i problematyka z nim związana nie są wcale domeną współczesności, a historia zainteresowania nim jest tak stara jak obecność ognia w rękach gatun-

² Zorganizowane (realne i prawne) działania zmierzające do zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego mają odległą historię sięgającą czasów Europy starożytnej. W dobie antycznego Rzymu realizowano różnorodne projekty mające na celu stworzenie całościowego systemu zabezpieczającego spójność i ład życia społecznego. W ustanawianych rozwiązaniach prawnych i administracyjnych – jak wskazują historycy pożarnictwa, m.in. B. Sitek w opracowaniu dotyczącym bezpieczeństwa w czasach antycznego Rzymu – duży nacisk kładziono na walkę ze świadomymi działaniami podpalaczy [13; s. 323]. Z tego powodu powołano tam regularne służby przeciwpożarowe oraz ogłaszano unormowania mające na celu poprawę stanu bezpieczeństwa publicznego i pożarowego.

ku ludzkiego. O ile jednak u zarania dziejów walka z żywiołem, jakim jest ogień, ograniczała się do działań jednostek, ewentualnie niewielkich grup społecznych, o tyle wraz z rozwojem urbanistycznym, ewolucją miast, grupowaniem się ludzi w coraz większe skupiska [...] dbałość o bezpieczeństwo pożarowe nabrała cech działalności społecznej” [6], która z czasem zyskała pierwsze ramy normatywne w postaci konkretnych reguł i przepisów powołanych w celu umożliwienia skutecznego funkcjonowania służb pożarniczych. Na terenie Polski pierwsze „przepisy pożarowe” (tzw. porządki ogniowe) ustanowiono pod koniec XIV wieku – było to w Krakowie w 1374 roku, zaś w XIX wieku na ziemiach polskich podjęto działania mające na celu uzawodowienie i profesjonalizację służby pożarniczej [6]. Od tego czasu funkcjonowanie Straży Pożarnej zaczyna zmierzać w kierunku znanych nam dzisiaj standardów i rozwiązań organizacyjnych³. Współcześnie zapewnienie bezpieczeństwa publicznego leżące w gestii służby pożarniczej wiąże się z realizacją m.in. zadań takich jak:

- organizowanie i prowadzenie akcji podczas klęsk żywiołowych oraz w celu likwidacji miejscowych zagrożeń,
- nadzór nad realizacją norm w zakresie przepisów przeciwpożarowych,
- współpraca z zagranicznymi strażami pożarnymi i służbami ratowniczymi oraz ich organizacjami na szczeblu międzynarodowym [6].

Pełna realizacja powyższej misji możliwa jest tylko w warunkach harmonijnej koegzystencji służby pożarniczej z obywatelami dysponującymi odpowiednim poziomem zaufania wobec strażaków oraz podejmowanych przez nich działań.

5. Zaufanie do przedstawicieli Straży Pożarnej

W politologicznych bądź socjologicznych analizach dotyczących pracy służb publicznych, jak również w badaniach poparcia dla władzy państwowej lub elit politycznych, zaufanie stanowi jeden z kluczowych obszarów diagnozy. Określony poziom zaufania do przedstawicieli władzy, administracji czy ogólnie ujmowanej sfery publicznej, koresponduje ze zbiorowym poczuciem bezpieczeństwa podmiotów partycypujących na co dzień w społecznej grze.

Jednakże należy zaznaczyć, iż „zaufanie nie jest pojęciem prostym [...], składa się na nie wiele rzeczy, takich jak oczekiwanie oraz poznawczy osąd motywów cudzych

intencji, czyniących ludzi mniej lub bardziej wiarygodnymi w określonym kontekście [...]. Warunkiem koniecznym [...] jest akt polegania na danej osobie bądź na instytucji” [9], co z kolei implikuje odpowiedni poziom poczucia bezpieczeństwa obywateli wchodzących w interakcje z owym podmiotem. Stąd zagadnienia bezpieczeństwa oraz zaufania stanowią problematykę, którą warto rozpatrywać łącznie, nie lekceważąc znaczenia żadnego z nich.

Budowanie zaufania należy traktować jako proces przebiegający w pewnym interwale czasowym. Nie jest to kwestia krótkich odcinków czasu. W życiu społecznym „zaufaniem [...] można obdarzyć bardzo różne obiekty. Najprostszym przypadkiem jest zaufanie osobiste, do konkretnych znajomych osób [...], bardziej abstrakcyjny charakter ma zaufanie pozycyjne do określonych ról społecznych, zawodów, stanowisk, urzędów bez względu na to, kto je konkretnie sprawuje. Każdy, kto pełni rolę obdarzoną zaufaniem społecznym [...], rozporządza z tego tytułu pewnym [...] <<kredytem zaufania>>” [3], którego akumulacja dokonuje się w określonym przedziale czasu. Zaufanie stanowi jeden z aspektów obowiązującego w danym czasokresie stereotypowego wizerunku jednostki bądź instytucji społecznej.

Analizując społeczny poziom zaufania wobec Straży Pożarnej odwołam się do reprezentatywnych badań ogólnopolskich, a następnie dokonam ich porównania z danymi pochodzącymi z sondaży międzynarodowych, co pozwoli uzyskać bardziej szczegółowe i miarodajne wnioski. Badanie zrealizowane przez TNS OBOP w 2011 roku [21] ukazuje poziom zaufania polskiego społeczeństwa względem instytucji służących ochronie bezpieczeństwa i porządku publicznego w naszym kraju. Straży Pożarnej ufa 89% respondentów. Policja i wojsko cieszy się mniejszym zaufaniem (odpowiednio 72% i 79% wskazań). Warto w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, że w notowaniach policji i wojska uwidacznia się równocześnie pewien dystans charakterystyczny dla części polskiego społeczeństwa wobec tych dwóch instytucji. Policji nie ufa 22% osób ankietowanych, a wojsku – 12%. Dodajmy, że brak zaufania wobec pogotowia ratunkowego zadeklarowało 10% spośród osób biorących udział w sondażu. Są to instytucje kluczowe dla zapewnienia szeroko ujmowanego bezpieczeństwa zarówno w wymiarze indywidualnym, jak i zbiorowym. W porównaniu do wyżej wymienionych instytucji poziom nieufności społecznej wobec służb pożarniczych ukształtował się na dużo niższym pułapie i wyniósł 5%.

Przejdźmy do analizy porównawczej danych pochodzących z polskich i międzynarodowych pracowni badawczych. W 2009 roku (a więc w okresie analogicznym względem badania CBOS) firma *GfK Custom Research* przeprowadziła międzynarodowy sondaż dotyczący poziomu zaufania, jakim cieszą się najważniejsze organizacje i grupy zawodowe w obrębie monitorowanych społeczeństw. Jest to jeden z cyklicznie opracowywanych przez *GfK Custom Research* tzw. *Trust Index* [8]. Zbadano opinie mieszkańców 16 krajów europejskich oraz USA w sprawie zaufania udzielanego m.in. przedstawicielom służby cywilnej, związków zawodowych, duchowieństwa, organizacji dobroczynnych i ekologicznych

³ Według danych historycznych – zamieszczonych w pracy S. Gawrońskiego [6; s. 67-68] – w roku 1802 na terenie Wilna utworzono pierwszą zawodową straż ogniową, zaś od roku 1806 w Księstwie Warszawskim funkcjonował utworzony przy komendzie policji Oddział Pożarny. W 1865 roku w Galicji rozpoczęła działalność pierwsza ochotnicza straż pożarna, a dziesięć lat później powołano do życia Krajowy Związek Ochotniczych Straży Pożarnych. K. Krężel [11; s. 90], opisując losy strażaków w okolicznościach okupacyjnych II wojny światowej, podkreśla nie tylko ich zaangażowanie w produkcję i rozprowadzanie broni wśród ludności polskiej, ale także ich znaczący udział w działaniach o charakterze edukacyjnym.

oraz straży pożarnej (ankietowano w sumie ponad 17 tys. osób). Najwyższy wskaźnik zaufania – biorąc pod uwagę zbiorcze dane – uzyskali strażacy. W raporcie badawczym są oni grupą zawodową cieszącą się wysokim zaufaniem 92% respondentów pochodzących z wszystkich badanych krajów (przy czym najwyższy odsetek zanotowano w Szwecji – 98%). Dla porównania dodajmy, iż przedstawiciele kolejnych profesji notowanych w rankingu, tj. nauczyciele i lekarze uzyskali odpowiednio 85% oraz 81%. Najniższe wskaźniki zaufania uzyskali natomiast politycy, którym ufa 18% spośród ankietowanych osób.

Skonfrontujmy powyższe dane z bardziej aktualnymi wynikami badań. Kolejne sondaże międzynarodowe potwierdzają niezmiennie wysokie wskaźniki zaufania wobec przedstawicieli straży pożarnej pochodzące z lat wcześniejszych. Rezultaty ogólnoeuropejskiego badania opinii – *European Trusted Brands* z 2012 roku [10] – pozwalają nam nakreślić kolejną mapę obszarów ufności i nieufności społecznej. Sondaż ten jest cyklicznym przedsięwzięciem mającym na celu diagnozowanie problemów społecznych, w tym poziomu zaufania wobec różnorodnych profesji czy instytucji oraz badanie opinii związanych z postawami i nastrojami konsumentów. Z wyników sondażu widać, że obywatele Polski – m.in. wskutek polityczno-kulturowego zbliżania się naszego kraju do innych społeczeństw Europy po akcesji do Unii Europejskiej – wiele zawodów obdarzają podobnym zaufaniem, co przedstawiciele innych europejskich nacji. Spośród objętych badaniem różnorodnych profesji i instytucji strażacy cieszą się najwyższym zaufaniem (93% ankietowanych twierdzi, że ufa strażakom). Podkreślimy w tym miejscu, że wskaźnik ten nie odbiega od poziomu zaufania występującego w przypadku innych narodów Europy (przebadano ponad 27 tys. obywateli reprezentujących 15 krajów europejskich). Warto jednak zauważyć, iż reprezentanci innych zawodów związanych z szeroko ujmowaną sferą bezpieczeństwa uzyskali w Polsce niższe wyniki w analizowanym rankingu zaufania. Lekarzom (64% wskazań) i pielęgniarzom (74% wskazań) ufa mniej Polaków niż w przypadku przedstawicieli innych badanych nacji (w Europie średni poziom zaufania wobec lekarzy wynosi 81%).

Dokonując syntezy wyżej przytoczonych wyników badań, należy stwierdzić, iż uogólnione zaufanie obywateli szczególne znaczenie zyskuje w kontekście tych profesji, które zapewniać mają poczucie zbiorowego oraz indywidualnego bezpieczeństwa. Przy czym największym zaufaniem według rezultatów pochodzących z cytowanych sondaży w Polsce i Europie obdarza się zawody związane bezpośrednio z ochroną życia i zdrowia. Na ich tle zdecydowanie wyróżnia się zawód strażaka, który zarówno w polskiej, jak i w europejskiej świadomości społecznej charakteryzuje się dobrze ugruntowanym pozytywnym wizerunkiem budowanym w oparciu o wysoki poziom zaufania zgodnie deklarowany przez członków badanych społeczeństw.

Dzisiejsza ufność obywateli wobec Straży Pożarnej wyłaniająca się z dostępnych nam sondaży pozwala wnioskować na temat reputacji, jaką cieszą się strażacy. Reputacja (w znaczeniu renomy bądź dobrego imienia) jest

czynnikiem silnie związanym z kształtowaniem opinii publicznej oraz kreowaniem społecznego wizerunku służby pożarniczej. Strażacy stanowią wspólnotę profesjonalną cieszącą się poziomem reputacji przewyższającym reputację przedstawicieli innych instytucji zobowiązanych do ochrony bezpieczeństwa publicznego. Jak podkreśla Russel Hardin „w wielu dyskusjach dotyczących zaufania reputacja stanowi centralne zagadnienie [...], siła reputacji pozwala przewidzieć, w jaki sposób ktoś zachowa się w konkretnej sytuacji” [9]. O szczególnej roli zaufania, prestiżu i reputacji należy pamiętać przede wszystkim w kontekście pracy instytucji i służb, których zadaniem jest ochrona zbiorowego ładu i bezpieczeństwa. Są to bowiem fundamenty dla powodzenia ich rutynowych, codziennych działań oraz generalnie sformułowanej misji. Zauważmy, że ustabilizowana reputacja oraz powszechnie aprobowany społeczny stosunek wobec strażaków i ich zawodowej działalności nie są narażone na erozję w wyniku kontrowersyjnych sytuacji czy zdarzeń łączonych ze Strażą Pożarną. Przeciętny obywatel współczesnego (umasowionego) społeczeństwa często otrzymuje informacje na temat jednoznacznie negatywnych działań przypisywanych policjantom, sędziom, strażnikom miejskim, lekarzom, politykom etc, które narażają na szwank ich reputację oraz wizerunek. Masowe środki przekazu codziennie dostarczają wiadomości o aferach, skandalach, czynach naruszających prawo bądź inne systemy norm w kontekście pracy wielu różnorodnych instytucji publicznych. Należy podkreślić, iż przedstawiciele Straży nie występują w roli negatywnych bohaterów tego rodzaju spektakularnych komunikatów. Korupcja, nepotyzm, kolesiostwo, lekceważenie lub łamanie przepisów prawa nie pojawiają się w masowych mediach w kontekście pracy służb pożarniczych (jak ma to miejsce w przypadku innych grup zawodowych czy instytucji publicznych). „Strażacy i ich działania bardzo rzadko są przedmiotem krytycznych doniesień medialnych. Mówi się o nich na ogół dobrze lub bardzo dobrze” [2]. Co więcej media zasilają zbiorową świadomość obrazami skutecznej i ofiarnej pracy strażaków, zarówno w ich działaniach o charakterze rutynowym, jak i w wypadkach wyzwań ekstremalnych, np. katastrof czy klęsk żywiołowych. Reputację i ufność wobec przedstawicieli służb pożarniczych kształtuje niewątpliwie silne zbiorowe przeświadczenie, że ich profesja to „zawód o dużej użyteczności, mogący jednoznacznie uosabiać ideę zaangażowanego i bezwarunkowego służenia społeczeństwu” [2] w ramach wszelkich zdarzeń życia społecznego.

6. Prestiż zawodu strażaka

W rozpowszechnionych w literaturze naukowej definicjach zawodu kładzie się nacisk na relację, która występuje między danym zawodem a pozycją społeczną i prestiżem podmiotu, który go wykonuje. Pojęcie „[...] zawodu łączy się nierozdzielnie z zagadnieniem zróżnicowania zawodowego. To pierwsze odnosi się do jednej z wykonywanych przez ludzi ról społecznych, drugie – tkwi u podstaw hierarchizacji i podziałów [...]”. Ponieważ role zawodowe są przedmiotem potocznych ocen dokonywanych z punktu widzenia kryteriów hierarchizujących

miejsce ludzi w drabinie stratyfikacyjnej, zawód jest więc wyznacznikiem statusu społecznego” [3] danej jednostki. Rozpowszechniona w zbiorowej świadomości wiedza i stosunek względem reprezentantów różnorodnych zawodów pozwala tworzyć skalę oraz ranking zawodów bardziej lub mniej cenionych w opinii społecznej, a co za tym idzie – przyczynia się do konstruowania uogólnionego wizerunku reprezentantów poszczególnych profesji.

Społeczny wizerunek holistycznie postrzeganej Straży Pożarnej w dużej mierze łączy się zatem z prestiżem przypisywanym pracy strażaków. Prestiż jest terminem o bardzo szerokim znaczeniu i różnorodnych konotacjach, stąd konieczność doprecyzowania, jakie rozumienie tego pojęcia przyjmujemy w naszych rozważaniach. Pojęcie „prestiżu [...] choć samo w sobie uniwersalne, w różnych kulturach i systemach społecznych odnosi się do odmiennych zjawisk [...], w społeczeństwie współczesnym pojęcie prestiżu odnosi się do grupy zawodowej i wyceny jej funkcjonalnej użyteczności dla sprawnego działania systemu społeczno-ekonomicznego” [5]. Mówiąc najogólniej, prestiż danego zawodu pojmujemy jako społeczną ocenę sformułowaną pod adresem danej profesji przez członków określonej wspólnoty. Na społeczny prestiż zawodu składają się zbiorowa wiedza o zawodzie, sposób postrzegania zawodu oraz wartość przypisywana mu w danym społeczeństwie. Przedstawiciele określonej grupy zawodowej (jak również innych grup statusowych) zajmują we wspólnocie konkretną pozycję w ramach obowiązującej hierarchii społecznej. „Uznanie, honor czy godność, jakimi obdarzane są jednostki zajmujące określone pozycje, zawierają w sobie zgeneralizowaną społeczną ocenę obiektywnych atrybutów danej pozycji [...] W szacunku, jakim obdarzani są członkowie danej grupy statusowej, wyraża się zatem społeczna ocena postrzeganego położenia [...] tej grupy, jej społecznej użyteczności, specyficznych kwalifikacji czy zdolności” [4] przypisywanych przedstawicielom ocenianej zbiorowości.

Odwolując się do reprezentatywnych ogólnopolskich badań, należy podkreślić, iż w zbiorowej opinii zawód strażaka stanowi wręcz modelowy przykład powszechnie szanowanej i docenionej przez współobywateli profesji. Taki obraz szczególnie wyraźnie rysuje się na podstawie wyników sondażu CBOS z 2009 roku [1]. Raport z tego badania zawiera m.in. hierarchię ponad 30-tu różnorodnych zawodów traktowanych przez Polaków jako mniej lub bardziej prestiżowe. Wykorzystując wcześniej opracowaną skalę, proszono badane osoby o deklarację w sprawie dużego, średniego bądź małego stopnia poważania, jakie ich zdaniem przypisuje się w naszym społeczeństwie poszczególnym profesjom. W tak skonstruowanym rankingu strażak osiągnął najwyższe miejsce wraz z profesorem uniwersytetu. W opinii Polaków są to zawody cieszące się najwyższym poważaniem – w ten sposób oceniło je 84% respondentów. Należy podkreślić, iż w analizowanym zestawieniu przedstawiciele innych profesji związanych z szeroko ujmowaną sferą bezpieczeństwa publicznego uzyskali dużo niższe pozycje. Zawodowy oficer wojska sytuuje się na 10. miejscu, dużym szacunkiem obdarza go 63% spośród ankietowanych osób. Sędzia i adwokat uzyskali odpowiednio 62% oraz 60%

wskazań dotyczących dużego poważania. Policjant zajmuje 19. miejsce w klasyfikacji, bowiem cieszy się dużym poważaniem w opinii tylko co drugiego respondenta. Zauważmy, że reprezentanci profesji bezpośrednio związanych z ustawodawstwem (mającym kluczowe znaczenie dla kształtowania prawnych mechanizmów w zakresie bezpieczeństwa zbiorowego i indywidualnego) zajęli dwie ostatnie pozycje w rankingu prestiżu zawodów. Poseł na sejm cieszy się dużym poważaniem tylko czwartej części badanej zbiorowości, natomiast działacz partii politycznej uzyskał jeszcze niższy wynik – dużym poważaniem obdarza go co piąty ankietowany obywatel. Z cytowanego raportu wynika, że wysoki prestiż zawodu strażaka (obecny w świadomości znakomitej większości Polaków) wskazywany jest przez respondentów bez względu na występujące różnice o charakterze społeczno-demograficznym.

Warto przeanalizować w tym miejscu, na ile wyżej przytoczone deklaracje znajdują swoje przełożenie w wymiarze ekonomicznych gratyfikacji postulowanych dla cenionego (werbalnie przynajmniej) zawodu. Aby to uczynić, wykorzystam sondaż przeprowadzony w podobnym czasie. W ramach badania wykonanego w roku 2008 na zlecenie „Rzeczypospolitej” przez instytut GfK Polonia [14] proszono respondentów m.in. o wskazanie pułapu zarobków właściwych dla różnorodnych zawodów strefy budżetowej. Działania strażaków zostały tu oszacowane w kontekście pracy przedstawicieli innych zawodów o równie istotnym znaczeniu społecznym. Wyniki tego sondażu ukazują, iż polskie społeczeństwo traktuje pracę strażaka jako zasługującą na wyższe wynagrodzenie niż np. żołnierza (przypomnijmy, iż w badaniu CBOS reprezentant wojska cieszył się o wiele mniejszym prestiżem). Pensja strażaka powinna kształtować się – zdaniem respondentów – na poziomie zarobków sędziego, prokuratora i policjanta. Jednocześnie powinna ona być wyższa niż płaca nauczyciela. Z wyjątkiem tej ostatniej profesji są to zawody związane z szeroko ujmowaną działalnością służącą zapewnieniu bezpieczeństwa ogólnospołecznego. Polacy uznają konieczność zapewnienia ich przedstawicielom uposażenia na wyższym poziomie niż w przypadku innych rodzajów zatrudnienia obarczonych mniejszym zakresem ryzyka czy odpowiedzialności.

Porównajmy wyniki powyższych badań z aktualnymi wskaźnikami odzwierciedlającymi prestiż zawodu strażaka. Sondaż opublikowany przez CBOS w listopadzie 2013 roku [2] potwierdza wnioski na temat utrwalonej w polskich realiach najwyższej pozycji zawodu strażaka wśród ocenianych profesji. W tym badaniu 87% respondentów deklarowało duże poważanie dla służby wykonywanej przez reprezentantów Straży Pożarnej. Ta przewaga szczególnie wyraźnie uwidacznia się gdy zestawimy powyższy wskaźnik z danymi ukazującymi poziom prestiżu przypisywanego innym zawodom. Drugie miejsce w rankingu uzyskał profesor uniwersytecki (82% ankietowanych wyraziło duże poważanie wobec pracy profesora), natomiast na trzeciej pozycji znalazł się robotnik wykwalifikowany (81% wskazań). Na marginesie zauważmy, że taki rozkład ukazuje nam interesujące *novum* w postrzeganiu prestiżu zawodów związanych wykony-

waniem prac fizycznych. W dobie wolnego rynku w hierarchii prestiżu odzyskują poważanie profesje wymagające specjalistycznych, konkretnych umiejętności i kompetencji, a jednocześnie związane z wykonywaniem ciężkiej fizycznej pracy. Taki wniosek potwierdza kolejne miejsce w analizowanym zestawieniu, które przypadło górnikowi (81% wskazań dużego poważania w opinii ankietowanych).

7. Wnioski

W obecnych realiach społecznych Straż Pożarna posiada dobrze ugruntowaną, nadrzędną pozycję w rankingach zaufania społecznego, w hierarchii zawodów, w różnorodnych zestawieniach obrazujących społeczne oceny, a pośrednio również reputację przedstawicieli najważniejszych instytucji życia zbiorowego. Jest to pozycja na tyle stabilna, iż w jednym z cytowanych raportów na temat opinii o Straży Pożarnej – na tle pozostałych instytucji naszego społeczeństwa – znajdujemy nawet rekomendację, zgodnie z którą „ze względu na jednoznaczność uzyskanych wyników nie ma konieczności realizacji kolejnych pomiarów oceny działania Straży Pożarnej w odstępach mniejszych niż 12 miesięcy (pod warunkiem, że w tym czasie nie nastąpią jakieś spektakularne wydarzenia z udziałem Straży, które mogłyby wpłynąć na zmianę opinii publicznej)” [15].

W konkluzji analiz należy stwierdzić, iż wyniki reprezentatywnych badań sondażowych, z których wynika się zdecydowanie pozytywny wizerunek Straży Pożarnej oraz najwyższy poziom zaufania, jakim obdarzana jest ta instytucja w polskim (oraz europejskim) społeczeństwie, pozwalają wnioskować nie tylko na temat wysokiej skuteczności i zaangażowania strażaków w ich działania związane z zapewnieniem zbiorowego bezpieczeństwa. Nie należy bowiem zapominać o innych, dalej sięgających reperkusjach społecznych. Pozytywną konsekwencją wysokiego poziomu zaufania względem Straży są korzyści o charakterze ogólnospołecznym. W każdej bowiem wspólnocie wysokie „zaufanie [...] wpływa na poczucie tożsamości i wytwarza silną solidarność zbiorową, skłaniając ludzi do współpracy, pomagania sobie nawzajem, a nawet gotowości do poświęcania się na rzecz innych” [17]. Stanowi to niezwykle pożądaną standard działalności oraz wzorzec postępowania cenny dla szeroko ujmowanych procesów kształtowania postaw prospołecznych oraz budowania kultury bezpieczeństwa w ramach społeczeństwa obywatelskiego.

8. Podsumowanie

Analiza reprezentatywnych badań sondażowych umożliwia diagnozowanie opinii publicznej na temat ważnych zjawisk, procesów oraz instytucji życia społecznego. Pozwala ona na rekonstrukcję uogólnionego sposobu pojmowania znaczenia i roli organów bezpieczeństwa oraz rozpowszechnionego w zbiorowej świadomości oblicza służby pożarniczej jako formacji istotnie przyczyniającej się do ochrony bezpieczeństwa publicznego.

Wyniki badań dotyczących reputacji oraz ufności względem przedstawicieli służb pożarniczych ukazują

niekwestionowaną pozycję strażaków wśród najbardziej szanowanych profesji. Zajmują oni najwyższą pozycję w rankingach prestiżu i społecznego zaufania. Powyższe dane składają się na jednoznacznie pozytywny wizerunek Straży Pożarnej, pozwalający kształtować jej tożsamość oraz zasadnicze miejsce i znaczenie wśród innych instytucji działających na rzecz ładu i porządku społecznego.

Literatura

1. Centrum Badania Opinii Społecznej, *Komunikat z badań: Prestiż zawodów*, [dok. elektr.], http://www.cbos.pl/SPI-SKOM.POL/2009/K_008_09.PDF [dostęp 27.12.2013].
2. Centrum Badania Opinii Społecznej, *Komunikat z badań: Prestiż zawodów*, [dok. elektr.], http://www.cbos.pl/SPI-SKOM.POL/2013/K_164_13.PDF [dostęp 26.01.2014].
3. Bokszański Z. (red.), *Encyklopedia Socjologii, Suplement*, Oficyna Naukowa, Warszawa 2005.
4. Bokszański Z. (red.), *Encyklopedia Socjologii, T. 1*, Oficyna Naukowa, Warszawa 1998.
5. Bokszański Z. (red.), *Encyklopedia Socjologii, T. 3*, Oficyna Naukowa, Warszawa 2000.
6. Gawroński S., *Media relations służb mundurowych w Polsce. Analiza wybranych formacji*, Konsorcjum Akademickie WSE, WSiLiZ, WSZiA, Kraków – Rzeszów – Zamość 2011.
7. Gizicki W., *Bezpieczeństwo jako proces polityczno-społeczny*, [w:] *Społeczno-moralna potrzeba bezpieczeństwa i porządku publicznego*, Świtka J., Kuć M., Gozdór G. (red.), Towarzystwo Naukowe Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego Jana Pawła II, Lublin 2007, s. 11-46.
8. GfK Custom Research, *Komunikat z badań: Firefighters are the most trusted group*, [dok. elektr.] http://www.gfk.com/imperia/md/content/presse/pm_trust_index_june_2009_efin.pdf [dostęp 10.02.2014].
9. Hardin R., *Zaufanie*, tłum. A. Gruba, Wydawnictwo Sic!, Warszawa 2009.
10. *Kogo darzymy zaufaniem, kim gardzimy?*, [dok. elektr.] <http://praca.wp.pl/title,Kogo-darzymy-zaufaniem-kim-gardzimy,wid,14419797,wiadomosc.html> [dostęp 12.02.2014].
11. Krężel K., *Falerystyka pożarnicza w Polsce w latach 1918-1939 na tle konsolidacji i przemian ruchu strażackiego*, [w:] *Obszary akademickiej wiedzy naukowej. Prawo i społeczeństwo. Tematy do dyskusji na XXI wiek*, Gwoździčka-Piotrowska M., Wiśniewski J. (red.), Akademicki Instytut Naukowo-Wydawniczy „Altus”, Poznań 2011, s. 57-92.
12. Kuć M., *Poczucie bezpieczeństwa jako problem kryminologiczny i wiktymologiczny*, [w:] *Społeczno-moralna potrzeba bezpieczeństwa i porządku publicznego*, Świtka J., Kuć M., Gozdór G. (red.), Towarzystwo Naukowe Katolickiego Uniwersytetu Lubelskiego Jana Pawła II, Lublin 2007, s. 109-123.
13. Sitek B., *Problemy bezpieczeństwa antycznego Rzymu*, [w:] *Bezpieczeństwo dużych i średnich aglomeracji z perspektywy europejskiej*, Lisiecki M., Sitek B. (red.), Wydawnictwo Wyższej Szkoły Gospodarki Euroregionalnej im. Alcide De Gasperi, Józefów 2011, s. 315-329.
14. Sondaż: Polacy daliby więcej budżetówce, [dok. elektr.] <http://sondaz.wp.pl/kat,72114,wid,9544636,wiadomosc.html> [dostęp 11.12.2013].
15. *Straż Pożarna na tle innych instytucji życia publicznego*, Raport z badań ilościowych dla Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej, [dok. elektr.]
16. http://www.straz.gov.pl/data/newsFiles/straz_pozarna_na_tle_pozostalych_inst.pdf [dostęp 18.12.2013].
17. Swoboda P., *Poczucie bezpieczeństwa obywateli w Polsce w okresie transformacji systemowej*, [w:] *Elementy świadomości politycznej współczesnego społeczeństwa polskiego*, Łabędź K. (red.), Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu Pedagogicznego, Kraków 2012, s. 172-197.

18. Sztompka P., *Zaufanie. Fundament społeczeństwa*, Wydawnictwo Znak, Kraków, 2007.
19. Torczyńska M., *Anomia czasów transformacji – refleksje w perspektywie deprywacji potrzeby bezpieczeństwa osobistego i prawnego*, „Środkowoeuropejskie Studia Polityczne”, Issue 2, 2005, pp. 237-250.
20. Torczyńska M., *Deprywacja potrzeby bezpieczeństwa prawnego i osobistego jednostki w społeczeństwie nieustabilizowanej demokracji*, [w:] *Problemy społeczne w grze politycznej. Współczesne zagrożenia społeczne – diagnoza i przeciwdziałanie*, Królikowska J. (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 2006, s. 110-114.
21. Wawrzyniak J., *Wizerunek służb mundurowych a poczucie bezpieczeństwa*, Acta Universitatis Wratislaviensis nr 3079, 2008, [dok. elektr.] <http://www.wsaib.pl:84/cgi-bin/libra-opac.dll?det&oid=141212&dt=0> [dostęp 23.12.2013].
22. Wyniki badania zaufania do instytucji publicznych, [dok. elektr.] <http://www.straz.gov.pl/page/index.php?str=830&id=33754> [dostęp 21.12.2013].

dr Monika Torczyńska – absolwentka socjologii, filozofii i prawa, zatrudniona na stanowisku adiunkta w Instytucie Kulturoznawstwa UMCS. Obszar jej zainteresowań badawczych obejmuje problematykę kultury i świadomości prawnej demokratycznych społeczeństw.

канд. техн. наук **ЯКОВЧУК Р.С. / YAKOVCHUK R.S., Ph.D.¹**

канд. техн. наук **ВЕСЕЛИВСКИЙ Р.Б. / VESELIVSKIY R.B., Ph.D.¹**

Przyjęty/Accepted/Принят: 14.02.2014;

Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 15.07.2014;

Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕЗАЩИТНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАПОЛНЕННЫХ КРЕМНИЙОРГАНИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ БЕТОНА²

Effectiveness Testing of Filled Silicon Organic Coatings for Concrete

Badania skuteczności pożarowej powłok krzemooorganicznych z wypełniaczem stosowanych do betonu

Аннотация

Цель: Целью работы является исследование огнезащитной эффективности разработанного вещества для защиты бетонных конструкций от воздействия высоких температур и открытого пламени при пожаре.

Введение: Огнезащитная способность наполненных кремнийорганических покрытий основывается на создании вспученного термоизоляционного слоя, который образуется на поверхности бетонной конструкции при температуре 473-773 К. Этот слой не позволяет огню повредить строительные конструкции, а высокой температуре, возникающей при пожаре, нагревать их до критических значений, при которых они будут терять свою несущую способность и разрушатся.

Методы: Огнезащитную способность покрытия для бетона определяли по стандартизированной методике, которая базируется на определении линейного коэффициента вспучивания материала покрытия, согласно ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29-2010 Огнезащитная обработка строительных конструкций. Общие требования и методы контроля. Настоящий стандарт устанавливает общие требования и методы контроля огнезащитной способности средств огнезащиты при приеме выполненных работ по огнезащитной обработке строительных конструкций, идентификации и последующей эксплуатации.

Результаты: Результаты экспериментальных исследований подтвердили правильность выбора компонентного состава наполненных кремнийорганических покрытий для бетона. Предложенное огнезащитное вещество при нагревании имеет высокую защитную эффективность благодаря образованию вспученного термоизоляционного слоя с низкими показателями теплопроводности и высоким линейным коэффициентом вспучивания. Определено, что составы огнезащитных веществ № 3 и № 4 характеризуются высокими линейными коэффициентами вспучивания и низкими характеристиками коэффициентов теплопроводности, что, в свою очередь является важными показателями эффективности огнезащиты для бетонных строительных конструкций. Лучшие характеристики имеет огнезащитное вещество состава № 3, для которого $\lambda = 0,058$ Вт / м·К и $K_d = 12,3$.

Выводы: Целесообразность использования вспучивающихся огнезащитных покрытий обусловлена тем, что они тонкослойные, при нагревании не выделяют токсичных веществ, имеют высокую огнезащитную эффективность, а их приготовления и нанесения на поверхность позволяет применять общепринятую в лакокрасочной промышленности технологию. Образование слоя с оптимальными защитными свойствами определяется в значительной степени составом разработанного огнезащитного вещества, количественным соотношением между компонентами и химическими процессами, протекающими при его формировании.

Ключевые слова: огнестойкость, трещиностойкость, огнезащитное вещество, огнезащита, адгезия, теплопроводность

Вид статьи: оригинальная научная статья

Abstract

Aim: The purpose of this research is to study the fire retardant effectiveness of developed substances for use in protection of concrete structures against high temperatures and open fire flames.

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 Авторы внесли одинаковый вклад в создание статьи / The authors contributed equally to this article;

Introduction: Fire-retardant capability of filled silicon organic coatings is based on the creation of an expanded thermal insulation layer, which is formed on the surface of concrete structures at a temperature of 473-773 K. This layer protects construction structures from fire damage, and high temperatures which occur during a fire incident. The structures heat up to a critical temperature level, at which point they lose their load bearing capacity and collapse.

Methods: Fire retardant capability of coatings for concrete was determined by a standardized method based on identifying the linear coefficient of coating expansion, in accordance with the Ukraine Fire Protection "State Standard -N-P B V.11-29-2010 - Fire Retardant Treatment of Building Structures, General Requirements and Methods of Control". This Standard specifies general requirements and fire retardant capability control methods during commissioning of completed building structures, which were exposed to fire-retardant treatment, identification and subsequent use.

Results: Results from experimental studies confirmed that the selected composition components of filled silicon organic coatings for concrete was appropriate. The proposed fire retardant substance has high protective efficiency properties during heating, due to the formation of an expanded insulation layer with a low thermal conductivity index and high coefficient of linear expansion. It was determined that the composition of fire retardant substances, number 3 and 4, are characterized by the highest linear coefficient of swelling and the lowest thermal conductivity index. These are important indicators of fire protection effectiveness for concrete structures. The best specifications are revealed by fire retardant substance number 3, for which $\lambda = 0,058 \text{ Wt / m} \cdot \text{K}$ and $KI = 12.3$.

Conclusions: The use of expanding fire protective coatings is appropriate because the substances are thin-layered, do not emit toxic elements when heated and are very effective in fire-retardant performance. Their preparation and application to the surface enables the use of current conventional technology in the paint and varnish industry. The formation of a layer with optimum protective properties, when coating is exposed to high temperatures, is determined largely by the developed fire retardant composition of elements making up the substance and quantitative relationship between components, and ultimately the chemical process which occurs during production.

Keywords: fire resistance, crack resistance, fire-retardant coating, fire protection, adhesion, thermal conductivity

Type of article: original scientific article

Abstrakt

Wprowadzenie: Powłoki krzemoorganiczne z wypełniaczem wykazują zdolność ogniochronną poprzez tworzenie spęczniałej warstwy termoizolacyjnej na powierzchni konstrukcji betonowej przy temperaturze 473-773 K. Warstwa ta nie pozwala na uszkodzenie przez ogień konstrukcji budowlanych, a przy wysokiej temperaturze podczas pożaru zatrzymuje nagrzewanie się konstrukcji do punktu krytycznego, przy którym konstrukcja traci swoją nośność i ulegają zniszczeniu. Celem pracy jest zbadanie skuteczności ogniochronnej opracowanej substancji przeznaczonej do ochrony konstrukcji betonowych przed oddziaływaniem wysokich temperatur i otwartym ogniem w warunkach pożaru.

Metody: Zdolność ogniochronna powłoki do betonu była obliczana według normatywnej metodologii, bazującej na określeniu współczynnika liniowego pęcznienia materiału powłoki, zgodnie z normą „ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29-2010. Обработка огнеchronna konstrukcji budowlanych. Общие требования и методы контроля”. Dana norma określa ogólne wymagania i metody kontroli właściwości ogniochronnych środków ogniochronnych podczas odbioru wykonanych prac związanych z obróbką ogniochronną konstrukcji budowlanych, identyfikacji i późniejszej eksploatacji.

Wyniki: Wyniki badań eksperymentalnych potwierdziły słuszność wyboru elementów składowych krzemoorganicznych powłok z wypełniaczem do betonu. Zaproponowana substancja ogniochronna podczas nagrzewania wykazuje wysoką skuteczność ogniochronną dzięki wytworzeniu spęczniającej się warstwy termoizolacyjnej o niskim współczynniku przewodzenia ciepła i wysokim współczynniku liniowym pęcznienia. Ustalono, iż skład substancji chemicznych nr 3 i nr 4 charakteryzuje wysoki liniowy współczynnik pęcznienia i niskie wartości współczynników przewodzenia ciepła, które z kolei są ważnymi charakterystykami decydującymi o skuteczności ogniochronnej betonowych konstrukcji budowlanych. Najlepsze właściwości wykazuje substancja ogniochronna nr 3, dla której wartości wynoszą $\lambda = 0,058 \text{ W / m} \cdot \text{K}$ i $K_f = 12,3$.

Wnioski: Słuszność zastosowania pęczniących powłok ogniochronnych jest uzasadniona tym, że są one cienkowarstwowe, przy nagrzewaniu nie wydzielają substancji toksycznych oraz charakteryzują się wysoką skutecznością ogniochronną, a ich przygotowanie i naniesienie na powierzchnię może odbywać się przy użyciu powszechnie stosowanej w przemyśle lakierniczym technologii. Tworzenie warstwy o optymalnych właściwościach ochronnych w dużym stopniu zależy od opracowania składu substancji ogniochronnej oraz stosunku ilościowego pomiędzy elementami i procesami chemicznymi zachodzącymi podczas jej formowania.

Słowa kluczowe: odporność ogniowa, odporność na pękanie, środek ogniochronny, ochrona ogniowa, adhezja, przewodzenie ciepła

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

1. Введение

Строительные конструкции в обычных условиях эксплуатации могут хранить необходимые рабочие свойства в течение десятков лет. В условиях пожара эти же конструкции очень быстро теряют свои эксплуатационные качества, разрушаются или теряют способность препятствовать распространению огня. Одной из основных опасностей во время пожара в здании является снижение прочности и обрушение несущих конструкций (металлических, железобетонных) под воздействием открытого пламени и высоких температур. Как показывает практика, люди при

пожаре гибнут в основном не от ожогов, а от травм, связанных с разрушением строительных конструкций и отравлением токсичными продуктами горения.

Во время пожара температура в зоне горения может превышать 1273 K [1]. В этих условиях элементы несущих конструкций испытывают значительные термические напряжения, а локальная температура элементов конструкций может превысить критическую черту. Разрушение конструкций происходит через высокое давления пара в порах бетона под воздействием термических напряжений, а также через разницы

в коэффициентах температурного расширения различных заполнителей бетона.

Таким образом, при воздействии на бетон высоких температур во время пожара в его структуре происходят необратимые деструкционные изменения. Учитывая недостаточную долговечность бетона и изделий на его основе, связанную с деструктивными процессами в поверхностных слоях при эксплуатации и действии огня, целесообразным является защита их поверхности от воздействия агрессивных факторов путем нанесения огнезащитных веществ.

Использование огнезащитных веществ на основе кремнийорганических композиций, которые при нагревании переходят в керамический материал, позволяет значительно расширить температурный интервал использования указанных изделий. Разработка составов таких веществ основывается на использовании связки и наполнителя с высокой температуростойкостью, а также их способности при нагревании взаимодействовать между собой с образованием керамико-матричного композиционного материала, который не окисляется и устойчив к воздействию огня. Рациональный подбор компонентов способствует обеспечению высоких теплозащитных свойств покрытия, что в свою очередь позволит длительное время защищать бетонные строительные конструкции от воздействия теплового излучения и открытого пламени, предотвратит трещинообразование и обеспечит надежную эксплуатацию конструкций в течение длительного времени.

Огнезащитная эффективность таких покрытий основывается на создании вспученного термоизоляционного слоя, который образуется на поверхности бетонной конструкции при температуре 473-773 К. Благодаря низкой теплопроводности, пористый термоизоляционный слой покрытия предотвращает быстрый прогрев защищенной строительной конструкции. Поэтому исследования огнезащитной эффективности покрытия является важной технической задачей.

2. Анализ последних исследований и публикаций

Огнезащита бетонных строительных конструкций играет важную роль в системе обеспечения пожарной безопасности различных объектов. В настоящее время в практике огнезащиты широко используют метод обработки огнезащитными покрытиями различного компонентного состава [2]. Тонкослойные покрытия, которые обладают способностью вспучиваться, занимают значительное место среди средств огнезащиты, применяемых сегодня [3]. Для термозащиты применяют многослойные кремниевые покрытия, число слоев которых достигает 6...8. Внешнее покрытие состоит из следующих элементов ($R_2O_3 \cdot SiO_2$; $2R_2O_3 \cdot 3SiO_2$; $R_2O_3 \cdot SiO_2$, где R – Sc, Tm, Yb, Gd, Th или их комбинации) [4]. В качестве промежуточного слоя использованы слои муллита, алюмосиликатов магния, кальция, бария и антикоррозионные составы – гафния оксид и силикат, скандия и иттербия силикаты. Внутренний

слой – оксиды и силикаты гафния и циркония. Температурный коэффициент линейного расширения слоев изменяется в пределах $(40...60) \cdot 10^{-7} K^{-1}$ и обеспечивает прочное сцепление с поверхностью подкладок.

О разработке новых составов огнестойких покрытий для защиты бетонных конструкций на основе наполненных компонентами оксидов кремнийорганических полимеров, описано в [5].

3. Методы

Огнезащитную способность покрытия для бетона определяли по методике [6], которая базируется на определении линейного коэффициента вспучивания огнезащитного материала.

Сущность метода определения линейного коэффициента вспучивания заключается в определении отношения толщины огнезащитного материала, нанесенного на стальную пластину, до и после воздействия температуры 613 К. Для испытаний по методу определения линейного коэффициента вспучивания огнезащитные вещества (краски, лаки) наносят по технологии предприятия-производителя на две стальные квадратные пластины со стороной (50 ± 1) мм и толщиной $(2,0 \pm 0,2)$ мм.

Толщина слоя покрытия после высыхания должна составлять $(1,0 \pm 0,5)$ мм. Допускается нанесение слоя другой толщины, если это предусмотрено технологией предприятия-изготовителя. С огнезащитных материалов, поставляемых в виде лент, пластин и т.п., вырезают образцы длиной (50 ± 1) мм и фактической шириной, но не более (50 ± 1) мм, которые накладывают или наклеивают на стальные пластины согласно технологии предприятия-изготовителя.

Подготовленные образцы высушивают при температуре $(20 \pm 5) ^\circ C$ в течение 48 часов и при температуре $(70 \pm 5) ^\circ C$ в течение 3 часов. После охлаждения до температуры окружающей среды измеряют толщину слоя покрытия из огнезащитного материала h_n по формуле:

$$h_n = h_z + h_m, \quad (1)$$

где h_z – толщина образца (вместе со стальной пластиной), мм;

h_m – толщина стальной пластины, мм.

Устройством регулирования, поддержания и контроля температуры в печи задают температуру $(340 \pm 5) ^\circ C$ и доводят ее до постоянной температуры в течение не менее 1 часа.

Два образца вносят в печь за время не более 20 секунд. После закрытия печи включается секундомер. Через 20 минут пластины вынимают из печи и устанавливают на поверхность из негорючего материала для охлаждения. Через 30 минут штангенциркулем определяется средняя высота вспученного слоя материала h_c на каждой пластине.

Для определения среднего значения высоты измеряют высоту в пяти точках в центре пластины

и в средних точках между центром и углами пластины.

По результатам испытаний по методу определения линейного коэффициента вспучивания рассчитывается коэффициент вспучивания на пластинах K_{λ} по формуле:

$$K_{\lambda} = 0,5 (h_{c1} / h_{n1} + h_{c2} / h_{n2}), \quad (2)$$

где h_{c1} , h_{c2} – средние значения толщины вспученного слоя материала на первой и второй пластинах, мм;
 h_{n1} , h_{n2} – средние значения толщины начального слоя материала на первой и второй пластинах, мм.

Экспериментальное определение коэффициентов теплопроводности исследуемых составов покрытий и бетона было проведено с помощью динамического измерителя теплопроводности ИТ-λ-400, методом монотонного теплового нагрева.

4. Результаты

Огнезащитное средство считается выдержавшим испытания, если значение коэффициента вспучивания составляет не менее 80% от значения коэффициента вспучивания, представленного компанией-производи-

телем в технологическом регламенте на соответствующее огнезащитное средство.

Проведенными исследованиями установлено линейные коэффициенты вспучивания и теплопроводности для четырех составов огнезащитных покрытий, которые приведены в табл. 1.

На рис. 1 и табл. 2 представлены зависимости коэффициента теплопроводности огнезащищенного бетона при нагревании.

Уменьшение коэффициента теплопроводности огнезащищенного бетона подтверждается образованием на его поверхности теплоизоляционного поризованного слоя. Исходное покрытие (рис. 2 а) представлено плотно соединенными между собой частицами оксидного наполнителя полиметилфенилсилоксановой связкой. Нагревание до 623 К благодаря термоокислительной деструкции связки приводит к образованию округлых пор с частичным разрывом связей между отдельными частицами наполнителя (рис. 2 б). При температуре нагрева 873 К (рис. 2 в) в структуре покрытия появляется значительное количество пор различной конфигурации, а частицы наполнителя частично оплавляются. Нагревание до 1273 К (рис. 2 г) приводит к образованию на поверхности бетона сильно поризованного огнезащитного слоя.

Таблица 1.

Линейные коэффициенты вспучивания и теплопроводности исследуемых составов покрытий

Table 1.

Linear coefficients of thermal conductivity and expansion of the investigated coating compositions

№ состава Покрытия Number of coating composition	Линейный коэффициент вспучивания, K_{λ} Linear coefficients of expansion	Коэффициент теплопроводности, $\lambda, \frac{Bm}{m \cdot K} (T = 613K)$ Coefficient of thermal conductivity
1	11,9	0,075
2	12,1	0,068
3	12,2	0,063
4	12,3	0,058

Источник: Собственное исследование.

Source: Own elaboration.

Таблица 2.

Коэффициенты теплопроводности огнезащищенного бетона при нагревании

Table 2.

Coefficients of thermal conductivity of fire resistant concrete during heating

№ состава Покрытия Number of coating composition	Коэффициент теплопроводности, $\lambda, \frac{Bm}{m \cdot K}$ Coefficient of thermal conductivity			
	293 К	623 К	873 К	1273 К
Без покрытия Without coating	0,95	0,78	0,59	0,50
1	0,92	0,62	0,50	0,44
2	0,92	0,51	0,48	0,42
3	0,91	0,46	0,43	0,40
4	0,91	0,43	0,40	0,38

Источник: Собственное исследование.

Source: Own elaboration.

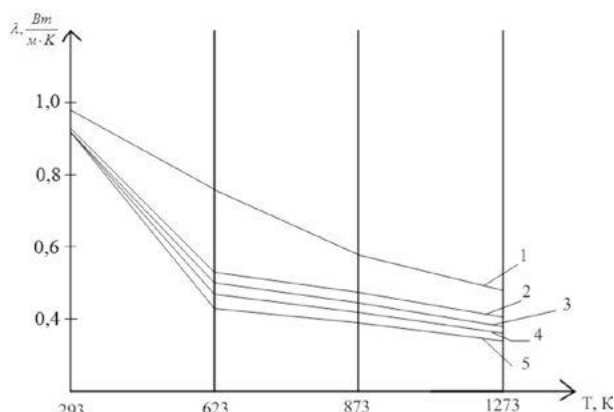


Рис. 1. Зависимость коэффициента теплопроводности огнезащитного бетона от температуры: 1- незащищенный бетон; 2- бетон защищен покрытием состава № 1; 3- бетон защищен покрытием состава № 2; 4- бетон защищен покрытием состава № 3; 5- бетон защищен покрытием состава № 4

Fig. 1. The dependence of thermal conductivity coefficient of the fire-protected concrete on the temperature: unprotected concrete; 2- concrete protected by coating composition No. 1; 3- concrete protected by coating composition No. 2; 4- concrete protected by coating composition No. 3; 5- concrete protected by coating composition No. 4

Источник: Собственное исследование.

Source: Own elaboration.

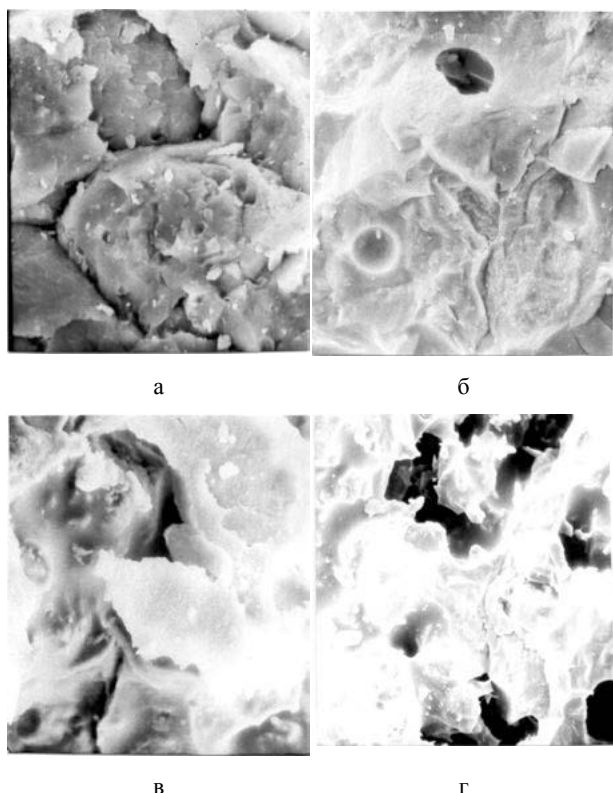


Рис. 2. Изменение микроstructures защитного покрытия при нагревании:

а- исходное; б- 623 К; в- 873 К; г- 1273 К

Fig. 2. Changes in the microstructure of the protective coating during heating

а- origin; б- 623 K; в- 873 K; г- 1273 K

Источник: Собственное исследование.

Source: Own elaboration.

Формирование качественного защитного покрытия на поверхности бетона зависит от состава исходных композиций, физико-химического состава бетона и условий твердения. Лабораторными исследованиями установлено текучесть исходной композиции (30-34 с по ВЗ- 4) и сухого остатка (84-79 масс. %). Определены микротвердость (217,1-260,5 МПа), что достигается при его выдерживании 24 ч при температуре 20 °С и покровную способность (240-270 г/м²) при толщине нанесения 0,4-0,6 мм.

Все разработанные составы защитных покрытий обладают высокой прочностью на удар (4,5-5,0 Дж) и прочностью на изгиб (1-2 мм).

Ускоренными исследованиями определения атмосфероустойчивости защитных покрытий доказано их высокую изолирующую способность. Краевой угол смачивания покрытий составляет больше 90 градусов, а водопоглощение защищенного бетона находится в пределах 0,18-0,58 масс.%, что в 10-25 раза меньше исходного.

5. Выводы

Таким образом, путем экспериментальных исследований определено огнезащитную способность наполненных кремнийорганических покрытий для бетона, подтверждена правильность выбора составов огнезащитных покрытий, которые характеризуются отличными показателями эффективности огнезащиты для бетонных строительных конструкций, а именно:

Огнезащитная эффективность разработанного вещества на основе кремнийорганической связки, наполненной алюминия, кремния и магния оксидами, основывается на создании вспученного термоизоляционного слоя. Огнезащитный слой образуется на поверхности бетонной конструкции при температуре 473-773 К. Благодаря низкой теплопроводности пористый термоизоляционный слой покрытия предотвращает быстрое прогревание защищенной строительной конструкции, тем самым повышает ее огнестойкость.

Составы огнезащитных покрытий № 3 и № 4 характеризуются наиболее высокими линейными коэффициентами вспучивания и наиболее низкими значениями коэффициентов теплопроводности, что, в свою очередь является важным показателем эффективности огнезащиты для бетонных строительных конструкций. Лучшие характеристики имеет огнезащитное вещество состава № 3, для которого $\lambda = 0,058$ Вт / м·К та $K_{\lambda} = 12,3$.

Литература

1. Milovanov A.F., *Stoykost' zhelezobetonnykh konstruktсий pri pozhare*, Stroyizdat, Moscow 1998, p. 304.
2. Orlovskij Yu.T., Shnal' T.M., *Pidvishennja vognestijnosti konstrukcij budivel' ta sporud vognenezahisnimi pokrittjami*, „Pozhezhna Bezpeka”, Issue 2, 2002, pp. 50-55.
3. Krivtsov Yu.V., Lamkin O.B., Rubtsov V.V., Gabduln R.SH., *Tonkosloynaya ognenezashchita betona*, „Promyshlennoye i grazhdanskoye stroitel'stvo”, Issue 6, 2006, pp. 42-44.
4. Yemchenko I.V., M.M. Givljud, *Shljahi reguljuvannja vlastivostej oksidnoї keramiki, oderzhanoї iz napovnenih*

silicijorganichnih kompozicij, „Visnik Donec’kogo derzhavnogo universitetu ekonomiki i torgivli im. M. Tugaj – Baranovs’kogo, Issue 1, 2006, pp. 148-152.

5. Yakovchuk R.S., Parkhomenko R.V., Kotsiyy Ya.Y., Kordieryitovyi vognetrivkiy zakhisniy pokrittya dlya betonikh konstruktsiyy, „Pozhezhna bezpeka”, Issue 21, 2012, pp. 195-200.
6. Zahyst vid pozhezhi. Vognegahysne obrobljannja budivel’nyh konstrukcij. Zagal’ni vymogy ta metody kontroljuvannja: DSTU-N-P B V.1.1–29:2010, [Chynnyy vid 2011-11-01], Minregionbud Ukrainy, 2011, p. 9 (Nacional’nyj standart Ukrainy).

Яковчук Роман Святославович – старший преподаватель кафедры надзорно-профилактической деятельности, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности.

Веселивский Роман Богданович – доцент кафедры гражданской защиты и компьютерного моделирования екогеофизических процессов, кандидат технических наук, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности.

dr inż. **Paweł A. KRÓL**¹**dr hab. inż. Lesław KWAŚNIEWSKI**, prof. PW²st. kpt. mgr inż. **Krzysztof J. ŁĄCKI**³

Przyjęty/Accepted/Принят: 23.10.2014;

Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 19.11.2014;

Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

WYBRANE ZAGADNIENIA MODELOWANIA SŁUPÓW STALOWYCH PODDANYCH ODDZIAŁYWANIOM POŻAROWYM⁴

Selected Issues Concerning the Use of Computational Techniques in the Design of Steel Pillars Subsequently Exposed to a Fire

Выбранные вопросы моделирования стальных столбов, подверженных воздействиям пожара

Abstrakt

Cel: Celem artykułu jest wskazanie możliwości wykorzystania dostępnych, zaawansowanych narzędzi numerycznych do wirtualnego testowania konstrukcji poddanych oddziaływaniom symulowanego pożaru. Przy poprawnie skalibrowanym modelu obliczeniowym, testy przeniesione na platformę wirtualną mogą stanowić wiarygodną alternatywę dla tradycyjnych, kosztownych metod badawczych, w szczególności badań doświadczalnych konstrukcji w skali naturalnej.

Wprowadzenie: Modelowanie słupów stalowych w warunkach pożaru napotyka poważne trudności z uwagi na problemy z dopasowaniem i właściwą kalibracją modelu numerycznego w sposób zapewniający jak najlepsze odwzorowanie warunków pracy, zbliżonych do tych, w jakich znajduje się rzeczywista konstrukcja. W trakcie pożaru, w elementach nośnych (słupach, ryglach) rzeczywistej konstrukcji, przeszytwnionej w sposób naturalny elementami doń dochodzącymi generują się dodatkowe siły wewnętrzne, trudne do przewidzenia i których wielkość zależy od sztywności elementów zbiegających się w węzłach, sposobu ich deformacji, rozkładu pól temperatury itp. Ograniczenie zarówno przemieszczeniowych, jak i obrotowych stopni swobody wywołuje dodatkowe obciążenie, które w połączeniu ze zmniejszoną (na skutek działania podwyższonej temperatury) sztywnością elementu może powodować jego wcześniejsze wyboczenie i tym samym – zmniejszenie jego odporności pożarowej, często poniżej poziomu wymaganego odpowiednimi przepisami techniczno-budowlanymi.

Metodyka: W niniejszym opracowaniu zaprezentowano wyniki analiz i symulacji numerycznych przeprowadzonych z uwzględnieniem nieliniowego charakteru zjawisk. W pracy położono nacisk na doskonalenie przyjętego modelu obliczeniowego, jego weryfikację i wielokryterialną walidację. W analizach uwzględniono kilka wariantów warunków brzegowych – zarówno termicznych, jak i mechanicznych. Wyniki analiz porównano z wynikami autentycznych badań laboratoryjnych przeprowadzonych w Uniwersytecie Ulster we współpracy z Uniwersytetem w Sheffield (Wielka Brytania), które wykorzystano do walidacji modelu numerycznego.

Wnioski: Ciągły rozwój technik obliczeniowych stwarza możliwości wykorzystania w analizie konstrukcji budowlanych nowoczesnych metod i narzędzi komputerowych, pozwalających na prowadzenie zaawansowanych analiz termo-mechanicznych. Dostępne narzędzia numeryczne umożliwiają dokładną ocenę przyrostu temperatury elementów konstrukcyjnych z równoczesną analizą wpływu warunków środowiska na mechaniczną odpowiedź konstrukcji. Na obecnym etapie stosowanie tego typu technik obliczeniowych wymaga, poza umiejętnościami obsługi skomplikowanych, komercyjnych narzędzi komputerowych, także zaawansowanej, gruntownej wiedzy teoretycznej. Przeprowadzone analizy wykazały, jak pozornie nieistotne i trudne do uchwycenia błędy modelowe mogą wpływać na jakość uzyskanych wyników.

¹ Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, Al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa; p.krol@il.pw.edu.pl / Warsaw University of Technology, Poland.

² Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Lądowej, Al. Armii Ludowej 16, 00-637 Warszawa / Warsaw University of Technology, Poland.

³ Szkoła Główna Służby Pożarniczej w Warszawie, Wydział Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego, ul. Słowackiego 52/54; 01-629 Warszawa; klacki@sgsp.edu.pl / The Main School of Fire Service, Poland.

⁴ Wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage contribution: P. A. Król – 30%, L. Kwaśniewski – 50%, K. J. Łącki – 20%.

Słowa kluczowe: pożar, słup stalowy, model numeryczny, weryfikacja, walidacja, kalibracja, sprzężone analizy termo-mechaniczne
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Abstract

Aim: The purpose of this study is identification of accessible advanced computational tools to facilitate virtual testing of structures exposed to the thermal action of fire. With correctly calibrated numeric models, structure tests transferred to a virtual platform can provide a credible alternative to traditional costly research methods, particularly experimental research performed on actual scale constructions.

Introduction: The modelling process for steel pillars exposed to action of a fire faces serious difficulties because of problems involving matching and proper calibration of the numeric model to ensure the best possible reproduction of working conditions, similar to those in the actual environment. During a fire incident, additional internal forces are generated, which are difficult to predict, culminating in deformation of pillars and adjoining structure elements. Axial and rotational restraints can produce significant loadings which, together with reduced rigidity caused by thermal action, may cause premature buckling of pillars, often below accepted parameters required by relevant building regulations, and reduce pillars' resistance to the consequence of fire.

Methodology: The paper reveals results from an analysis and performed numeric simulations, and takes account of the non-linear character of outcomes. The paper provides a focus on the development of a selected numeric model, its verification and validation. The analysis includes several variations of boundary conditions covering thermal as well as mechanical issues. For validation purposes, the numeric prediction of structural reaction during heating was compared with published experimental data for tests performed at the University of Ulster in collaboration with the University of Sheffield, UK.

Conclusions: The continuous development of computational techniques provides opportunities in the application of modern techniques and computer technology for performing advanced structural-thermal analysis for building structures. Available numeric tools allow for an accurate assessment of temperature increases in structures. Simultaneously, they facilitate an examination of influences caused by environmental conditions on the mechanical reaction of structures. In order to use such a computational technique a prerequisite lies in the ability to manipulate complex commercial software. Additionally, it is necessary to have advanced and in depth theoretical knowledge of the topic. Examination by authors reveal how seemingly insignificant and difficult to identify modelling errors can affect the quality of final results.

Keywords: fire, steel column, numerical model, verification, validation, calibration, coupled structural-thermal analysis

Type of article: original scientific article

Аннотация

Цель: Целью статьи является определение возможности использования доступных современных числовых методов для виртуального тестирования конструкций подверженных воздействию симулированного пожара. При правильно откалиброванной расчётной модели, тесты, перенесённые на виртуальную платформу, могут стать достоверной альтернативой для традиционных, дорогостоящих методов исследования, в частности, экспериментальных испытаний конструкций в реальном масштабе.

Введение: Моделирование стальных столбов в условиях пожара сталкивается с серьёзными трудностями из-за проблем с подгонкой и правильной калибровкой числовой модели так, чтобы обеспечить наилучшее отображение условий работы аналогичных тем, в которых находится реальная конструкция. Во время пожара в несущих элементах (столбах, ригелях) реальной конструкции стойкой естественным способом с помощью её частей, генерируются дополнительные внутренние силы, действия которых трудно спрогнозировать и величина которых зависит от жёсткости элементов, сходящихся в узлах, от способа деформации, от разложения температурных полей и т.п. Ограничение как степени свободы перемещения, так и степени свободы вращения вызывает дополнительную нагрузку, которая в сочетании с уменьшенной (вследствие действия повышенной температуры) жёсткостью элемента может привести к его раннему изгибанию и тем самым – к снижению его огнестойкости, часто ниже уровня, требуемого соответствующими техническими и строительными правилами.

Методика: В данной разработке представлены результаты анализов и числовых симуляций осуществлённых с учётом нелинейного характера явлений. В работе основное внимание уделяется совершенствованию принятой численной модели, ее проверке и валидации по множеству критериев. Анализы включают в себя несколько вариантов граничных условий - как термических, так и механических. Результаты анализов были сопоставлены с результатами реальных лабораторных исследований, проведенных в Университете Ольстера в сотрудничестве с Университетом Шеффилд, которые были использованы для валидации численной модели.

Выводы: Постоянное развитие вычислительной техники создает возможности использования при анализе строительных конструкций современных методов и компьютерных инструментов, которые позволяют проводить современные термо-механические анализы. Доступные числовые решения позволяют точно оценить рост температуры структурных элементов с одновременным анализом влияния условий окружающей среды на механические ответы конструкции. На данном этапе использование вычислительных техник такого типа требует, кроме умения работать со сложными, коммерческими компьютерными инструментами, также развитые, основные теоретические знания. Проведенные анализы показали, что кажущиеся незначительными и трудными для обнаружения модельные ошибки могут влиять на качество полученных результатов.

Ключевые слова: пожар, стальной столб, числовая модель, проверка, валидация, калибровка, сопряжённые термомеханические анализы

Вид статьи: оригинальная научная статья

Pro Memoria

Artykuł niniejszy dedykujemy pamięci naszego nieodżałowanego Kolegi, wielkiego przyjaciela młodzieży, cenionego nauczyciela akademickiego i wybitnego specjalisty w zakresie zastosowań metod komputerowych w inżynierii – **dra hab. inż. Lesława Kwaśniewskiego, profesora PW**, który niespodziewanie przegrał walkę z chorobą w dniu 12 października 2014 r. Do końca był niezwykle aktywny w pracy zawodowej, snuł szerokie plany na przyszłość. Jesteśmy dumni z tego, że mogliśmy razem z nim pracować. Cześć Jego Pamięci!

1. Wprowadzenie

Zgodnie z postanowieniami zawartymi w normie PN-EN 1993-1-2 [1] nośność konstrukcji stalowych podczas pożaru można oceniać na poziomie pojedynczego elementu, wyodrębnionej części układu konstrukcyjnego (tzw. podukładu) lub całej konstrukcji. W przypadku słupów, stanowiących pionowe elementy nośne w wielokondygnacyjnych układach szkieletowych, w wyniku działania pożaru generują się dodatkowe siły podłużne i/lub momenty zginające spowodowane różnicowanym oddziaływaniem pól temperatury na sąsiadujące elementy konstrukcyjne układu. Naturalne ograniczenia zarówno przemieszczeniowych, jak i obrotowych stopni swobody mogą wywoływać w elemencie dodatkowe siły wewnętrzne o znacznych wartościach, trudne lub niemożliwe do dokładnej identyfikacji, które finalnie, w połączeniu ze zredukowaną sztywnością i zmniejszonymi wartościami parametrów wytrzymałościowych materiału, mogą prowadzić do przedwczesnego wyboczenia i – w efekcie do znaczącego zmniejszenia odporności pożarowej konstrukcji, często poniżej poziomu wymaganego odpowiednimi przepisami techniczno-budowlanymi. Skala zjawiska jest zależna od wielu parametrów takich jak m.in. sposób rozkładu pól temperatury w czasie i przestrzeni, sztywność połączeń pomiędzy elementami konstrukcji w węzłach, wzajemna relacja sztywności prętów zbiegających w węzłach, stopień i tempo degradacji parametrów wytrzymałościowych materiałów konstrukcyjnych, spowodowanych nagrzewaniem, prędkości wzrostu temperatury itp. Zjawisko ma bardzo złożoną naturę i charakteryzuje się silną nieliniowością.

Uwzględniając złożoność problemu, zagadnienie można analizować w sposób doświadczalny lub numeryczny, stosując zaawansowane modele obliczeniowe. Analizy numeryczne mogą być w ogólności wykorzystywane do projektowania elementów konstrukcji wystawionych na działanie pożaru [2], jako dodatek lub uzupełnienie eksperymentu [3], bądź też do prowadzenia tzw. analiz parametrycznych [4]. Ograniczenia badań laboratoryjnych spowodowane wymiarami pieców oraz innych urządzeń badawczych, wysokimi kosztami ich prowadzenia oraz innymi trudnościami natury technicznej w sposób automatyczny wymuszają potrzebę prowadzenia zaawansowanych analiz numerycznych jako uzupełniających czy alternatywnej metody badawczej. Zaawansowane analizy obliczeniowe mogą być pomocne w tych dziedzinach, w których klasyczny eksperyment natrafia na przeszkody wynikające z dużych wymiarów testowanych elemen-

tów, trudności w odtworzeniu rzeczywistych warunków obciążenia czy podparcia, problemy w dokonaniu pomiarów określonych wielkości fizycznych lub inne, skutkujące w efekcie brakiem możliwości właściwej interpretacji zachowania się badanego fragmentu konstrukcji. Przy projektowaniu i realizacji analiz obliczeniowych należy włożyć maksimum wysiłku w uzyskanie maksymalnego podobieństwa pomiędzy budowanym modelem a rzeczywistą konstrukcją – tak w zakresie geometrycznym, mechanicznym, jak również termicznym. Tylko w przypadku spełnienia tego warunku wyniki analiz numerycznych mogą być uznane za wartościowe i względnie wiarygodne źródło informacji. Jednym z wyzwań stojących przed analizami obliczeniowymi konstrukcji oraz możliwościami, jakie zapewniają narzędzia numeryczne, jest możliwość oceny odporności i zachowania się konstrukcji w warunkach nagrzewania i chłodzenia, spowodowanych działaniem pożarów zlokalizowanych [5].

W pracy zaprezentowano wyniki serii analiz numerycznych stalowych słupów ściskanych, zamocowanych w sposób ograniczający swobodę odkształceń węzłów podporowych, poprzez nałożenie więzów obrotowych, jak również więzów ograniczających swobodę odkształceń w kierunku podłużnym, wzdłuż osi elementu. Zagadnienie rozwiązano na drodze dynamicznych analiz opartych na metodzie elementów skończonych. Weryfikację i walidację modelu przeprowadzono na podstawie wyników autentycznych badań doświadczalnych przeprowadzonych w przeszłości w laboratoriach Uniwersytetu w Ulster we współpracy z Uniwersytetem w Sheffield (Wielka Brytania). Uzyskane wyniki – zarówno badań doświadczalnych, jak i analiz numerycznych potwierdzają, iż wymuszone ograniczenia swobody odkształceń powodują istotną redukcję odporności/nośności pożarowej konstrukcji.

2. Koncepcja modelu numerycznego

2.1. Typy analizy i metodyka rozwiązań

Obliczenia numeryczne powinny być prowadzone z poszanowaniem praw fizyki, z uwzględnieniem wszelkich istotnych warunków brzegowych i środowiskowych oraz winny być poddane weryfikacji i walidacji. Najczęściej proces weryfikacji i walidacji dokonuje się w oparciu o dostępne wyniki autentycznych badań eksperymentalnych. W zależności od przewidywanego scenariusza oraz dokładności analizy można ją prowadzić w sposób uwzględniający obliczenia: termiczne, mechaniczne lub sprzężone termo-mechaniczne. Przyjęta metodyka analizy wytrzymałościowej konstrukcji powinna uwzględniać odkształcenia spowodowane sprężystymi i plastycznymi deformacjami, jak również te wynikające z odkształceń termicznych (w przypadku sprzężonych analiz termo-mechanicznych). Sprzężone analizy termo-mechaniczne są trudne do przeprowadzenia i wymagają zastosowania profesjonalnych narzędzi numerycznych, z których jedynie część stwarza użytkownikowi możliwość pełnego sprzężenia obliczeń termicznych i mechanicznych w jednym kroku obliczeniowym, pozwalając na bieżącą wymianę danych pomiędzy solverami. W większości mniej

skomplikowanych przypadków możliwa jest również analiza uproszczona, pozwalająca najpierw na przeprowadzenie obliczeń termicznych, a następnie zeskanowanie wyników z solvera termicznego (pól rozkładu temperatury, odkształceń termicznych itp.) i kontynuację, niejako w kolejnym kroku, analiz typowo mechanicznych czy wytrzymałościowych.

Stosowanie narzędzi metody elementów skończonych umożliwia prowadzenie niezwykle skomplikowanych analiz, ale sposób podejścia do zagadnienia determinuje sposób i metodykę prowadzonych obliczeń w ujęciu numerycznym. Analiza przyrostowa uwzględniająca zmienność w czasie zjawisk i warunków brzegowych może być prowadzona w oparciu o tzw. jawne i niejawne metody całkowania równań równowagi. Zastosowanie metod jawnych (*explicit*) w sprzężonej analizie termo-mechanicznej jest niemożliwe z uwagi na zbyt duże przedziały czasowe stanowiące specyfikę tej metody całkowania. W przypadku analiz termicznych zwykle dobrą zbieżność wyników uzyskuje się, wykorzystując tzw. niejawną (*implicit*) metodę całkowania równań równowagi [6].

2.2. Geometria i siatki

Dla większości zagadnień numerycznych analizowany element powinien być odwzorowany z wykorzystaniem elementów przestrzennych lub powłokowych. Jeśli wymagają tego warunki analizy, elementy powłokowe winny umożliwiać przepływ ciepła na swojej grubości. Jeśli w analizie wykorzystuje się skończone elementy przestrzenne do odwzorowania kształtu metalowych elementów płytowych (np. półek lub środników kształtowników), należy przewidzieć przynajmniej cztery warstwy elementów na grubości modelowanego fragmentu/ścianki konstrukcji, celem poprawnego odwzorowania efektu zginania. Uwzględniając wynikające stąd ograniczenia – modelowanie elementów traktowanych jako cienkościennie (o zdegenerowanym trzecim wymiarze w stosunku do dwóch pozostałych) prowadzi do rozbudowania modelu, nienaturalnego wzrostu liczby elementów skończonych, co w sposób znaczący zwiększa wymiar zagadnienia i wydłuża czas analizy.

2.3. Modele materiałowe

Stosowane w obliczeniach nieliniowe modele materiałowe zarówno termiczne, jak i mechaniczne powinny uwzględniać zmienność właściwości i parametrów wytrzymałościowych materiału konstrukcyjnego w funkcji temperatury. Dla materiałów o strukturze porowatej (np. betonu) pewne złożone zagadnienia fizyko-chemiczne (wilgotność, transport i ciśnienie pary, odwodnienie) potrafią wywierać istotny wpływ na wyniki analiz, niemniej jednak – z uwagi na trudności w uwzględnieniu – często bywają pomijane. Model materiałowy stali konstrukcyjnej użyty w przeprowadzonych analizach uwzględnia zmienność odcinkową parametrów wytrzymałościowych w funkcji temperatury [7]. Zmienność modelu obejmuje moduł sprężystości podłużnej i poprzecznej, współczynnik Poisson'a, współczynnik rozszerzalności termicznej, granice plastyczności i moduł plastycznego wzmocnienia. Na potrzeby analiz termicznych oraz sprzężonych analiz

termo-mechanicznych właściwości termiczne, takie jak pojemność cieplna czy przewodność cieplna, są określone w dodatkowym modelu materiałowym. Wszystkie wymienione wcześniej parametry mogą i powinny być zdefiniowane jako zależne od temperatury.

2.4. Obciążenia i mechaniczne warunki brzegowe

Zdefiniowane mechaniczne warunki brzegowe, obciążenia i inne więzy winny odpowiadać warunkom autentycznego testu stanowiącego podstawę weryfikacji i walidacji modelu numerycznego oraz możliwie precyzyjnie odwzorowywać warunki faktycznego zamocowania elementu konstrukcyjnego. W zależności od typu prowadzonej analizy obciążenia mechaniczne mogą być zadawane w formie przyłożonej siły, ciśnienia lub wymuszenia przemieszczeniem. W przypadku konieczności uwzględnienia zmienności warunków podparcia mogą one być uwzględnione w formie zależnej od czasu lub temperatury bądź też mogą zostać zadane w formie pośredniej – za pomocą narzędzi kontaktu. W praktyce inżynierskiej, stosowanej przy ocenie bezpieczeństwa pożarowego konstrukcji, mamy do czynienia z dwoma typami obciążenia i sposobów nagrzewania. Jeden ze scenariuszy zakłada wzrost obciążenia w warunkach oddziaływania stałej (niezmiennej w czasie) temperatury. Taki scenariusz jest wykorzystywany do wyznaczania wartości krytycznej obciążeń dla określonych wartości temperatury. W drugim scenariuszu konstrukcja jest poddawana działaniu niezmiennego w czasie obciążenia, ale zmiennej w czasie (rosnącej) temperatury. Celem takiego podejścia jest wyznaczenie temperatury krytycznej oraz czasu krytycznego. W środowisku naukowym ta procedura badawcza, znana w literaturze pod nazwą *transient-state test*, jest rekomendowana do wyznaczania właściwości mechanicznych materiałów konstrukcyjnych, ponieważ lepiej odzwierciedla warunki termiczno-mechaniczne występujące podczas realnego pożaru [8]. Jest powszechnie uznane, iż parametry materiałowe uzyskane w testach prowadzonych w oparciu o ten typ procedury gwarantują lepszą wiarygodność opartych na nich analiz numerycznych i uzyskanych na ich podstawie wyników. Powtarzając obliczenia w oparciu o parametry uzyskane na drodze obu scenariuszy badawczych, można stworzyć diagramy pozwalające na określenie dla założonego poziomu obciążenia odpowiadającej mu odporności pożarowej elementu zarówno w domenie temperaturowej – Θ_{cr} , jak i czasowej – t_{cr} .

2.5. Termiczne warunki brzegowe

W zależności od rozpatrywanego przypadku obciążenia termiczne mogą zostać zadane w postaci różnorodnych warunków brzegowych zależnych od czasu i temperatury, w postaci np. narzuconych pól temperatury, elementów izolowanych, strumieni ciepła, konwekcji czy radiacji. Najprostszym sposobem modelowania obciążeń termicznych jest zadanie w sposób bezpośredni pól temperatury na powierzchni elementu, gdzie z góry zdefiniowane (w funkcji czasu) warunki brzegowe są przyłożone bezpośrednio do węzłów analizowanego (w tym węzłów wewnętrznych) modelu konstrukcji. Takie rozwią-

zanie jest odpowiednie i wystarczające w przypadku analiz, które nie uwzględniają przewodzenia ciepła w obrębie (na grubości) modelu.

Inne możliwe podejście, znajdujące w szczególności zastosowanie przy modelowaniu warstw izolacyjnych, objawia się założeniem stałych lub zmiennych w czasie oddziaływań termicznych, przyłożonych bezpośrednio do wybranych węzłów, które są zlokalizowane na zewnętrznej powierzchni modelu. W tym uproszczonym podejściu transport ciepła pomiędzy otoczeniem a zewnętrzną powierzchnią modelu nie jest rozpatrywany, natomiast transport ciepła wewnątrz modelu jest uwzględniany w trakcie prowadzonych obliczeń. Aby zamodelować pełną izolację, należy ograniczyć przewodzenie ciepła na powierzchni modelu do minimum, stosując możliwości danego software'u, pozwalające na definiowanie określonych parametrów bezpośrednio „z ręki” lub za pomocą odpowiednich komend.

Najbardziej zaawansowane podejście do modelowania brzegowych warunków termicznych polega na wykorzystaniu zjawiska przepływów oddziałujących na zewnętrzne powierzchnie analizowanego modelu. Przepływ można zdefiniować jako zależny od czasu lub temperatury, bądź stały podczas całego czasu analizy. To podejście jest stosowane w przypadku bardziej zaawansowanych analiz termicznych lub sprzężonych analiz termomechanicznych. Wybór tej opcji wymaga dysponowania dokładnymi i rzetelnymi danymi dotyczącymi wielkości przepływów.

W najbardziej realistycznych scenariuszach obliczeniowych transport ciepła pomiędzy elementem konstrukcji a otoczeniem odbywa się z uwzględnieniem konwekcji i radiacji. Konwekcja i radiacja mogą być zdefiniowane oddzielnie dla każdej z określonych powierzchni analizowanego modelu konstrukcji. Opcja ta znajduje zastosowanie w przypadku prowadzenia zaawansowanych analiz termicznych lub termomechanicznych. Metodyka ta jest z reguły stosowana na platformach obliczeniowych wykorzystujących zdobycze tzw. numerycznej dynamiki płynów (CFD), np. w środowisku takich programów jak CFX czy FLUENT, dostępnych obecnie na płaszczyźnie ANSYS-a.

Konwekcja może być opisana w funkcji czasu np. korzystając z poniższej zależności [6], [9]:

$$\dot{h}_{net,c} = \alpha_c [\Theta_g - \Theta_m] \quad (1)$$

gdzie:

$\dot{h}_{net,c}$ – konwekcyjny strumień ciepła netto [W/m²],
 α_c – współczynnik konwekcyjnego strumienia ciepła [W/m²K] (może przyjmować wartość stałą lub zależną od temperatury), zależy od przyjętego modelu materiałowego, sposobu wykończenia powierzchni, zabezpieczenia ogniochronnego i rodzaju otaczającego gazu,
 Θ_m – aktualna temperatura obliczona na powierzchni modelu (elementu) [°C],
 Θ_g – zdefiniowana temperatura gazu w otoczeniu elementu poddawanego działaniu pożaru, może mieć wartość

stałą lub zmienną w czasie (np. odzwierciedlającą przebieg krzywej nominalnej) [°C]

Przepływ radiacyjny pomiędzy gazem a powierzchnią elementu może być opisany w postaci zależności [6], [9]:

$$\dot{h}_{net,r} = \phi \cdot \varepsilon_m \cdot \varepsilon_f \cdot \sigma_{SB} \left[(\Theta_r + 273)^4 - (\Theta_m + 273)^4 \right] \quad (2)$$

gdzie:

$\dot{h}_{net,r}$ – radiacyjny strumień ciepła netto [W/m²],
 ϕ – współczynnik konfiguracji; zwykle przyjmuje wartość $\phi = 1,0$, jednak w celu uwzględnienia tzw. efektów cienia i położenia można przyjmować wartość mniejszą. Szczegółowa metoda obliczania współczynnika konfiguracji ϕ została podana w Załączniku G normy [1]
 ε_m – współczynnik absorpcyjności (emisyjności) powierzchni, może przyjmować wartość stałą lub zmienną, zależną od czasu/temperatury; zależy od przyjętego modelu materiałowego, sposobu wykończenia powierzchni i rodzaju zabezpieczenia ogniochronnego,
 ε_f – współczynnik emisyjności ognia; zwykle przyjmuje się jako $\varepsilon_f = 1,0$,
 σ_{SB} – stała Stefana Boltzmanna [5,67·10⁻⁸ W/m²K⁴],
 Θ_m – aktualna temperatura obliczona na powierzchni modelu (elementu) [°C],
 Θ_r – efektywna temperatura promieniowania środowiska pożaru [°C]; w przypadku elementów całkowicie ogarniętych przez ogień, jako temperaturę promieniowania Θ_r można przyjąć temperaturę gazu Θ_g w otoczeniu danego elementu.

3. Doświadczalna walidacja modelu numerycznego

3.1. Reguły ogólne

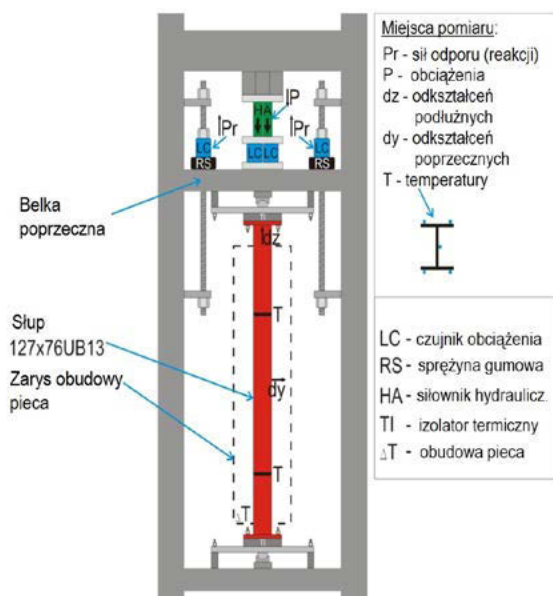
Weryfikacja i walidacja modelu numerycznego analizowanej konstrukcji jest podstawowym gwarantem dopasowania modelu do warunków rzeczywistej pracy odwzorowywanego elementu konstrukcji. Weryfikacja powinna poprzedzać walidację. Weryfikacja obliczeniowa jest pożądana z uwagi na potrzebę oszacowania bądź wyeliminowania błędów numerycznych spowodowanych przybliżeniami i uproszczeniami wynikającymi z dyskretyzacji. Walidacja prowadzona najczęściej poprzez porównanie wyników symulacji komputerowych z wynikami autentycznego eksperymentu ma na celu dopasowanie modelu matematycznego do specyfiki zjawiska fizycznego [10]. Do walidacji modelu numerycznego opracowanego na potrzeby przeprowadzonych analiz, opisanych szerzej w dalszej części artykułu, wykorzystano wyniki badań eksperymentalnych przeprowadzonych przez Ali i O'Connor [11]. W przedstawionej pracy badany jest sposób zachowania słupów stalowych (zmniejszonych dwukrotnie w stosunku do ich wymiarów rzeczywistych), testowanych w warunkach pożaru z uwzględnieniem dwóch różnych sposobów podparcia na końcach, modelowanych przez różne charakterystyki sztywności przemieszczeniowej i obrotowej podpór.

3.2. Badania eksperymentalne w komorze pieca

W pracy wykorzystano wyniki badań doświadczalnych uzyskane dla słupów stalowych o specyfikacji 127x76UB13, przeprowadzonych w *The Fire Research Centre*, Uniwersytetu w Ulster we współpracy z Uniwersytetem w Sheffield [11]. Słupy stalowe o wymiarach dwukrotnie zmniejszonych w stosunku do wymiarów rzeczywistych badano w piecu, modelując zróżnicowane sztywności przemieszczeniowe i obrotowe podpór. Dla wybranego scenariusza obciążenia testowany element początkowo obciążano siłą osiową równą w przybliżeniu 205 kN, a następnie nagrzewano. W trakcie badania na bieżąco rejestrowano całkowitą siłę osiową, rozszerzalność termiczną (wydłużenie) słupa oraz przemieszczenia poprzeczne w połowie wysokości (długości) słupa. Temperaturę kontrolowano i monitorowano za pomocą zestawu termopar rozmieszczonych równomiernie na trzech poziomach wysokości pieca i dwóch poziomach na długości badanego elementu. Na każdym z poziomów pomiarowych słupa mocowano 5 termopar rozmieszczonych według następującego porządku: jedna przymocowana w środku wysokości środnika i cztery przymocowane do półek słupa (ryc. 1.) W badaniach wytrzymałościowych opisanych przez Ali i O'Connora [11] przemieszczeniowe i obrotowe usztywnienia, ograniczające swobodę odkształceń, realizowano za pomocą nastawnych gumowych podkładek umiejscowionych w górnej i dolnej części trzonu słupa oraz stalowych płyt dociskowych przekazujących obciążenie z belki trawersy i ramy maszyny wytrzymałościowej, zlokalizowanych poza obrysem pieca.

3.3. Obliczenia numeryczne

Wszystkie przeprowadzone analizy numeryczne wykonano z wykorzystaniem niejawnej metody całkowania równań równowagi za pomocą wbudowanego solvera zaimplementowanego w programie LS-DYNA [7]. Model numeryczny użyty w analizach zbudowano zgodnie ze schematem pokazanym na ryc. 2, odwzorowującym możliwie precyzyjnie warunki stanowiska badawczego.



Ryc. 1. Schemat stanowiska badawczego do testowania słupów podanych działaniu podwyższonych temperatur [11]

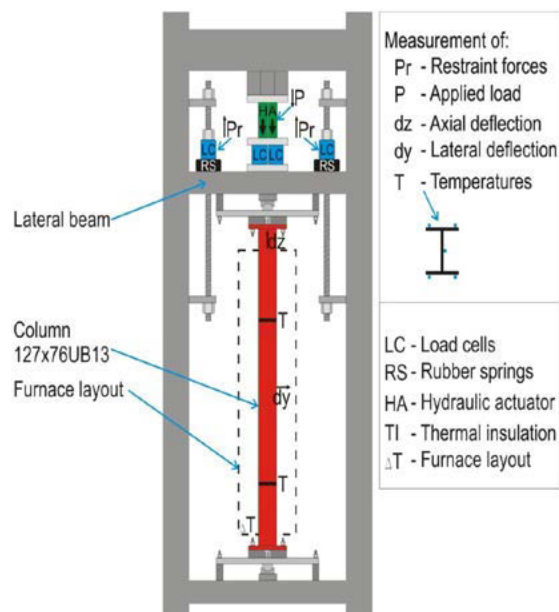


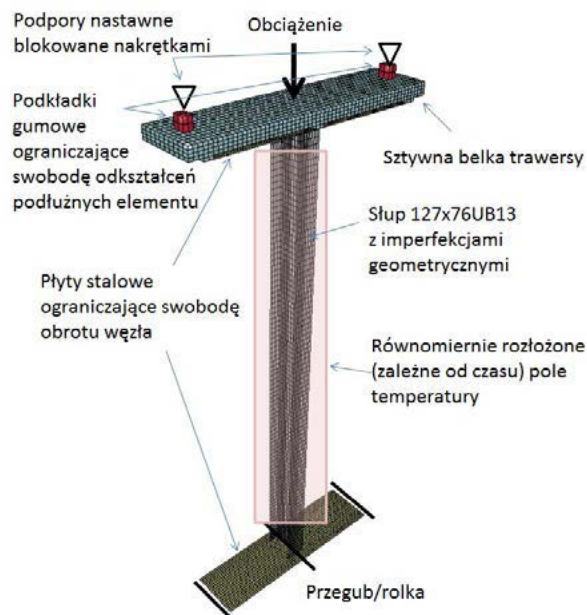
Fig. 1. Experimental test setup [11]

Z uwagi na relatywnie małe grubości ścianek składowych modelu (półek i środnika) wykorzystano model powłokowy 3D z pominięciem zjawisk transportu ciepła na grubości ścianek. W oparciu o średnią wartość profilu temperatury zarejestrowanego w trakcie badań doświadczalnych w modelu zadano obciążenie temperaturą, jako zależne od czasu, przyłożone do tych węzłów modelu konstrukcji, które były zlokalizowane w części słupa wyeksponowanej na oddziaływania imitujące pożar w trakcie testu. Zjawiska transportu ciepła pomiędzy otoczeniem (wnętrzem pieca) i słupem pominięto. Jednakże transport ciepła w kierunku podłużnym (wzdłuż osi słupa) został uwzględniony w trakcie obliczeń i okazał się zjawiskiem niezwykle istotnym, wpływającym znacząco na jakość wyników – szczególnie w odniesieniu do górnej i dolnej części słupa położonych w pobliżu ścianek pieca.

Przeprowadzono sprzężone analizy termiczno-naprężeniowe z mechanicznymi krokami całkowania następującymi bezpośrednio tuż po krokach całkowania w analizie termicznej, podczas których w kolejnych iteracjach rozwiązywano równania transportu ciepła i aktualizowano rozkład pól temperatury. Podczas pierwszych 100 sekund symulacji przykładano jedynie obciążenie mechaniczne w postaci siły osiowej o wartości 205 kN. Obciążenie przykładano w formie wstępnie przyjętego przemieszczenia sztywnej belki, ryc. 2. Następnie blokowano przemieszczenie górnych powierzchni podkładek gumowych i w dalszym kroku zwiększano temperaturę – zgodnie z zasadami przyjętymi w trakcie badań doświadczalnych. Sztywność podkładek gumowych w modelu numerycznym, znajdujących się na szczycie i pod podstawą słupa, ustalono na poziomie zapewniającym identyczną sztywność przemieszczeniową i obrotową z tą, jaką założono w przeprowadzonych testach laboratoryjnych.

Wstępne wyniki uzyskane po przeanalizowaniu uproszczonego modelu obliczeniowego pokazały, że jakkolwiek przyjęte zagęszczenie siatki jest wystarczające do właściwego uchwycenia odkształceń spowodowanych

wyboczeniem pręta (rys. 3.), to jednak występują znaczne – widoczne rozbieżności pomiędzy wynikami eksperymentu i analiz numerycznych [12].



Ryc. 2. Rozwinięty model numeryczny stanowiska badawczego [11]

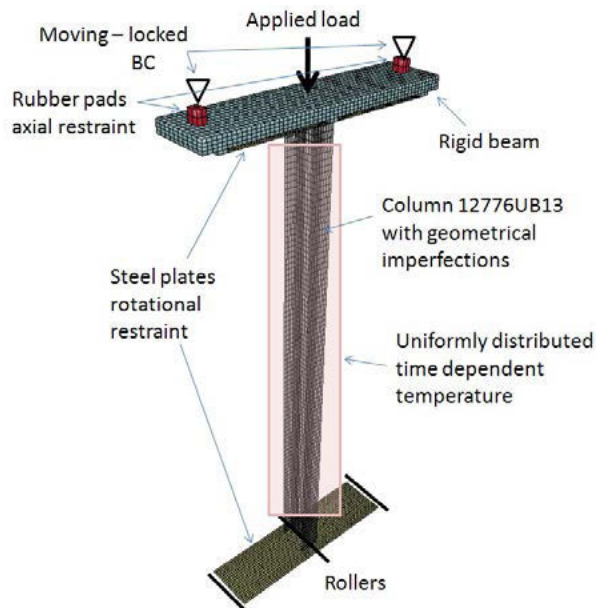
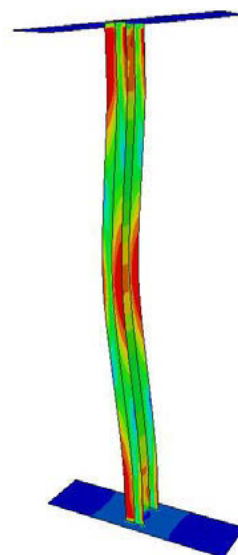


Fig. 2. Improved finite element model of the experimental test setup [11]

Dalsze analizy prowadzone na potrzeby niniejszej pracy koncentrowały się głównie na studiach parametrycznych, które wskazały trzy najważniejsze parametry modelu wywierające znaczący wpływ na jakość wyników pochodzących z analiz numerycznych: a) opis modelu materiałowego nie w pełni adekwatny do gatunku użytej stali, b) imperfekcje geometryczne modelu oraz c) zmienność pola temperatury na długości słupa, szczególnie w pobliżu ścianek pieca.

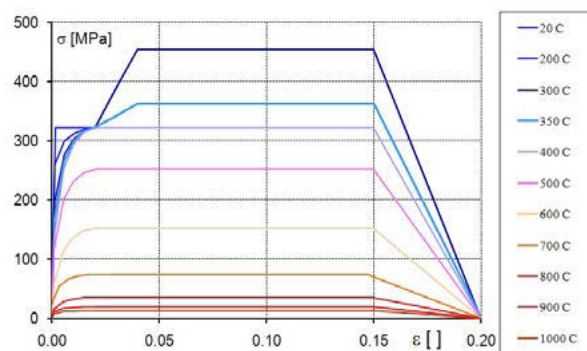


Ryc. 3. Mapy wartości naprężeń zastępczych wg hipotezy Hubera-Misesa w słupie po wyboczeniu [12]

Fig. 3. Contours of effective von Mises stress in buckled column [12]

3.4. Właściwości materiałowe stali konstrukcyjnej

Na potrzeby prowadzonych analiz przetestowano trzy, zależne od temperatury, modele materiałowe stali S275, z której były wykonane elementy badawcze testowane na drodze eksperymentu. Pierwszy model materiałowy przyjmował nominalną wartość granicy plastyczności f_y bez uwzględniania efektów wzmocnienia ($f_u = f_y = 275$ MPa). Drugi model uwzględniał nominalne wzmocnienie materiału w fazie poplastycznej, zgodnie z opisem przyjętym w PN-EN 1993-1-2 [1], ($f_y = 275$ MPa, $f_u = 1,25f_y$). Właściwości materiału w temperaturze pokojowej w trzecim z analizowanych modeli materiałowych przyjęto na bazie wyników serii autentycznych badań doświadczalnych przeprowadzonych w Czeskim Uniwersytecie Technicznym w Pradze przez Walda z Zespołem [13] ($f_y = 303$ MPa, $f_u = 469$ MPa $\rightarrow f_u = 1,55f_y$). Opis zależności pomiędzy naprężeniami a odkształceniami dla każdego z trzech wymienionych przypadków przyjęto za PN-EN 1993-1-2 [1], jak dla stali węglowych. Dla przykładu na ryc. 4 pokazano zależność σ - ϵ dla trzeciego z opisanych modeli materiałowych.



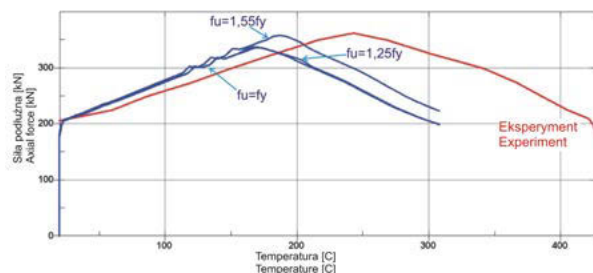
Ryc. 4. Krzywe naprężenie-odkształcenie dla stali S275

Fig. 4. Stress-strain curves for steel S275

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badań [13] oraz PN-EN 1993-1-2 [1].

Source: Own elaboration based on coupon tests [13] and PN-EN 1993-1-2 [1].

Porównanie pomiędzy wynikami eksperymentu i rezultatami przeprowadzonych analiz numerycznych dla każdego z trzech opisanych modeli materiałowych pokazano w formie wykresów na ryc. 5-7. Ilościowe porównanie pokazuje zależności uwzględniające wzajemne relacje pomiędzy średnią temperaturą słupa a siłą osiową (ryc. 5), osiowym przemieszczeniem (ryc. 6) i przemieszczeniem poprzecznym przekroju środkowego słupa (ryc. 7).

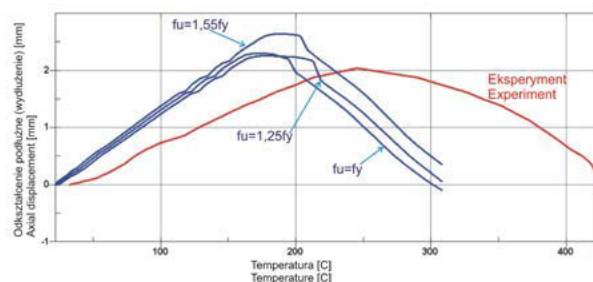


Ryc. 5. Siła osiowa w funkcji temperatury dla trzech modeli materiałowych przyjętych w analizach

Fig. 5. Axial force vs. column average temperature for three material models, compared to experiment

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

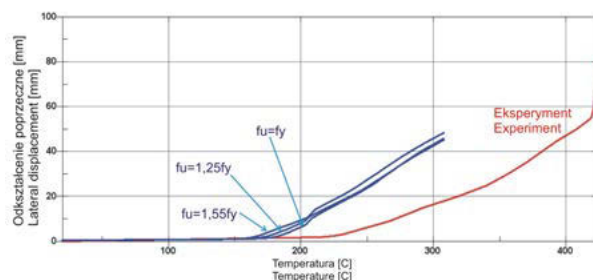


Ryc. 6. Przemieszczenie osiowe (wydłużenie) w funkcji temperatury dla trzech modeli materiałowych przyjętych w analizach

Fig. 6. Axial displacement vs. column average temperature for three material models compared to experiment

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Ryc. 7. Przemieszczenie poziome przekroju środkowego słupa w funkcji temperatury dla trzech modeli materiałowych przyjętych w analizach

Fig. 7. Lateral displacement vs. column temperature for three material models compared to experiment

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

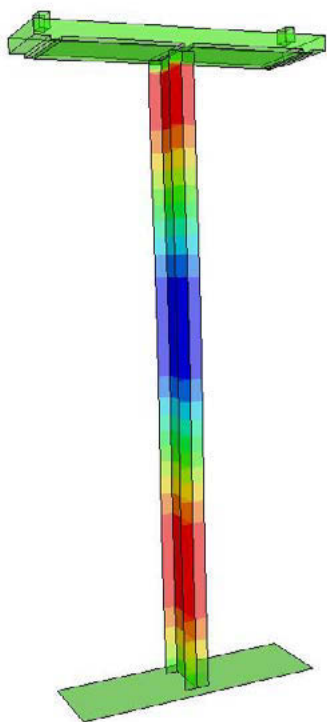
Wszystkie trzy zestawy wykresów pokazują, że faktyczne wyboczenie pomierzone podczas testów przeprowadzonych w laboratorium występuje przy wyższych

wartościach temperatur, niż wynika to z obliczeń numerycznych, zaś faza po wyboczeniu zachowuje bardziej łagodny przebieg. Przeprowadzone porównanie wskazuje również na fakt, iż oprócz różnic w opisie materiału także inne parametry wywierają zauważalny wpływ na charakter i rozkład wyników analiz numerycznych.

3.5. Zaimplementowane imperfekcje geometryczne

Jest kwestią oczywistą, iż nawet niewielkie imperfekcje geometryczne mogą znacząco wpłynąć na zachowanie się elementów konstrukcyjnych ściskanych osiowo, po osiągnięciu wartości siły krytycznej. Rzeczywiste imperfekcje, definiowane jako odchylenia od stanu idealnego (zwykle odwzorowywanego w modelu numerycznym) nie są łatwe do określenia i pomierzenia w realnej konstrukcji, ponieważ mogą być one spowodowane wieloma czynnikami – nie tylko o charakterze geometrycznym, ale również materiałowym. Imperfekcje w słupach stalowych mogą być wynikiem zróżnicowania parametrów materiałowych na długości i w przekroju pręta, rozkładu naprężeń resztkowych, niesymetrycznego przyłożenia obciążenia czy niesymetrycznych warunków podparcia bądź też, co wydaje się najbardziej banalne – braku idealnej prostoliniowości elementu. Zróżnicowane w czasie i przestrzeni pola temperatury wywołane pożarem wywołują dodatkowe nierównomierne przemieszczenia i odkształcenia wpływające na geometrię badanego elementu.

W przypadku budowania modeli numerycznych MES powszechnie stosowanym sposobem wprowadzania imperfekcji geometrycznych jest metoda polegająca na wymuszonym przemieszczaniu węzłów siatki elementów skończonych w stosunku do ich pierwotnego położenia. W ten sposób – w ujęciu numerycznym – idealnie prostoliniowy słup jest traktowany jako element o niewielkiej krzywiźnie. W wielu komercyjnych programach MES imperfekcje mogą być generowane w sposób automatyczny za pomocą procedury pozwalającej na wskazanie węzłów, które mają zostać przesunięte, jak również kierunku przemieszczenia czy amplitudy maksymalnej dopuszczalnej zmiany współrzędnych węzłów. Na ryc. 8 przedstawiono harmoniczne zaburzenie wprowadzone do geometrii analizowanego słupa. W analizach przyjęto, iż zadane geometryczne imperfekcje poprzeczne pomierzone w przekroju środkowym na długości słupa wynoszą odpowiednio 0 mm (geometria idealna), 1 mm, 2 mm i 4 mm, jak pokazano na ryc. 9-11. Wszystkie krzywe pokazane na ryc. 9-11 stanowią rezultat obliczeń przeprowadzonych z wykorzystaniem trzeciego analizowanego modelu materiałowego, dla którego $f_u = 1,55f_y$.

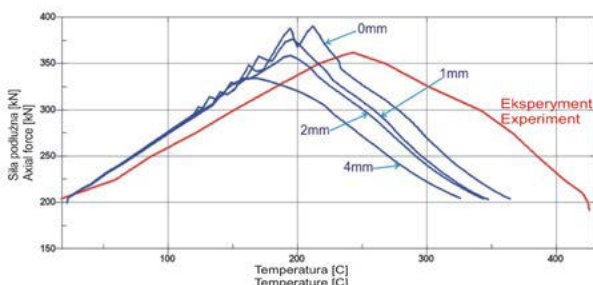


Ryc. 8. Zaburzenie idealnej prostoliniowej geometrii słupa wprowadzone w formie harmonicznego przesunięcia węzłów siatki elementów skończonych

Fig. 8. Applied geometrical imperfections: contours of nodal perturbations

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



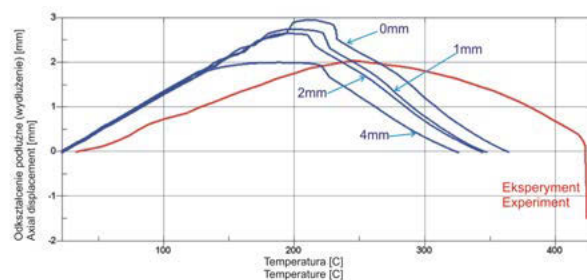
Ryc. 9. Siła osiowa w funkcji temperatury dla trzech wielkości imperfekcji geometrycznych przyjętych w analizach

Fig. 9. Axial force vs. column temperature for different magnitudes of geometrical imperfections and $f_u = 1,55f_y$

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Krzywe pokazane na ryc. 9-11 pokazują, że imperfekcje geometryczne przyłożone wstępnie do analizowanego elementu w sposób znaczący wpływają na charakter wyników – zarówno na wielkość siły krytycznej inicjującej wyboczenie, jak i sposób zachowania elementu w fazie tuż po wyboczeniu. Krzywe opisujące zachowanie elementu z większymi zadanymi imperfekcjami zdecydowanie lepiej dopasowują się do kształtu krzywych równowagi zarejestrowanych podczas badań eksperymentalnych, jednakże wciąż zjawisko wyboczenia w przypadku badań laboratoryjnych ujawnia się przy wyższych wartościach temperatury.

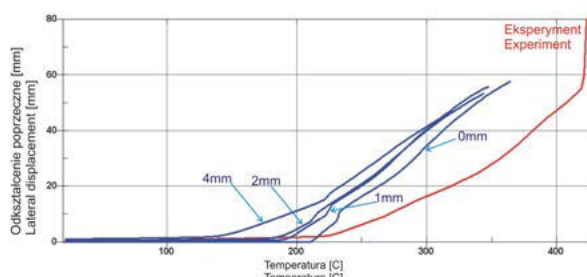


Ryc. 10. Przemieszczenie osiowe w funkcji temperatury dla trzech wielkości imperfekcji geometrycznych przyjętych w analizach oraz trzeciego modelu materiałowego, dla którego $f_u = 1,55f_y$

Fig. 10. Axial displacement vs. column temperature for different magnitudes of geometrical imperfections and $f_u = 1,55f_y$

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Ryc. 11. Przemieszczenie poziome przekroju środkowego słupa w funkcji temperatury dla trzech wielkości imperfekcji geometrycznych przyjętych w analizach oraz trzeciego modelu materiałowego, dla którego $f_u = 1,55f_y$

Fig. 11. Lateral displacement of the mid-length cross-section vs. column temperature for different magnitudes of geometrical imperfections and $f_u = 1,55f_y$

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Ta niezgodność wskazuje na konieczność uwzględnienia innego (istotnego z punktu widzenia dopasowania modelu) parametru, jakim jest przypuszczalnie nierównomierne nagrzanie słupa na jego długości.

3.6. Nierównomierny rozkład pola temperatury na długości słupa

W pierwszym podejściu obliczeniowym podczas budowy modelu, bazując na opisie podanym przez Ali i O'Connora [11], przyjęto, że słup na całej swej długości znajduje się wewnątrz komory pieca, co pozwoliło na przyjęcie założenia, iż jest on na całej swej długości poddany działaniu tego samego (zmiennego w czasie) pola temperatury. Bardziej szczegółowa analiza fotografii zamieszczonych w publikacji wykazała, iż górne i dolne fragmenty słupa położone w pobliżu ścian pieca były poddane działaniu niższej temperatury niż środek słupa z uwagi na nieuniknioną ucieczkę ciepła przez otwory w obudowie pieca. W związku z takim spostrzeżeniem kolejną serię obliczeń przeprowadzono dla przyjętego wcześniej trzeciego modelu materiałowego ($f_u = 1,55f_y$), czterech poziomów wstępnych imperfekcji geometrycznych oraz zmiennego na długości słupa rozkładu pola temperatury. Pierwotnie nagrzewany odcinek

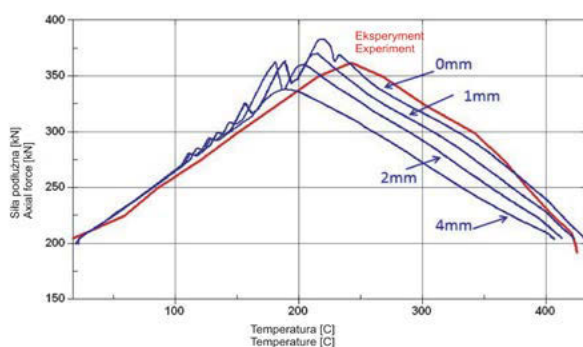
nek słupa równy 1750 mm (zgodnie z opisem zawartym w [11]) zmniejszono do fragmentu o długości 1460 mm położonego symetrycznie w centralnej części elementu. W modelu przyjęto, iż tak zdefiniowany środowowy odcinek słupa jest obciążony równomiernie rozłożonym polem temperatury, którego wartość jest zmienna w funkcji czasu, natomiast cała reszta jest obciążona polem o wartościach zmiennych na długości, w którym prędkość zmian wynika bezpośrednio z praw fizyki i równa przepływu ciepła. Przykładowy, nierównomierny rozkład pola temperatury na długości elementu pokazano na ryc. 12.



Ryc. 12. Nierównomierny rozkład pola temperatury na długości analizowanego elementu

Fig. 12. Longitudinal variation of temperature along the column's length

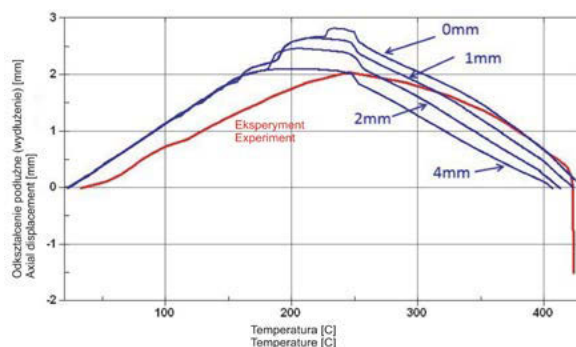
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 13. Siła podłużna w funkcji temperatury (dla nierównomiernego rozkładu temperatury na długości elementu), dla trzech wielkości imperfekcji geometrycznych przyjętych w analizach oraz trzeciego modelu materiałowego, dla którego $f_u = 1,55f_y$

Fig. 13. Axial force vs. column temperature for varied temperature distribution – results for different magnitudes of imperfections and $f_u = 1,55f_y$, compared to experiment

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



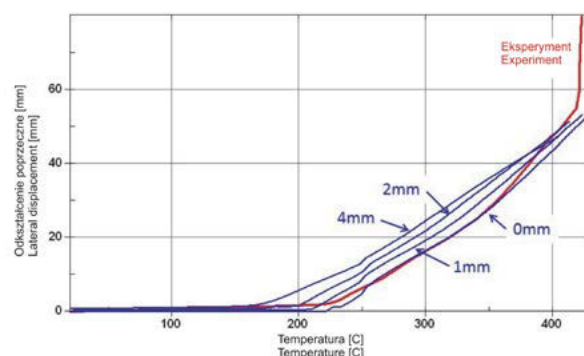
Ryc. 14. Przesunięcie osiowe w funkcji temperatury (dla nierównomiernego rozkładu temperatury na długości elementu) dla trzech wielkości imperfekcji geometrycznych przyjętych w analizach oraz trzeciego modelu materiałowego, dla którego $f_u = 1,55f_y$

Fig. 14. Axial displacement vs. column temperature for varied temperature distribution – results for different magnitudes of geometrical imperfections and $f_u = 1,55f_y$, compared to experiment

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Porównanie końcowych wyników pokazujące dopasowanie wyników analiz numerycznych z wynikami eksperymentu zaprezentowano na ryc. 13-15.

Zmienność wartości temperatury na długości słupa w analizowanym modelu MES spowodowała zmniejszenie całkowitego wydłużenia termicznego elementu oraz doprowadziła do opóźnienia fazy inicjacji wyboczenia, które tym razem pojawiło się przy odpowiednio wyższej temperaturze.



Ryc. 15. Przesunięcie poziome przekroju środkowego słupa w funkcji temperatury (dla nierównomiernego rozkładu temperatury na długości elementu) dla trzech wielkości imperfekcji geometrycznych przyjętych w analizach oraz trzeciego modelu materiałowego, dla którego $f_u = 1,55f_y$

Fig. 15. Lateral displacement of the mid-length cross-section vs. column temperature for varied temperature distribution – results for different magnitudes of geometrical imperfections and $f_u = 1,55f_y$, compared to experiment

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Nietrudno zauważyć, że krzywe pokazane na ryc. 13-15 prezentujące przyrost wartości siły osiowej oraz podłużnych i poprzecznych przemieszczeń elementu, tym razem wykazują zdecydowanie lepszą korelację z krzywymi uzyskanymi na drodze eksperymentu.

4. Podsumowanie i wnioski

W artykule zaprezentowano i podsumowano wyniki przykładowej serii analiz numerycznych słupa stalowego obciążonego osiowo i poddanego działaniu podwyższonej temperatury symulującej warunki pożaru, podpartego na końcach w sposób ograniczający swobodę przemieszczeń – zarówno w kierunku podłużnym, jak i swobodę obrotów.

Celem pracy było wskazanie możliwości wykorzystania dostępnych, zaawansowanych narzędzi numerycznych do wirtualnego testowania konstrukcji. Do kalibracji modelu wykorzystano wyniki badań doświadczalnych przeprowadzonych w przeszłości w ośrodkach brytyjskich, co pozwoliło również na wykonanie serii analiz parametrycznych. W każdym z rozpatrywanych przypadków porównania wyników obu typów analiz dokonano dla zależności pomiędzy temperaturą a siłą osiową, wydłużeniem lub przemieszczeniem poprzecznym środkowego przekroju słupa. Przy kalibracji stworzonego modelu obliczeniowego wykorzystano trzy niezależne parametry wpływające na zachowanie się analizowanego słupa, zmieniając je odpowiednio w trakcie prowadzonych obliczeń: model materiałowy, wielkość imperfekcji geometrycznych oraz sposób rozkładu pola temperatury na długości elementu. W wyniku przeprowadzonych analiz parametrycznych odkryto, iż przyczyną zauważalnych rozbieżności wyników analiz numerycznych w stosunku do wyników eksperymentu było niewłaściwe założenie początkowe o równomierności rozkładu pola temperatury na długości słupa. W rzeczywistości – z uwagi na konstrukcję stanowiska badawczego – w trakcie badań element był nagrzewany w sposób nierównomierny, zaś część ciepła (w strefach położonych bezpośrednio w pobliżu końców słupa) była odprowadzana na zewnątrz pieca przez nieuszczelnności w jego obudowie. Przeprowadzone analizy udowodniły, jak pozornie nieistotne i trudne do stwierdzenia błędy modelowe mogą doprowadzić do niewłaściwej interpretacji zjawisk ocenianych tylko i wyłącznie na podstawie analiz numerycznych, bez ich odpowiedniej walidacji i weryfikacji w oparciu o wyniki prawdziwego eksperymentu. W opinii autorów pracy poprawnie skalibrowany model numeryczny pozwala uniknąć konieczności prowadzenia większej liczby tradycyjnych badań doświadczalnych danego typu i przenieść część analiz na płaszczyznę wirtualną, co jest rozwiązaniem tańszym, szybszym i mniej pracochłonnym, zwykle wymaga jednak zdecydowanie bardziej specjalistycznej wiedzy teoretycznej.

Na obecnym etapie rozwoju technik obliczeniowych obserwujemy coraz szerszy udział analiz numerycznych w prowadzonych pracach badawczo-rozwojowych i wdrożeniowych. Wiele osób traktuje wyniki tychże analiz jako pełnowartościowe źródło wiarygodnej informacji, co w ogólnym przypadku nie jest lub nie musi być prawdą. Autorzy w sposób stanowczy pragną podkreślić i przestrzec, iż do wiarygodności wyników symulacji numerycznych należy podchodzić z dużą ostrożnością, kierując się zasadą ograniczonego zaufania. Metody numeryczne stanowią użyteczne narzędzie, pomocne w ocenie zjawisk, jednakże wraz ze wzrostem skomplikowania

modelu oraz w przypadku silnej nieliniowości analizowanych zagadnień należy zachować szczególną ostrożność w ocenie uzyskanych wyników. Szczególnie w przypadku zagadnień inżynierii bezpieczeństwa pożarowego (w tym w szczególności bezpieczeństwa pożarowego konstrukcji) możliwość predykcji na podstawie rezultatów symulacji komputerowych jest poważnie ograniczona. Mogą one stanowić na ogół podstawę do poprawnego wnioskowania w zakresie jakościowej oceny zjawisk, stanowią znakomite narzędzie do prowadzenia analiz parametrycznych, ale ich wiarygodność w rozumieniu ilościowym jest dyskusyjna z uwagi na niewystarczającą liczbę danych pozwalających na wielokryterialną weryfikację i walidację modelu. Potwierdzeniem tej tezy niech będzie choćby przykład z rynku motoryzacyjnego, w którym pomimo przeniesienia części procesu projektowania na platformę numeryczną nie da się i tak zrezygnować z prowadzenia kosztownych testów zderzeniowych (tzw. *crash testów*), wykorzystywanych do weryfikacji i walidacji modeli obliczeniowych oraz stanowiących ich naturalne uzupełnienie.

W przypadku podejmowanych prób oceny bezpieczeństwa pożarowego istniejących obiektów budowlanych (w szczególności obiektów nietypowych, o skomplikowanej geometrii, dla których nie ma wyników porównawczych badań doświadczalnych) jedynie w oparciu o wyniki analiz numerycznych – zdaniem autorów – na obecnym etapie mogą one stanowić podstawę do co najwyżej bardzo ogólnej, jakościowej oceny zachowania i sposobu pracy konstrukcji poddanej wpływom oddziaływań termicznych.

Literatura

1. PN-EN 1993-1-2:2007 Eurokod 3: Projektowanie konstrukcji stalowych, Część 1-2: Reguły ogólne. Obliczanie konstrukcji z uwagi na warunki pożarowe, PKN, Warszawa 2007.
2. Franssen J.M., *Failure temperature of a system comprising a restrained column submitted to fire*, "Fire Safety Journal", Vol. 34, 2000, pp. 191-207.
3. Vila Real P.M.M., Lopes N., Simoes da Silva L., Piloto P., Franssen J.M., *Numerical modelling of steel beam-columns in case of fire - comparisons with Eurocode 3*, "Fire Safety Journal", Vol. 39, 2004, pp. 23-39.
4. Gomes F.C.T., Providencia e Costa P.M., Rodrigues J. P.C., Neves I.C., *Buckling length of a steel column for fire design*, "Engineering Structures", Vol. 29, 2007, pp. 2497-2502.
5. Kosiorek M., *Fire safety in regulations and designing*, "Fire Protection", Vol. 1 Issue1, 2002.
6. Shapiro, A., *Heat Transfer in LS-DYNA*, in: 5th European LS-DYNA Users Conference New Applications and Developments, Birmingham 2005.
7. Hallquist J.O., *LS-DYNA Keyword Manual*, Livermore, Livermore Software Technology Corporation, 2006.
8. Franssen J.-M., Zaharia R., *Design of Steel Structures Subjected to Fire: Background and Design Guide to Eurocode 3*, "Fire Safety Journal", Vol. 41, 2006, pp. 628-629.
9. 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.
10. Oberkampf W.L., Trucano T.G., and Hirsch C., *Verification, validation, and predictive capability in computational engineering and physics*, "Applied Mechanics", Vol. 57 Issue 5, 2004, pp. 345-384.

11. Ali F. and O'Connor D., *Structural performance of rotationally restrained steel columns in fire*, "Fire Safety Journal", Vol. 36 Issue 7, 2001, pp. 679-691.
12. Kwaśniewski L., Król P.A., Łacki K., *Numerical modeling of steel columns in fire*, Proceedings of COST Action C26 International Conference: Urban Habitat Constructions Under Catastrophic Events, Naples, Italy, 16-18 September 2010.
13. Wald F., da Silva L.S., Moore D., Santiago A., *Experimental behaviour of steel joints under natural fire*, ECCS - AISC Workshop, 2004.

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 TU0904 „Integrated Fire Engineering and Response”, realizowanego w latach 2010-2014. Odbił kilka zagranicznych staży naukowych: *Michigan State University*, USA (2011), *University of Ulster*, Zjednoczone Królestwo (2013) oraz *Auburn University*, USA (2014) – w ramach przyznanego stypendium Polsko-Amerykańskiej Komisji Fulbrighta. Odnznaczony Medalem Brązowym za Długoletnią Służbę (2010), Medalem Komisji Edukacji Narodowej (2013) oraz Srebrną Odznaką Honorową Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa (2013). Jest autorem lub współautorem licznych opracowań o charakterze naukowym i ponad 200 opracowań o charakterze technicznym.

dr hab. inż. Lesław Kwaśniewski, profesor Politechniki Warszawskiej – absolwent Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej (1986), gdzie uzyskał rów-

nież stopień doktora nauk technicznych (1997) oraz doktora habilitowanego nauk technicznych (2011). Jego zainteresowania naukowe oscylują wokół zastosowań metod komputerowych w inżynierii. Uczestnik kilku akcji w ramach Europejskiego Programu Współpracy w Dziedzinie Badań Technicznych COST, m.in. TU0904 *Integrated fire engineering and response*, realizowanego w latach 2010-2014. Od 2001 roku w sposób ciągły współpracował z Florida State University, USA jako Visiting Postdoctoral Research Associate. Wyróżniony kilkoma nagrodami indywidualnymi Rektora Politechniki Warszawskiej za osiągnięcia Naukowe, m.in. w latach 2008, 2010, 2012 i 2014. Od 2011 roku pełnił funkcję Kierownika Zakładu Mechaniki Teoretycznej i Mechaniki Nawierzchni Komunikacyjnych, będącego częścią Instytutu Dróg i Mostów, działającego w obrębie Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej. Zmarł w pełni sił twórczych 12 października 2014 roku. Do ostatnich dni życia był aktywny i miał ambitne plany na przyszłość.

st. kpt. mgr inż. Krzysztof J. Łacki – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w 2000 roku, kiedy to uzyskał dyplom inżyniera pożarnictwa. W 2002 roku ukończył uzupełniające studia magisterskie i otrzymał dyplom magistra inżyniera pożarnictwa. Studia podyplomowe Zarządzanie w stanach zagrożeń ukończył w 2005 r. Po ukończeniu studiów i uzyskaniu dyplomu inżyniera pożarnictwa rozpoczął służbę w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Pododdziałach Szkolnych na stanowiskach młodszy oficer (2000-2001), młodszy specjalista (2001-2004) i dowódca kompanii szkolnej (2004-09.2008). W 2008 roku rozpoczął pracę na stanowisku asystenta w Zakładzie Bezpieczeństwa Pożarowego Budynków w Katedrze Bezpieczeństwa Budowli na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego. Zajmuje się problematyką ochrony przeciwpożarowej obiektów budowlanych w zakresie projektowania, koordynowania prac pomiędzy branżami budowlanymi, nadzoru, nad jakością prac budowlanych w zakresie zabezpieczeń przeciwpożarowych a także dostosowywaniem budynków istniejących do wymagań ochrony przeciwpożarowej w uwzględnieniem optymalizacji techniczno-ekonomicznej. Odnznaczony srebrnym i złotym medalem za zasługi dla pożarnictwa oraz brązowym medalem za zasługi dla ochrony przeciwpożarowej. Jest autorem lub współautorem ponad dwudziestu publikacji o charakterze naukowo-technicznym oraz ponad 200 opracowań technicznych dotyczących ochrony przeciwpożarowej obiektów budowlanych.

dr inż. **Rafał POROWSKI**¹
inż. **Dawid BODALSKI**¹
mgr **Martyna STRZYŻEWSKA**¹

Przyjęty/Accepted/Принят: 06.05.2013;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 19.11.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

BADANIA DOŚWIADCZALNE I ANALIZA CYFROWA ZIARNISTOŚCI PYŁÓW PALNYCH²

Experimental Study and Digital Analysis of Flammable Dust Granularity

Экспериментальное исследования и цифровой анализ зернистости горючей пыли

Abstrakt

Cel: W niniejszym artykule przedstawiono wyniki badań doświadczalnych oraz analizy cyfrowej ziarnistości pyłów palnych poddawanych testom parametrów wybuchowości w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości CNBOP-PIB. W artykule opisano wyniki analizy sitowej pyłów, takich jak aluminium, kakao, likopodium, czy bułka tarta oraz problemy występujące podczas przesiewania pyłów w celu zbadania ich ziarnistości.

Metodyka: Ze względu na przedmiot artykułu, oprócz badań doświadczalnych, wykorzystano mikroskop, aparat fotograficzny z adapterem do mikroskopu oraz komputer w celu opracowania alternatywnej metody badania ziarnistości pyłów. Wobec dużej różnorodności właściwości napotykaných materiałów nie jest możliwe wytypowanie jednej tylko metody analizy sitowej, którą można by zastosować do wszystkich badanych pyłów palnych. Pyły te różnią się właściwościami zarówno fizycznymi, jak i chemicznymi, takimi jak gęstość, kruchość, kształt ziarna, właściwości kohezyjne czy magnetyczne. Podstawowym problemem wynikającym z tych właściwości jest odpowiedni dobór parametrów oraz techniki ich przesiewania. Dla każdego materiału indywidualnie określić należy optymalny czas przesiewania, amplitudę wstrząsania, czy częstotliwość ręcznego ostukiwania, które niekiedy okazuje się konieczne. Wyboru parametrów dokonuje się empirycznie, co niekiedy bywa bardzo czasochłonne. Następnie dokonano analizy cyfrowej fotografii cząstek pyłu. Metoda ta opiera się na analizie fotografii cyfrowej z wykorzystaniem darmowego programu Image-J. W metodzie tej zdjęcie poddawane jest obróbce i analizie cyfrowej w celu uzyskania obrazu binarnego o określonym progu.

Wyniki: Próby badania ziarnistości z wykorzystaniem jedynie metody cyfrowej okazały się znacznie bardziej czasochłonne. Główną przyczyną były duże niedokładności, skomplikowany proces przygotowania próbki, wykonania zdjęć ułatwiających późniejszą obróbkę oraz sam proces obróbki graficznej. Przetworzenie każdej z fotografii wymaga rozdzielenia złączonych ze sobą cząstek pyłu lub usunięcia fragmentów problematycznych, co w przypadku kilkudziesięciu zdjęć zajmuje wiele roboczogodzin.

Wnioski: Na podstawie uzyskanych wyników metody nie można uznać za skuteczną alternatywę dla analizy sitowej. Przyczyną takiego stanu rzeczy są rozbieżności w wartościach średnicy sitowej oraz średnicy pozornej – dwu różnych sposobów określania ziarnistości pyłu w wymienionych wyżej metodach badawczych. Metoda pozwala jednak w pewnym stopniu usprawnić metodę analizy sitowej, pozwalając wstępnie oszacować ziarnistość danego pyłu, wybrać odpowiedni zestaw sit, a także wartości nasypowe pyłu.

Słowa kluczowe: ziarnistość pyłów, mikroskopia, analiza cyfrowa, przesiewanie

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Abstract

Aim: This paper presents the experimental study and digital analysis of flammable dust granularity performed in the Combustion Processes and Explosion Lab at the Scientific and Research Centre for Fire Protection (CNBOP-PIB). It contains experimental results of sieve analysis of several dusts such as aluminum, cocoa, lycopodium and breadcrumbs. It notices some problems identified during the screening of dust in order to examine its granularity.

¹ Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy; ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów; rporowski@cnbop.pl / Scientific and Research Centre for Fire Protection. National Research Institute, Poland;

² Wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage contribution: Rafał Porowski – 40%, Dawid Bodalski – 40%, Martyna Strzyżewska – 20%;

Methodology: Except some experimental work during the study the authors also used the laboratory microscope, camera with adapter for microscope and a computer in order to develop an alternative test method for granularity measurement. Due to a large variety of material properties it is not possible to nominate only one sieve analysis method that can be applied for all the combustible dust types. These dusts have large variety of properties both physical and chemical, such as density, fragility, grain shape, cohesive or magnetic properties. The main problem arising with these properties is suitable selection of parameters and sieving technique. For each material there is a need to determine individually the optimal sieving time, shaking amplitude or the frequency of manual tapping, which sometimes turns out to be necessary. Parameter selection needs to be made empirically, which sometimes can be very time consuming. The alternative method is based on the analysis of digital photography using the open source Image-J software. In this method, the image was processed in order to obtain a binary image with a specific threshold.

Results: Granularity testing using only a digital method proved to be much more time consuming. The main reason was the large discrepancies in the results due to errors in all phases of work, such as the complicated process of preparation of the sample shots to facilitate further processing and graphics processing process itself. The processing of each of the photo requires the separation of accumulated dust particles or to remove problematic fragments, which in case of several tens of pictures takes a lot of man-hours.

Conclusions: On the basis of tests results, this method cannot be considered as effective and alternative to the sieving analysis. The reason could be some discrepancies of the diameter of the sieve and the apparent diameter - two different ways of determining granularity of dust in this two methods. However, this method allows improving the sieving analysis process and estimating the granularity of the pre-dust, choose the right set and bulk of dust.

Keywords: dust granularity, microscopy, digital analysis, sieving

Type of article: original scientific article

Аннотация

Цель: В данной статье представлены результаты экспериментальных исследований и цифрового анализа зернистости горючей пыли, которая проходила тесты параметров взрывоопасности в Группе Лабораторий Процессов Горения и Взрывоопасности CNBOP-PIB. В статье описаны результаты ситового анализа разных видов пыли, таких как: алюминий, какао, плауна, или панировочные сухари, а также проблем, возникающих в процессе просеивания пыли для того, что исследовать ее зернистость.

Методика: Учитывая предмет статьи, кроме экспериментальных исследований, для разработки альтернативного метода исследования зернистости пыли, были также использованы микроскоп, фотоаппарат с адаптером для микроскопа и компьютер. Из-за большого разнообразия свойств доступных материалов, не возможно использовать только один метод ситового анализа ко всем исследуемым типам горючей пыли. Разные виды пыли отличаются друг от друга по своим как физическим, так и химическим свойствам, таким как плотность, хрупкость, форма частицы, сплоченные или магнитные свойства. Основной проблемой, связанной с этими свойствами, является правильный выбор параметров и техники их просеивания. Для каждого материала следует отдельно определить оптимальное время просеивания, амплитуду вращения или частоту простукивания вручную, которые иногда оказываются просто необходимыми. Выбор параметров происходит опытным путём, что иногда может занять много времени. Дальше проведен анализ цифровой фотографии частиц пыли. Этот метод основан на анализе цифровой фотографии с использованием бесплатной программы Image-J. При этом методе фотография подвергается обработке и цифровому анализу с целью получения бинарного изображения с определенным ограничением.

Результаты: Попытки исследования зернистости с использованием только цифрового метода заняли много времени. Основной причиной были большие неточности, сложный процесс приготовления образцов, проведение съёмок, которые облегчили бы последующую обработку и сам процесс графической обработки. Обработка каждой фотографии требует разделения соединенных вместе частиц пыли или удаления проблемных фрагментов, что в случае большого количества изображений занимает много рабочего времени.

Выводы: На основании этих результатов данный метод нельзя рассматривать в качестве эффективной альтернативы ситового анализа. Причиной этого являются различия значений ситового и видимого диаметра – два разных способа определения зернистости пыли в вышеуказанных методах исследования. Способ, однако, позволяет улучшить в определённой степени метод ситового анализа, способствуя оценке исходной зернистости пыли и выбрать соответствующий набор сит, и объём пыли.

Ключевые слова: зернистость пыли, микроскопия, цифровой анализ, просеивание

Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wprowadzenie

Jedynie w niektórych, czy też tylko poszczególnych przypadkach, takich jak młyny strumieniowe, wybuchowa mieszanina pyłowo-powietrzna może powstać na miejscu, to znaczy cząstki pyłu palnego tworzą obłok pyłu w momencie ich produkcji. W większości przypadków pyłowe atmosfery wybuchowe powstają na skutek uniesienia lub dyspersji pyłu nagromadzonego w warstwach. Proces nagromadzenia pyłu może zarówno stanowić cel zamierzony lub wymagany w warunkach przemysłowych, jak na przykład w silosach, koszach samowyladowczych, czy w filtrach workowych, jak i być

efektem ubocznym (niezamierzonym), przykładowo osadzanie się pyłu na zewnętrznych powierzchniach urządzeń procesowych lub na ścianach i podłogach pomieszczeń magazynowych. Rozproszony pył może wytworzyć mieszaninę pyłowo-powietrzną o stężeniu zawartym pomiędzy dolną i górną granicą wybuchowości jedynie przez krótki czas. Po tym czasie uniesiony w powietrzu pył zacznie z powrotem opadać, tworząc warstwy [1]. Do określenia ziarnistości cząstek pyłu wykorzystuje się wiele zróżnicowanych metod, takich jak przesiewanie, metody sedimentacyjne, metody pneumatyczne, metody laserowe, czy metody mikroskopowe. Wszystkie spośród wy-

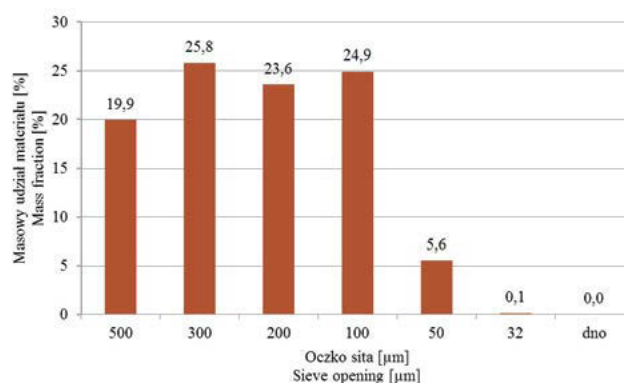
mienionych metod cechuje wysoka niepewność pomiarowa. Wyniki analiz przeprowadzanych różnymi urządzeniami, w ramach tej samej metody, wykazują znaczne rozbieżności. Dla przykładu amerykański instytut badawczy NIST przeprowadził testy kilkunastu urządzeń działających na zasadzie dyfrakcji laserowej. Badania przeprowadzono na jednakowym materiale, natomiast rozrzut wyników wyniósł około 20% [2]. Jeśli w przypadku drogich i skomplikowanych metod dochodzi do takich rozbieżności, to w przypadku metody najtańszej, tj. przesiewania na sucho, uzyskanie miarodajnych wyników staje się bardzo trudne i czasochłonne. Należy jednak pamiętać, iż badanie ziarnistości opiera się na pomiarach wielkości geometrycznych poszczególnych cząstek, które to wielkości są zazwyczaj jedynie wartościami zastępczymi, często różniącymi się między sobą. Na przykład w analizie sitowej za średnicę cząstki przyjmuje się minimalny rozmiar boku kwadratowego oczka sita, przez które zdołało przejść ziarno, czyli tak zwaną średnicę sitową [3]. Natomiast w analizie mikroskopowej za wartość charakteryzującą wielkość cząstki przyjmujemy średnicę koła o polu powierzchni takim samym, jak powierzchnia rzutu cząstki na płaszczyznę stabilnego spoczynku, czyli tak zwaną średnicę projekcyjną [4].

2. Metody badawcze

2.1. Analiza sitowa

Badanie parametrów wybuchowości pyłów jest jednym z zasadniczych kierunków rozwoju Zespołu Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości CNBOP-PIB. Podstawowym sposobem określania ziarnistości pyłów poddawanych badaniom jest analiza sitowa na sucho, wykonywana według zaleceń standardu PN-ISO 2591-1. Jak wcześniej wspomniano, jest to metoda tania, bo wymagająca wydania jednorazowo kilku tysięcy złotych. Niestety z uwagi na bardzo zróżnicowane właściwości pyłów, z którymi pracownicy laboratorium mają do czynienia, jej miarodajność jest niezadowalająca. Wobec dużej różnorodności właściwości napotykaných materiałów nie jest możliwe wytypowanie jednej tylko metody analizy sitowej, którą można by zastosować do wszystkich badanych pyłów palnych [5]. Pyły te różnią się właściwościami zarówno fizycznymi, jak i chemicznymi, takimi jak gęstość, kruchość, kształt ziarna, właściwości kohezyjne, czy magnetyczne. Podstawowym problemem wynikającym z tych właściwości jest odpowiedni dobór parametrów oraz techniki ich przesiewania. Dla każdego materiału indywidualnie określić należy optymalny czas przesiewania, amplitudę wstrząsania, czy częstotliwość ręcznego ostukiwania, które niekiedy okazuje się być konieczne. Wyboru parametrów dokonuje się empirycznie, co niekiedy bywa bardzo czasochłonne. Przykładem materiału sprawiającego problemy przy przesiewaniu jest kakao. Pył ten wykazuje tendencje do aglomeracji, skutkiem czego zapycha oczka sit, a jednocześnie jest bardzo kruchy. Materiał poddano pięciokrotnym próbom przesiewania z wykorzystaniem mechanicznej wytrząsarki oraz zestawu sit o rozmiarach oczka 500 μm , 300 μm , 200 μm , 100 μm , 50 μm oraz 32 μm . Wyniki przedstawione w tym artykule

stanowią średnią ważoną z pięciu prób. W pierwszej próbie czas przesiewania wyniósł 15 minut.



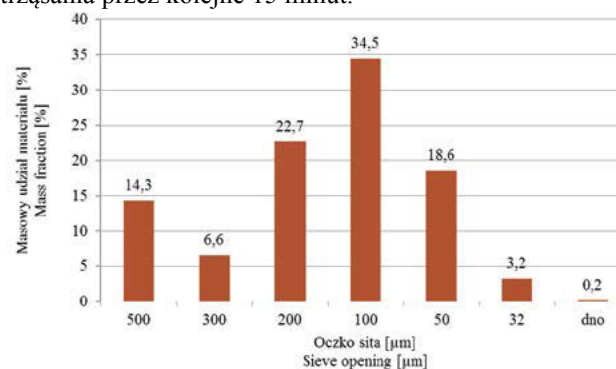
Ryc. 1. Wyniki przesiewania pyłu kakaowego – czas przesiewania 15 minut

Fig. 1. Experimental results of cocoa sieving in 15 min

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Po pierwszym badaniu zważono sita wraz z odsiewem, a następnie poddano ponownemu procesowi wytrząsania przez kolejne 15 minut.



Ryc. 2. Wyniki przesiewania pyłu kakaowego – czas przesiewania 30 minut

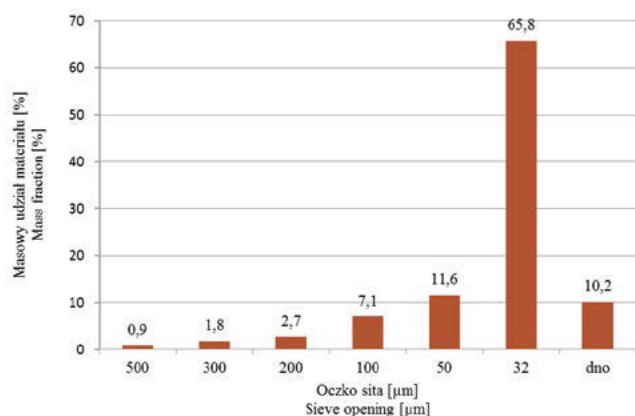
Fig. 2. Experimental results of cocoa sieving in 30 min.

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Z uwagi na wyraźne różnice w wynikach przedstawionych na ryc. 1 i ryc. 2 materiał poddano dalszemu oraz czasochłonnemu procesowi przesiewania ręcznego z wykorzystaniem miękkiej szczotki wg zaleceń standardu PN-ISO 2591-1. Wyniki okazały się zaskakująco rozbieżne. Pojawiło się zatem kilka pytań, a mianowicie: w którym momencie cząstki pyłu rzeczywiście zatrzymują się na sicie ze względu na swoje rozmiary? Kiedy są przez użytkownika kruszone? Kiedy, łącząc się pod wpływem wilgoci lub sił przyciągania, zapychają sita?

Kolejnym materiałem spośród badanych pyłów sprawiającym problemy podczas przesiewania był pył aluminiowy. Podobnie do pyłu kakaowego wykazywał on tendencję do aglomeracji oraz zapychania sit, jednak przy kolejnych próbach badania na wytrząsarce z coraz mniejszymi wartościami nasypowymi wykazywał podobne wyniki. Dla porównania wykonano kilka przesiewów techniką wytrząsania mechanicznego na przemian z ręcznym przesiewaniem dla różnych wartości nasypowych i tu również otrzymano powtarzalność wyników.

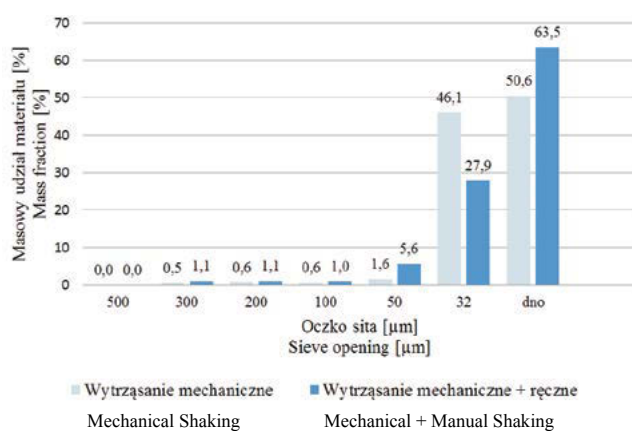


Ryc. 3 Wyniki ręcznego przesiewania pyłu kakaowego

Fig. 3. Experimental results of cocoa manual sieving

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Ryc. 4. Porównanie wyników dwóch technik przesiewania pyłu aluminiowego

Fig. 4. Comparison of two sieving methods for aluminum dust

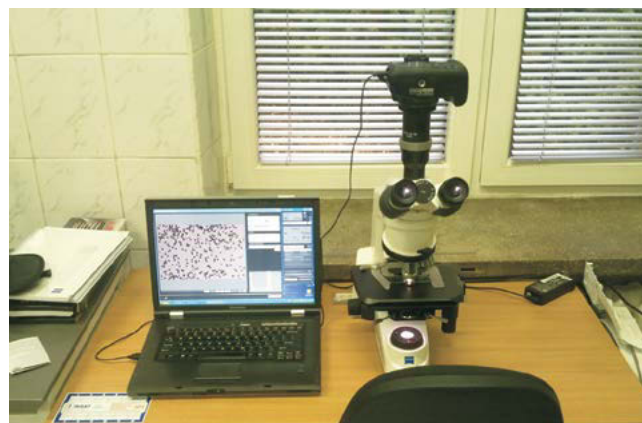
Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Jak widać połączenie techniki przesiewania mechanicznego z ręcznym spowodowało zwiększenie ilości materiału przechodzącego przez sito o oczkach 32 μm. W tym przypadku również pozostaje pytanie, czy dołożenie kolejnych czynności tj. oklepywania i omiotania sit powoduje rozdzielanie zbitych cząstek pyłu, z czym nie radzi sobie wytrząsarka, czy też w wyniku tychże czynności kruche ziarna zostają sztucznie rozdrobnione. Pytania te były przyczyną podjęcia próby opracowania techniki wspomagania procesu badania ziarnistości pyłów z wykorzystaniem mikroskopu laboratoryjnego.

2.2. Analiza cyfrowa

Opracowana w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości CNBOP-PIB metoda badania ziarnistości pyłów oparta jest na analizie cyfrowej obrazu cząstek pyłu wykonanych pod mikroskopem. Do analizy zaadaptowano mikroskop laboratoryjny, aparat cyfrowy oraz komputer z zainstalowanym oprogramowaniem pozwalającym na wyświetlanie obrazu z aparatu. Aparat podłączono do mikroskopu za pomocą specjalnego adaptera.



Ryc. 5. Widok na stanowisko do analizy cyfrowej ziarnistości pyłów palnych

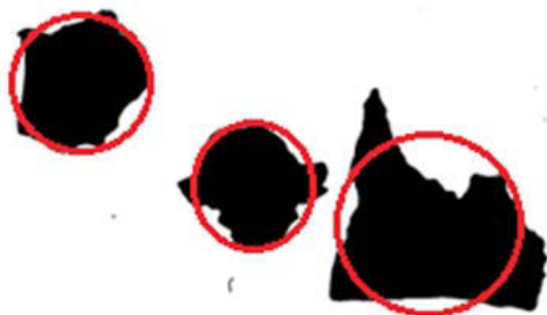
Fig. 5. An overview of the equipment for digital analysis of flammable dust granularity

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Pierwszym etapem analizy było pobranie próbki pyłu, którą można uznać za wystarczająco reprezentatywną, a następnie przygotowanie na jej podstawie preparatów badawczych. Starannie przygotowany preparat umieszczano na stole mikroskopu, a następnie manipulując posuwami stołu, wybierano obszar do fotografowania. Podstawową problematyką tego etapu stanowił wybór takich obszarów próbki, na których ziarna pyłu w jak najmniejszym stopniu nachodziły na siebie lub też się ze sobą stykały. Taka sytuacja generowała błędy oraz prowadziła do znacznego wydłużenia czasu analizy cyfrowej. Podstawowym narzędziem analizy cyfrowej był posiadający intuicyjny interfejs program Image-J. Jest to program znajdujący szerokie zastosowanie w badaniach naukowych. Za jego pomocą można wydzielić z fotografii poszczególne elementy, w tym przypadku cząstki pyłu, oraz zestawić ich wartości geometryczne w formie tabel. Praca z programem Image-J sprowadzała się do wstępnej obróbki zdjęcia oraz wykonania obliczeń. Celem obróbki wstępnej było usunięcie z obszaru fotografii fragmentów problematycznych, to znaczy pozlepianych, nachodzących na siebie, niemożliwych do odseparowania cząstek lub rozdzielenie złączonych cząstek za pomocą odpowiednich w programie narzędzi. Jeśli to konieczne, należało również poprawić jakość fotografii poprzez manipulację kontrastem, jasnością, czy też nasyceniem całego obrazu lub poszczególnych, słabiej widocznych fragmentów, w celu uzyskania najbardziej miarodajnych wyników. Na tak przygotowanej fotografii dokonywano binaryzacji, tj. operacji punktowej, której wynikiem był obraz, na którym program rozróżniał tylko dwie wartości, tj. czerń symbolizującą cząstkę pyłu oraz biel, czyli tło. Właściwą binaryzację poprzedzało tzw. progowanie. Był to proces ustalenia granicy, powyżej której wszystkie piksele o danych wartościach trzech podstawowych parametrów miały być traktowane jako czarne, natomiast poniżej jako białe, lub odwrotnie. Parametrami tymi były wartości maksymalne i minimalne barwy, jasności oraz nasycenia. Proóg dobierano na podstawie podglądu fotografii z naniesioną maską reprezentującą granicę. W ten sposób

otrzymywano binarny obraz gotowy do dalszej analizy cyfrowej, co przedstawiono na ryc. 6.



Ryc. 6. Fotografia mikroskopowa po binaryzacji w programie Image-J

Fig. 6. Microscopic photo after binary analysis in Image-J

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

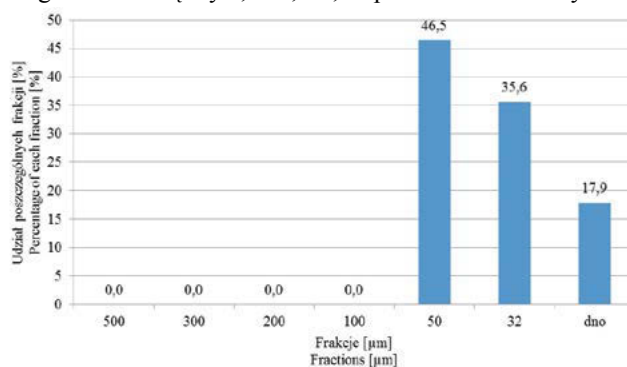
Program Image-J analizował każdy z odseparowanych fragmentów, wyliczając jego parametry geometryczne, w tym między innymi pole powierzchni, współczynnik okrągłości, czy maksymalna odległość w linii prostej między dwoma punktami. Wyniki otrzymywano w postaci tabelarycznej. Dane z pliku należało następnie skopiować do przygotowanej wcześniej formatki MS Excell, przeliczającej wartości z pikseli na mikrometry. Wynikiem tego działania był histogram przedstawiający rozkład ziarnistości (ryc. 7).

Przyporządkowania danej cząstki pyłu do konkretnej kategorii program dokonywał, obliczając zastępczą średnicę każdego z ziaren. Jest to średnica koła o powierzchni równej polu powierzchni rzutu danej cząstki na powierzchnię próbki. Następnie powierzchnia rzutu każdego z ziaren dzielona była przez sumę powierzchni wszystkich cząstek, czego wynikiem był procentowy udział każdej z cząstek. Następnie procentowe udziały ziaren

podzielonych na przedziały, zgodne z oczkami sit, były sumowane, a program na podstawie danych tworzył histogram rozkładu ziarnistości z próby.

3. Wyniki badań

Jako pierwszy badaniu poddany został pył aluminiowy, którego rozbieżności między dwoma metodami przesiewania były stosunkowo niewielkie. W przypadku przesiewania mechaniczno-ręcznego 91,4% materiału przeszło przez sito 50 μm , a zatem zawierało się w przedziale od 0 do 50 μm . W przypadku przesiewania z wykorzystaniem wytrząsarki było to aż 96,7%. Tymczasem według analizy cyfrowej jedynie 53,5% udziału masowego ziaren występowało w zakresie od 0 do 50 μm , natomiast 46,5% w zakresie od 50 do 100 μm . Badanie nie wykazało żadnych ziaren o średnicy zastępczej większej niż 100 μm , w przeciwieństwie do technik przesiewania, gdzie na sitach o rozmiarach oczka 100-300 μm odnotowano odsiew w granicach między 0,5 i 1,1%, co przedstawiono na ryc. 8.



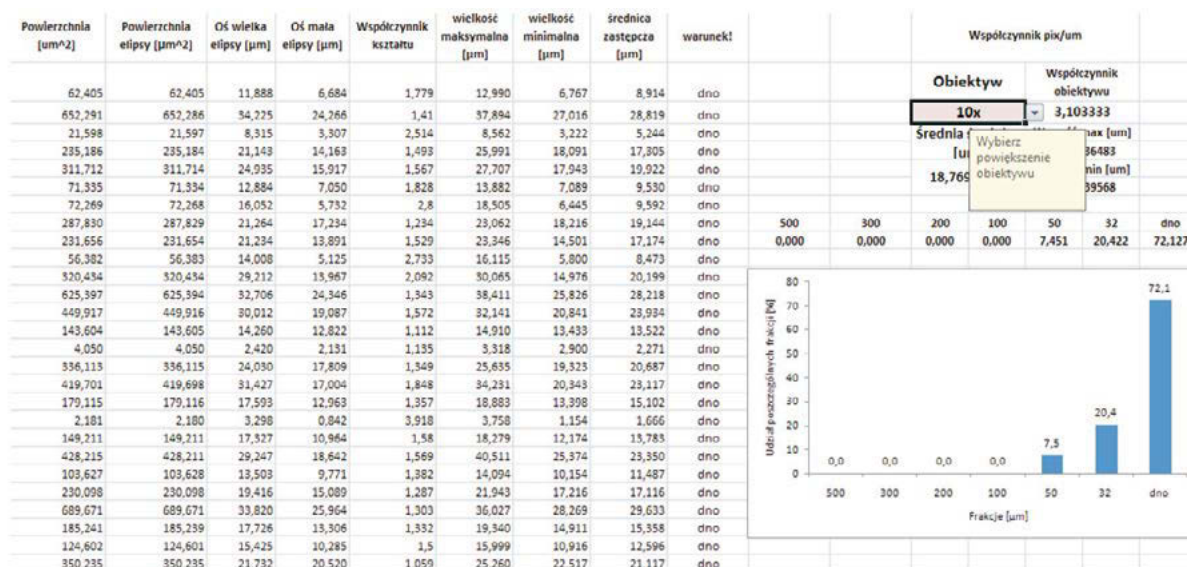
Ryc. 8. Wyniki analizy cyfrowej pyłu aluminiowego

Fig. 8. Results of digital analysis for aluminum dust

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Następnym materiałem poddanym analizie cyfrowej było kakao. Materiał ten, powodujący jeszcze większe problemy przy przesiewaniu niż aluminium, wykazywał



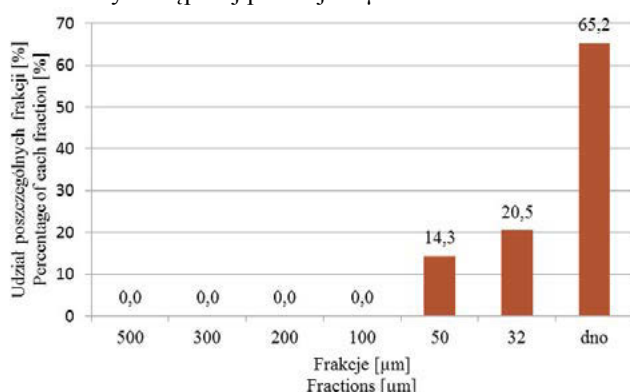
Ryc. 7. Obliczone wartości pikseli na mikrometry oraz wynik w postaci histogramu ziarnistości

Fig. 7. Calculated values of microns and the some results of dust granularity

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

również znaczne rozbieżności pomiędzy wynikami tych dwóch metod analizy. W tym przypadku różnice dotyczyły przede wszystkim granicznego rozmiaru 32 μm . Podczas przesiewania pyłu kakao za pomocą wytrząsarki mechanicznej na dno dotarły jedynie śladowe ilości materiału, tj. maksymalnie 0,1%. Wynik ten oscylował w granicach błędów pomiarowych wagi, jednak podczas badania na dnie zauważalny był delikatny brązowy nalot. Dodanie techniki wytrząsania ręcznego z omiataniem i oklepywaniem pozwoliło pyłowi przedostać się przez sito 50 μm , przez które wcześniej przeszło maksymalnie 3,2%. Przy technice mieszanej aż 65,8% materiału osiadło na sicie 32 μm , natomiast na dno przeszło zaledwie 10,2%. Wyniki analizy cyfrowej pyłu kakaowego (ryc. 9) diametralnie różniły się od wyników przesiewania. Z wykresu wynika, iż ponad 65% udziału masowego w pyłe stanowią ziarna o średnicy zastępczej poniżej 32 μm .



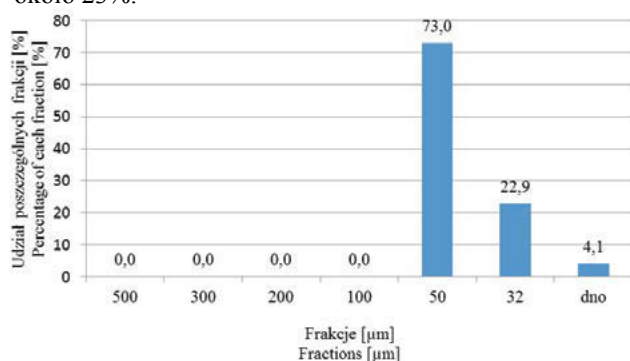
Ryc. 9. Wyniki analizy cyfrowej pyłu kakaowego

Fig. 9. Results of digital analysis for cocoa dust

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Z uwagi na niekorzystne wyniki badań próbek pyłu aluminiowego oraz kakaowego pobranych bezpośrednio z reprezentatywnej próbki podjęto działania mające na celu sprawdzenie, jak analiza cyfrowa odnosi się do wyników badań doświadczalnych. W tym przypadku próbki pobrano z sit kontrolnych po przesiewaniu. Wyniki badań odsiewu z sita 32 μm przedstawia ryc. 10. Aż 73% ziaren zostało zidentyfikowanych w przedziale 50-100 μm , natomiast w zamierzonym 32-50 μm znalazło się jedynie około 23%.



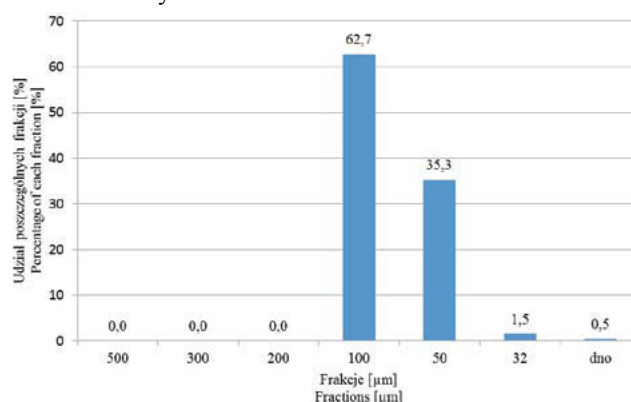
Ryc. 10. Wyniki analizy cyfrowej odsiewu na sicie 32 μm pyłu aluminiowego

Fig. 10. Results of digital analysis for aluminum dust using 32 μm sieve

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Podobnie w przypadku odsiewu z sita 50 μm (ryc. 11), znaczna większość udziału masowego przypadła na frakcję wyższą, tj. 100 μm . Jest to szczególnie interesujące, gdyż analiza pyłu pobranego z próbki nie wykazała obecności tak dużych ziaren.



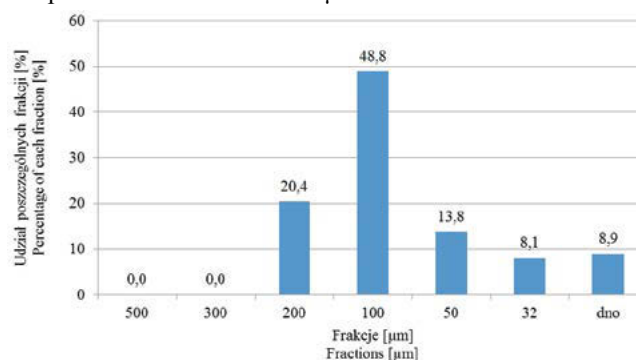
Ryc. 11. Wyniki analizy cyfrowej odsiewu na sicie 50 μm pyłu aluminiowego

Fig. 11. Results of digital analysis for aluminum dust using 50 μm sieve

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Następnie analizie poddano odsiew z sita 100 μm (ryc. 12), który stanowił poniżej 1% udziału masowego całej próbki. Niemalże 50% materiału zaklasyfikowano w przedziale od 100 do 200 μm .



Ryc. 12. Wyniki analizy cyfrowej odsiewu na sicie 100 μm pyłu aluminiowego

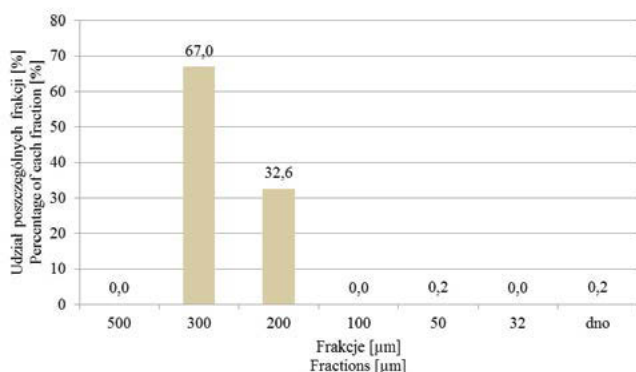
Fig. 12. Results of digital analysis for aluminum dust using 100 μm sieve

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Wykonano również analizę odsiewów dla pyłu, uzyskującego powtarzalne wyniki przesiewania zarówno mechanicznego, jak i ręcznego, tj. bułki tartej. Badanie odsiewu z sita 100 μm wykazało, podobnie jak dla pyłu aluminiowego, przewagę ziaren o średnicach zastępczych 300-500 μm , tj. 67% nad spodziewanymi w zakresie 200-300 μm .

W przypadku badania odsiewu z sita 100 μm aż 54% udziałów masowych mieściło się w zakresie 100-200 μm . Podobnie jak w przypadku większej frakcji znaczna ilość cząstek znajdowała się w dwóch przedziałach, odpowiadających rozmiarowi sita oraz większym.

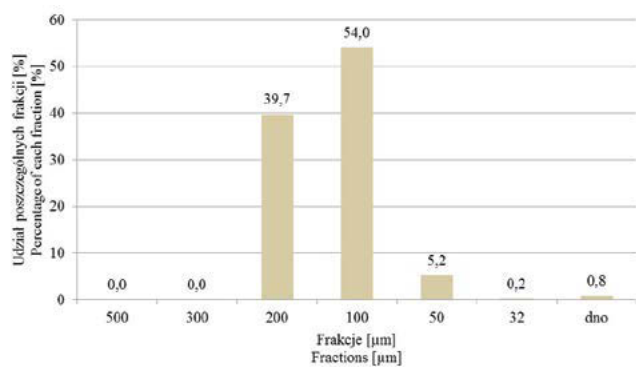


Ryc. 13. Wyniki analizy cyfrowej odsiewu na sicie 200 µm bułki tartej

Fig. 13. Results of digital analysis for breadcrumbs dust using 200 µm sieve

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



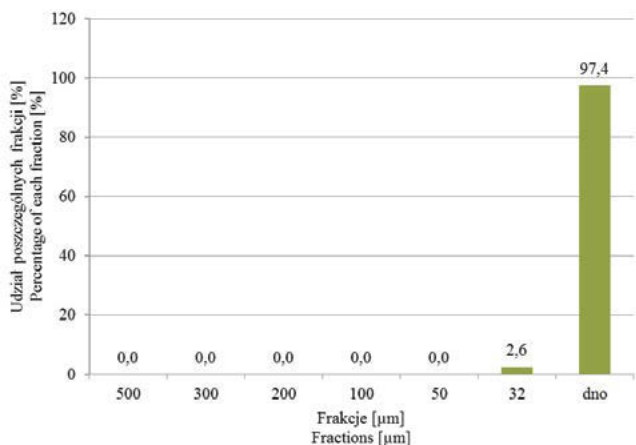
Ryc. 14. Wyniki analizy cyfrowej odsiewu na sicie 200 µm bułki tartej

Fig. 14. Results of digital analysis for breadcrumbs dust using 200 µm sieve

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Badaniom poddano również pył likopodium, który jest pyłem jednorodnym o regularnym kształcie ziaren. Wyniki analizy sitowej przedstawiono na ryc. 15. Aż 97,4% materiału uległo przesianiu, co było pewnym zaskoczeniem, gdyż według źródeł literaturowych cząstki likopodium powinny mieć średnicę około 33 µm [5].



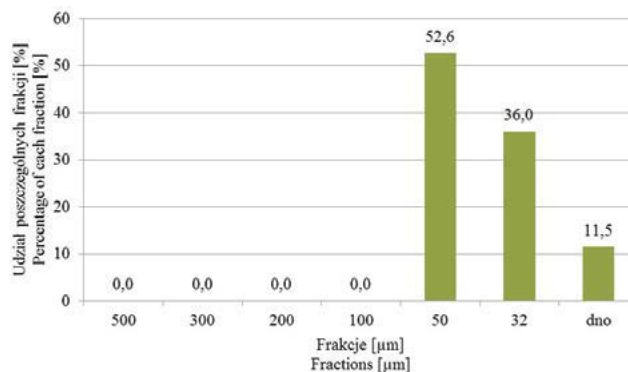
Ryc. 15. Wyniki analizy sitowej pyłu likopodium

Fig. 15. Results of digital analysis for lycopodium dust

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Podjęto zatem analizę cyfrową pyłu likopodium z wykorzystaniem sita o rozmiarach 32 µm, co przedstawiono na ryc. 16 oraz pyłu z dna wytrząsarki, co przedstawiono na ryc. 17.

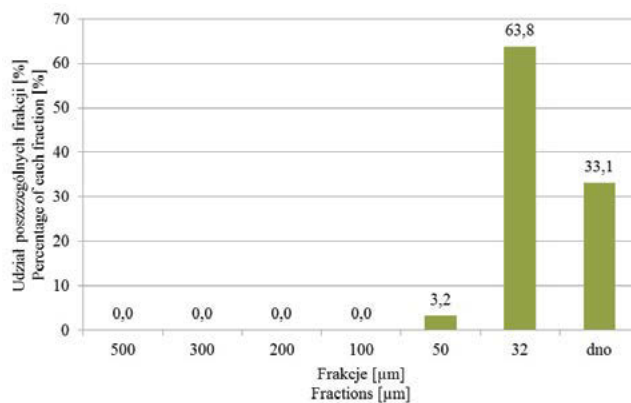


Ryc. 16. Wynik analizy cyfrowej odsiewu na sicie 32 µm pyłu likopodium

Fig. 16. Results of digital analysis for lycopodium dust using 32 µm sieve

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Ryc. 17. Wynik analizy cyfrowej pyłu likopodium z dna wytrząsarki

Fig. 17. Results of digital analysis for lycopodium dust from the bottom of sieving machine

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Okazało się, że wyniki analizy cyfrowej znajdują się w mniejszym zakresie spodziewanym po analizie sitowej. Przeważająca część wyników, to jest odpowiednio 52,5% dla odsiewu z sita 32 µm oraz 63,8% dla najniższego poziomu, znalazły się w przedziałach odpowiadających większemu rozmiarowi oczka, a zatem nie powinny znaleźć się na poszczególnych poziomach. Analiza cyfrowa pyłu likopodium pozwoliła jednoznacznie stwierdzić, że odsiew z sita 32 µm stanowiły ziarna będące zlepkiem kilku innych ziaren o średnicy zbliżonej do pozostałych. W przypadku pyłu niewykazującego tendencji do łączenia się cząstek może być to efektem nieodpowiednio dobranej amplitudy podczas przesiewania lub błędami numerycznymi w procesie analizy obrazu. Fakt istnienia cząstek złączonych na stałe generuje również niepewności podczas obróbki cyfrowej fotografii, stawiając pod znakiem zapytania zasadność rozdzielania połączonych cząstek.

4. Podsumowanie i wnioski

Metoda badania ziarnistości pyłów palnych z wykorzystaniem mikroskopu oraz oprogramowania do analizy cyfrowej okazała się być niewystarczająco dokładna, a zarazem zbyt czasochłonna, aby móc stosować ją jako narzędzie autonomiczne. W przypadku pyłów mających skłonności do aglomeracji problemem jest przygotowanie próbki w taki sposób, aby materiał ułożył się pod mikroskopem, nie tworząc skupiska. Badanie wszystkich rodzajów pyłu wykazało duże różnice w wynikach. Zależnością występującą we wszystkich badaniach było wykazywanie istnienia na odsiewach z konkretnych sit materiału o ziarnach, które powinny zatrzymać się na sicie o większych oczkach. Spowodowane jest to przede wszystkim stosowaniem dwóch sposobów obliczania średnic poszczególnych ziaren. Jak wspomniano wcześniej, w analizie sitowej bada się średnice sitowe cząstek, natomiast w analizie cyfrowej, z wykorzystaniem dostępnych narzędzi, średnicę projekcyjną. Są to różnice spowodowane przede wszystkim możliwością podglądu ziaren jedynie w dwóch wymiarach. Ziarna o strukturze płatkowatej takie jak chociażby badany pył aluminiowy znajdą drogę przez kwadratowe oczka sit, wykorzystując nieznaną obserwatorowi trzeci wymiar – grubość. Idąc dalej w tym kierunku, można pokusić się o określenie dobieranego empirycznie współczynnika wynikającego z kształtu cząstek. Przydatne w opracowaniu tego typu metody byłyby z pewnością inne parametry poszczególnych cząstek podawane przez program Image-J, takie jak współczynnik okrągłości, średnica Fereta, czy dopasowana elipsa. Niewiadomą jednak pozostanie trzeci wymiar ziarna, do określenia którego metoda mikroskopowa nie jest wystarczająca. Z drugiej strony cząstki pyłu likopodium wydają się być kształtem podobne do kuli, a mimo to wyniki analizy cyfrowej wychodzą zawyżone w stosunku do analizy sitowej. Zatem reasumując, można stwierdzić, iż analiza cyfrowa znajdzie zastosowanie jako proces wspomagania analizy sitowej pomagający dobrać wystarczającą liczbę sit oraz odpowiednie wartości nasypowe badanego pyłu.

Publikacja powstała w ramach realizacji projektu rozwojowego DOBR-BIO4/052/13073/2013 pt. „Innowacyjne technologie zabezpieczeń przed wybuchem, w tym obiektów szczególnie chronionych”, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Literatura

1. Sonechkin V., Panasevich L., Rackauskas A., *Otsenka požarovzryvoopasnosti tekhnologicheskogo protsessa mekhanicheskoy obrabotki drevesnykh materialov*, „Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashhenie, likvidacija”, Issue 1, 2014, pp. 32-35.
2. Kamiński S., Kamińska D., *Porównanie metod pomiaru granulacji materiałów ziarnistych*, streszczenie, IX Sympozjum „Granulacja”, Nałęczów 2012.
3. Radomski P., Jarosiński A., *Wyznaczanie powierzchni właściwej materiałów ziarnistych w aspekcie stosowania jej wielkości w wybranych procesach technologicznych*, „Czasopismo Techniczne. Chemia”, 2010, R. 107, z. 1-Ch, 267-276.
4. PN-ISO 2591-1: 2000, Analiza sitowa. Metody z zastosowaniem sit kontrolnych z tkaniny z drutu i z blachy perforowanej.
5. Živcová Z., Gregorová E., Pabst W., *Porous alumina ceramics produced with lycopodium spores as pore-forming agents*, „Journal of Materials Science”, Vol. 42, Issue 20, 2007.

dr inż. Rafał Porowski – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. W roku 2010 ukończył studia doktoranckie na Wydziale Mechanicznym, Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. Temat rozprawy doktorskiej dotyczył badań doświadczalnych i symulacji numerycznych przejścia do detonacji w mieszaninach gazowych. W latach 2009-2010 w ramach stypendium Fulbrighta pracował w California Institute of Technology, gdzie w Explosion Dynamics Laboratory zajmował się badaniami doświadczalnymi propagacji fal uderzeniowych oraz detonacji w mieszaninach heterogenicznych. Obecnie pracuje w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w CNBOP-PIB w Józefowie.

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 Przeciwpowodziowej – PIB w Józefowie.

mgr Martyna Strzyżewska – absolwentka Wydziału Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego. Pracuje na stanowisku młodszego specjalisty w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowodziowej – PIB w Józefowie.

dr inż. **Rafał POROWSKI¹****Przyjęty/Accepted/Принят:** 20.05.2014;**Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована:** 20.11.2014;**Opublikowany/Published/Опубликована:** 31.12.2014;

ZJAWISKO DETONACJI MIESZANIN PYŁOWYCH: PRZEGLĄD STANU WIEDZY

Dust Detonation Phenomenon: State of the Art

Явление детонации смесей пыли: обзор имеющихся знаний

Abstrakt

Cel: Celem artykułu jest przedstawienie przeglądu stanu wiedzy w zakresie detonacji mieszanin pyłowych. Opisano prace badawcze prowadzone przez ośrodki naukowe na całym świecie, ze szczególnym nastawieniem na badania eksperymentalne detonacji mieszanin pyłowo-powietrznych i pyłowo-tlenowych oraz mierzone podczas tych badań parametry detonacji. Wyjaśniono również podstawy teoretyczne propagacji fali spalania w kanałach rurach oraz zjawisko przejścia do detonacji (DDT).

Wprowadzenie: W większości urządzeń i aparatów procesowych stosowanych w przemyśle, w których wykorzystuje się pyły palne, zjawisko spalania występuje w formie deflagracji, gdzie transport ciepła i masy odgrywa bardzo znaczącą rolę. Deflagracja stanowi tzw. „poddźwiękowy” rodzaj spalania, w którym reakcje chemiczne procesu spalania zachodzą pod prawie stałym ciśnieniem. Front fali spalania deflagacyjnego rozprzestrzenia się z prędkością, która jest sumą prędkości płomienia oraz prędkości rozprzestrzeniania się produktów spalania. Jeśli prędkość płomienia będzie wystarczająco niska, tak jak wcześniej wspomniano, zjawisko spalania przebiegało będzie pod stałym ciśnieniem. W przeciwnym przypadku powstaną pewne zakłócenia (turbulencje) oraz wzrost ciśnienia. Wówczas front płomienia będzie przyspieszał, rozprzestrzeniając się jako tzw. fala spalania poprzedzająca falę uderzeniową. Dalsze przyspieszanie frontu płomienia może spowodować proces przejścia z deflagracji w detonację. Zjawisko detonacji mieszanin pyłowych jest raczej jednostkowym, skrajnym przypadkiem propagacji płomienia w warunkach przemysłowych, co nie oznacza oczywiście, że niemożliwym do wystąpienia.

Metodologia: Artykuł został opracowany na podstawie przeglądu literatury, dostępnych w publikacjach wyników prac naukowych dotyczących zjawiska detonacji w mieszaninach pyłowych.

Wnioski: Pomimo że badania detonacji w mieszaninach pyłowych prowadzone są już od wielu lat przez czołowe ośrodki naukowe na świecie, to w dalszym ciągu istnieje potrzeba poznania podstawowych parametrów tego procesu oraz czynników mających wpływ na to zjawisko. Szczególnie istotne z praktycznego punktu widzenia bezpieczeństwa w przemyśle wydaje się być opracowanie bazy danych o parametrach detonacji w mieszaninach pyłowych, takich jak przede wszystkim szerokość komórki detonacji, granice detonacji, prędkości detonacji, odległości rozbiegowe do DDT, jak również krytyczny rozmiar cząstek pyłu, w których możliwe byłoby przejście od spalania deflagacyjnego do detonacji w mieszaninach pyłowych.

Słowa kluczowe: detonacja, DDT, zagrożenie wybuchem, pyły palne

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Abstract

Aim: The aim of this paper is to present a state of the art on dust detonation phenomenon. The author described some research works done in different research institutions, including experimental works on dust-air and dust-oxygen detonations and measured parameters, e.g. pressure and velocity profiles. The author also described some fundamental theories on blast wave propagation in tubes and channels as well as a phenomenon called deflagration-to-detonation transition (DDT).

Introduction: In most processes equipment and apparatuses in industry, where flammable dusts are handled, combustion phenomenon exists as the deflagration flame with great influence of heat and mass transfer. Deflagration is a mode of subsonic combustion wave, where chemical kinetics undergoes under almost constant pressure. Deflagration front propagates with velocity, which is a sum of flame speed and combustion products velocity. If the flame speed will be low enough then combustion occurred at almost constant pressure. In other way there will be some turbulence at the flame front and pressure will increase. Flame front will accelerate and in some circumstances the deflagration to detonation process will occur. Dust detonation phenomenon seems to be an unique case of flame

¹ Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy; ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów; rporowski@cnbop.pl / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland;

propagation in the process industries which is of course possible to take a place in apparatus and pipelines transporting combustible dusts. Heat transfer from the burning dust cloud to the unburnt part does not proceed by the diffusion like in the deflagration explosion. It is possible by extremely fast compression of unburnt mixture covered by the shock wave propagating with high-speed velocity.

Methodology: Paper was prepared based on the state of the art taken from available literature and results of experimental works on dust detonation phenomenon.

Conclusions: Research in dust detonation phenomenon is the ongoing process from many years but there is still a gap of knowledge of fundamental parameters and correlations. An important matter could be to provide the database of detonation cell size, propagation velocity, detonation limits, run-up distance and also some critical size of dust particle supporting DDT in dust mixtures.

Keywords: detonation, DDT, explosion hazards, combustible dusts

Type of article: review article

Аннотация

Цель: Цель этой статьи заключается в представлении обзора имеющихся знаний в области детонации смесей пыли. Описана научно-исследовательская работа, которая проводится исследовательскими центрами по всему миру, с особым акцентом на экспериментальные исследования детонации пылевоздушных и пылекислородных смесей, а также на измеряемые во время этих исследований параметры детонаций. В статье объяснены также теоретические основы распространения волны горения в трубах и каналах и явление перехода в детонацию (DDT).

Введение: В большинстве устройств и технологическом оборудовании, которые применяются в промышленности, где используется горючая пыль, явление горения происходит в виде дефлаграции, при которой перенос тепла и масса играет очень важную роль. Дефлаграция представляет собой так называемый инфразвуковой тип сгорания, в котором химические реакции процесса горения происходят при почти постоянном давлении. Фронт волны дефлаграционного горения распространяется со скоростью, которая является суммой скорости пламени и скорости распространения продуктов сгорания. Если скорость пламени будет достаточно низкой, как упоминалось ранее, явление сгорания будет происходить под постоянным давлением. В противном случае возникают некоторые препятствия (турбулентность) и давление увеличится. Затем фронт пламени будет ускоряться, распространяясь как, так называемая, волна горения, которая предшествует ударной волне. Последующее ускорение фронта пламени может вызвать переход от дефлаграции к детонации. Детонация пылевых смесей это редкий, крайний случай распространения пламени в промышленных условиях, но это не значит, конечно, что он не может произойти.

Методология: Статья подготовлена на основе обзора литературы, имеющейся в публикациях результатов научных исследований, касающихся явления детонации смесей пыли.

Выводы: Несмотря на то, что исследования детонации в смесях пыли проводятся на протяжении многих лет ведущими научно-исследовательскими центрами по всему миру, всё ещё существует необходимость познания основных параметров и зависимости, которые влияют на это явление. Особенно важно с практической точки зрения безопасности в промышленности создать базы данных параметров детонаций смесей пыли, таких как, в первую очередь, ширина детонации клетки, границы детонации, скорость детонации, расстояние ускорения до DDT, а также критический размер пылевых частиц, при которых возможно было бы перейти от дефлаграционного сгорания в детонацию в смесях пыли.

Ключевые слова: детонация, DDT, угроза взрыва, горючая пыль

Вид статьи: обзорная статья

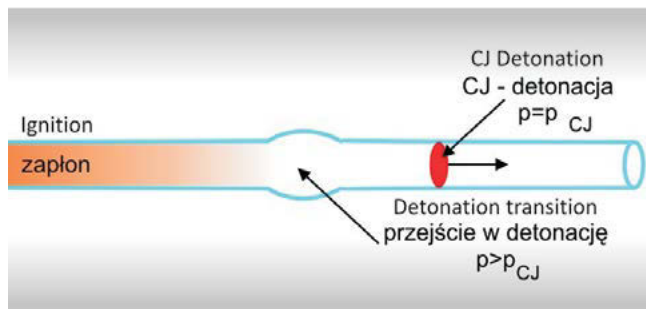
1. Wprowadzenie

W większości urządzeń i aparatów procesowych stosowanych w przemyśle, w których wykorzystuje się pyły palne, zjawisko spalania występuje w formie deflagracji, gdzie transport ciepła i masy odgrywa znaczącą rolę. Deflagracja stanowi tzw. „poddźwiękowy” rodzaj spalania, w którym reakcje chemiczne procesu spalania zachodzą pod prawie stałym ciśnieniem [1]. Front fali spalania deflagracyjnego rozprzestrzenia się z prędkością, która jest sumą prędkości płomienia oraz prędkości rozprzestrzeniania się produktów spalania. Jeśli prędkość płomienia będzie wystarczająco niska, tak jak wcześniej wspomniano, zjawisko spalania przebiegało będzie pod stałym ciśnieniem [1]. W przeciwnym przypadku, powstaną pewne zakłócenia (turbulencje) oraz wzrost ciśnienia. Wówczas front płomienia będzie przyspieszał, rozprzestrzeniając się jako tzw. fala spalania poprzedzająca falę uderzeniową. Dalsze przyspieszanie frontu płomienia może spowodować proces przejścia z deflagracji w detonację, tzw. DDT². Fala detonacyjna mieszanin różnych paliw węglowodorowych z powietrzem rozprzestrzenia się z prędkością ok. 1700-2000 m/s. Zjawisko to może rów-

nież powstać podczas transportu pyłów palnych w rurociągach procesowych stosowanych powszechnie w zakładach przemysłowych. Podobnie jak w przypadku detonacji mieszanin gazowych, detonacja mieszanin pyłowo-powietrznych jest raczej jednostkowym, skrajnym przypadkiem propagacji płomienia w warunkach przemysłowych, co nie oznacza oczywiście, że niemożliwym do wystąpienia. Wymiana ciepła z palącą się częścią chmury do jej niespalonej części nie odbywa się wtedy za pomocą dyfuzji, co jest cechą charakterystyczną wybuchów deflagracyjnych. Wymiana ciepła odbywa się za pomocą skrajnego oraz bardzo szybkiego sprężania niespalonej części mieszaniny objętej przez falę uderzeniową przechodzącą przy prędkości ponaddźwiękowej. Szczegółowy mechanizm zapłonu oraz procesu spalania wewnątrz frontu fali detonacyjnej jest nadal przedmiotem wielu badań naukowych [2-3]. Zapłon mieszaniny pyłu palnego z powietrzem można zainicjować jedynie za pomocą wystarczająco silnego źródła zapłonu [4],[5]. Minimalne energie zapłonu dla pyłów palnych mają bardzo szeroki zakres rzędu od kilkudziesięciu do ponad kilku tysięcy milidżuli [6]. Należy jednak pamiętać, że wartości energii zapłonu niezbędnych do bezpośredniej inicjacji detona-

² DDT – z ang. *Deflagration-to-Detonation Transition*.

cji mieszanin pyłowo-powietrznych są dużo wyższe, niż wspomniane wartości minimalnej energii zapłonu [4],[7] i mogą zostać wygenerowane albo poprzez określony ładunek materiału wybuchowego, lokalny wybuch mieszaniny gazowej lub wyładowanie wysokoenergetycznej iskry elektrycznej wewnątrz mieszaniny, czy też stopniowe wytwarzanie silnego uderzenia generowanego przez turbulencje i tym samym przyspieszenie propagacji płomienia, aż do przejścia zjawiska deflagracji w detonację. Rycina 1 obrazuje schematycznie proces przejścia z deflagracji do detonacji w mieszaninach palnych podczas ich spalania w rurach i kanałach.



Ryc. 1. Przejście do detonacji w rurze z mieszaniną palną [4]
Fig. 1. Deflagration to detonation transition in the channel with flammable mixture [4]

Mechanizmy prowadzące do DDT w mieszaninach pyłowo-powietrznych można podzielić na dwie zasadnicze grupy:

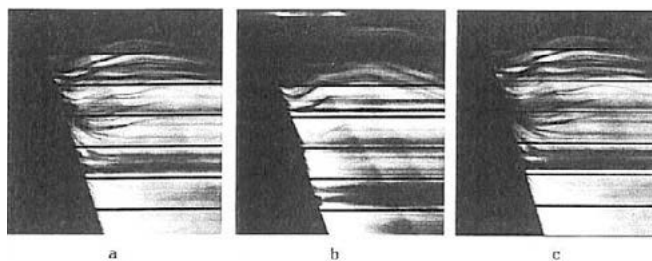
- bezpośrednia inicjacja detonacji przez falę uderzeniową,
- przejście od spalania deflagacyjnego do detonacji na skutek procesu przyspieszenia frontu spalania, wzajemnego oddziaływania frontu spalania i fali uderzeniowej lub frontu spalania i ścianek rury, jak również w wyniku lokalnego wybuchu cieplnego niespalonej części mieszaniny palnej.

Pierwsza z tych grup stanowi zasadniczo proces bezpośredniej inicjacji, gdy fala uderzeniowa jest wystarczająco silna do zapłonu mieszaniny palnej wraz z gwałtownym łączeniem się frontu spalania z falą uderzeniową, tworząc tym samym falę detonacyjną. Druga grupa mechanizmów prowadzących do DDT stanowi znacznie bardziej złożony problem, ponieważ zawiera zagadnienia dotyczące dynamiki przepływów wielofazowych, ze szczególnym uwzględnieniem przepływu turbulentnego, kinetyki reakcji chemicznych oraz niestabilności na froncie fali spalania.

2. Przegląd badań

W 1925 roku Greenwald i Wheeler [5],[13] przeprowadzili badania eksperymentalne w zakresie propagacji płomienia dla mieszanin pyłu węgla z powietrzem w galerii kopalni doświadczalnej. Galeria ta z jednej strony była otwarta, a z drugiej strony zainstalowano źródło zapłonu. Stwierdzono, że podczas spalania pyłu płomień przyspieszał, aż do momentu, gdy pod koniec galerii prędkość propagacji ustabilizowała się na poziomie ok. 800 m/s. Wartość ta jest znacznie mniejsza niż teoretyczna wartość

prędkości detonacji wg modelu CJ, co świadczy o tym, że w tym przypadku miało miejsce spalanie deflagacyjne. Podobne badania dla pyłu węgla w Polsce przeprowadził Cybulski w latach 50. XX wieku [14]. Większość badań doświadczalnych w zakresie detonacji mieszanin pyłowo-powietrznych przeprowadzono w rurach i kanałach, w których pył palny był zazwyczaj rozpraszany w tlenie, aby zwiększyć reaktywność mieszaniny [8]. W badaniach tych zazwyczaj notowano prędkości rozprzestrzeniania się fali spalania ok. 1500 m/s, co świadczyło o tym, że doszło do zjawiska DDT. Na rycinie 2 przedstawiono fotografie smugowe obrazujące proces przejścia do detonacji w mieszaninie węgla brunatnego z tlenem [12]. Tego typu „gładkie” przejście do detonacji w mieszaninach pyłowo-powietrznych odnosi się do określonych warunków brzegowych, wśród których główną rolę odgrywają rozmiary rury lub kanału badawczego. Jeśli rura badawcza będzie za krótka lub o zbyt małej średnicy wewnętrznej, wówczas nastąpi jedynie zjawisko tzw. quasi-detonacji [2].



Ryc. 2. Fotografie smugowe obrazujące proces przejścia do detonacji w mieszaninie węgla brunatnego z tlenem. Stężenie pyłu w mieszaninie: a) 280 g/m³, b) 540 g/m³, c) 1400 g/m³ [12]
Fig. 2. Shadowgraph images of DDT in brown coal mixtures with oxygen. Concentrations of dust: a) 280 g/m³, b) 540 g/m³, c) 1400 g/m³ [12]

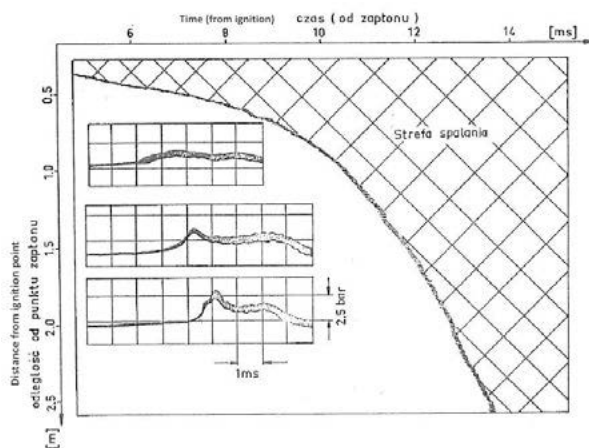
Wielu badaczy wskazało na dowody potwierdzające zjawisko detonacji pyłów palnych w kanałach o małych średnicach. Na przykład Kauffman i inni [9] zdemontowali, że samopodtrzymująca się fala detonacyjna może propagować w mieszaninach pyłu owsa i pszenicy z powietrzem, wewnątrz pionowych kanałów w warunkach laboratoryjnych, o przekroju 6,35 cm x 6,35 cm i długości 6 m. Pył został wprowadzony do rury o masie wystarczającej do osiągnięcia pożądanego stężenia pyłu podczas grawitacyjnego osadzania się pyłu na dnie rury. Wybuch pyłu został zainicjowany poprzez lokalny wybuch mieszaniny wodoru z tlenem na początku rury. Przy stężeniu pyłu owsa o wartości 250-270 g/m³ (lekko poniżej stechiometrycznego) zmierzona prędkość propagacji fali detonacyjnej wyniosła 1540 m/s, co stanowi niższą wartość niż teoretyczna prędkość detonacji wg teorii Chapman-Jouguet [2], przy stężeniu stechiometrycznym, wynosząca 1800 m/s. Jest to jednak wartość, której się spodziewano, z uwagi na fakt, iż nieuchronne straty energii w rzeczywistej detonacji pyłu spowodowały powstanie realnej prędkości frontu fali detonacyjnej, która, jak już wcześniej wspomniano, jest niższa niż wartość teoretyczna. Najwyższy zmierzony skok ciśnienia wyniósł około 24 bar, co stanowi przybliżoną wartość teoretycznego ciśnienia wg teorii CJ przy stężeniu stechiometrycznym, równą 22,4 bar. Kauffman i inni [9] prowadzili rów-

niez badania w zakresie górnej i dolnej granicy detonacji mieszanin pyłu owsa z powietrzem, w rurach w skali laboratoryjnej. Odkryli, że detonację można zainicjować za pomocą bardzo silnego źródła zapłonu, przy wąskim zakresie stężenia, w przybliżeniu 200-450 g/m³. Gardner i inni [10] dostarczyli następnie rozstrzygające dane doświadczalne na temat zjawiska detonacji w mieszaninach zawierających części lotne pyłu węglowego z powietrzem. Stwierdzono, że przejście do detonacji w mieszaninach pyłowo-powietrznych może być powodem turbulentnego przyspieszenia płomienia. Gardner [10] przeprowadził swoje badania doświadczalne w komorze spalania o pojemności 20 m³ przyłączonej do cylindrycznej rury testowej o długości 42 m i średnicy 0,6 m, której jeden koniec był otwarty. Aby rozpocząć doświadczenie, wdmuchnięto powietrze o objętościowym natężeniu przepływu, dającym uśrednioną prędkość przepływu w rurze równą 20-30 m/s. Wówczas pył został doprowadzony do strumienia przepływającego powietrza tuż przy komorze spalania, aby osiągnąć założone stężenie pyłu w zakresie od 30 g/m³ do 850 g/m³, zarówno w komorze, jak i w rurze testowej. Mieszaninę pyłu inicjowano w komorze za pomocą płomienia strumieniowego lub zapalnika chemicznego. Największy skok wartości ciśnienia, który odnotowano, wyniósł 81 bar(g), zmierzony w miejscu rury, gdzie powstało zjawisko DDT. Potwierdza to ogólne założenie, że przy DDT zawsze będzie istniała sytuacja, w której fala detonacyjna osiągnie większe wartości niż te spełniające teoretyczne założenia warunków wg teorii CJ. Podczas tego przejściowego okresu ciśnienie detonacji może przekroczyć wartości teoretycznego ciśnienia CJ.

Wolański i inni [15] przeprowadzili badania doświadczalne oraz obliczenia numeryczne, w których dokonali szczegółowej analizy struktury fali detonacyjnej dla mieszanin pyłowych oraz opracowali model numeryczny do szacowania strefy reakcji frontu fali detonacyjnej, przy uwzględnieniu zarówno efektu przepływu dwufazowego, jak i strat ciepła na ściankach rury badawczej. Założono w tym modelu, że przepływ w strefie reakcji jest jednowymiarowy oraz ustalony, a cząstki pyłu biorące udział w reakcji spalania są w kształcie sferycznym, o tej samej temperaturze oraz w otoczeniu tego samego gazu. Zaadaptowano również uproszczony model spalania pyłu, przy założeniu heterogenicznej reakcji spalania. Na tej podstawie dokonano obliczeń w zakresie prędkości fali detonacyjnej dla wybranych pyłów palnych, które okazały się być zbliżone do wyników eksperymentów. Kulikovskii [16] zbadał obecność zbieżnych sferycznych i cylindrycznych fal detonacyjnych w mieszaninach pyłowych. Na podstawie jego analizy teoretycznej stwierdzono, że stosunek dwóch bezwymiarowych parametrów określa wpływ cząstek pyłu na strukturę fali detonacyjnej. Pierwszym z tych parametrów jest stosunek objętości cząstek pyłu w mieszaninie do całkowitej objętości mieszaniny, a drugi parametr to stopień zakrzywienia cylindrycznej lub sferycznej fali detonacyjnej. Jeśli pierwszy parametr jest mniejszy niż drugi, wówczas cząstki pyłu będą miały znikomy wpływ na strukturę fali detonacyjnej.

Zhang [17] przeprowadził badania doświadczalne w zakresie propagacji fali detonacyjnej w poziomej rurze

o średnicy wewnętrznej 140 mm i długości 17,4 m dla stechiometrycznej mieszaniny skrobii kukurydzianej z tlenem. Dla warunków ciśnienia początkowego 1 bar Zhang zaobserwował zjawisko detonacji dla zakresu stężeń pyłu w mieszaninie od 300 g/m³ do 9000 g/m³. Największą prędkość detonacji równą 1988 m/s odnotowano dla stężenia pyłu 2000 g/m³, a najwyższe ciśnienie wynoszące 66,9 bar dla stężenia 3000 g/m³. W swoich badaniach Zhang doszedł do wniosku, że zjawisko ustalonej detonacji pyłowej nie powinno być porównywane do klasycznego ujęcia detonacji wg modelu CJ, przede wszystkim z uwagi na zbyt długi całkowity czas reakcji spalania pyłu, co zasadniczo wpływa na zależność propagacji detonacji od aparatury badawczej. Wójcicki i Teodorczyk [18] zbadał doświadczalnie zjawisko detonacji w mieszaninach pyłu węglowego z tlenem. Badania te przeprowadzono w pionowym kanale o przekroju 50 x 50 mm i długości 3,6 m. Przednia ściana kanału badawczego wykonana była ze szkła organicznego, co umożliwiło wykonanie fotografii w trakcie propagacji fali spalania. Jako źródło zapłonu zastosowano świecę zapłonową zasilaną z baterii kondensatorów. Podczas eksperymentów rejestrowano zmiany prędkości propagacji fali spalania oraz towarzyszące im zmiany ciśnienia i temperatury, przy użyciu czujników pomiarowych wzdłuż kanału, jak również szybkiej kamery błękowej. Odnotowali oni, że w badanych mieszaninach fala spalania w miarę rozprzestrzeniania się wzdłuż kanału przyspieszała, ostatecznie prowadząc do powstania fali detonacyjnej, propagującej z prędkością ok. 1800-2200 m/s. Stwierdzili oni, że prędkość fali spalania w dowolnym punkcie jej toru stanowi sumę prędkości fali względem mieszaniny i prędkości mieszaniny, w której fala się rozprzestrzeniała. Znając tor fali spalania i tor fali prostej w punkcie ich przecięcia, wyznaczyli oni prędkość propagacji fali spalania względem mieszaniny palnej, co przedstawiono na rycinie 3.



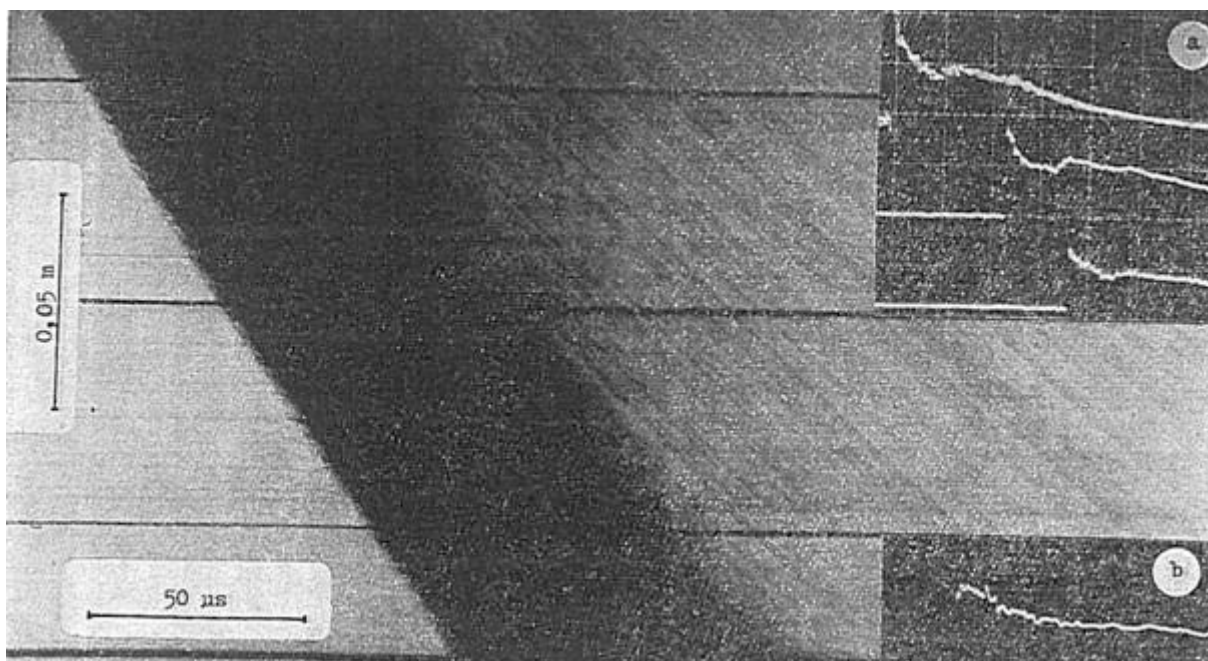
Ryc. 3. Proces propagacji fali spalania i towarzyszące mu zmiany ciśnienia w mieszaninie pyłu węgla z tlenem [18]

Fig. 3. Blast wave propagation process and associated pressure changes in coal-oxygen mixture [18]

Kauffman, Nicholls i Wolański [19] przeprowadzili badania eksperymentalne w zakresie detonacji w mieszaninach kilku rodzajów pyłów z powietrzem w pionowej rurze detonacyjnej o długości 6000 mm i średnicy wewnętrznej 63,5 mm. Zbadano ok. 10 rodzajów różnych

pyłów, w tym między innymi pył owsa, pszenicy, węgla, soi, kukurydzy oraz mąki. Mieszaninę pyłową wytwarzano poprzez zasypywanie rury przez podajnik w górnej części rury. Pył podawany był za pomocą podajnika ślimakowego o regulowanej prędkości obrotowej, co umożliwiało otrzymywanie określonych stężeń mieszaniny. Jako źródło zapłonu stosowano detonację mieszaniny wodorowo-tlenowej w sekcji napędzającej rury, co powodowało powstanie silnej fali uderzeniowej inicjującej detonację mieszaniny pyłowej w sekcji testowej. Prędkość fali spalania mierzono za pomocą czujników ciśnienia rozmieszczonych wzdłuż rury, jak również wykonano laserowe fotografie smugowe zjawiska detonacji. Na rycinie 4 przedstawiono przykładową fotografię smugową zarejestrowaną podczas zjawiska detonacji w mieszaninie pyłu owsa z powietrzem. Na fotografii tej widać proces rozbijania przez falę uderzeniową aglomeracji pyłu oraz zapłon i spalanie mieszaniny pyłowo-powietrznej. Podczas tych badań zauważono, że na skutek wzbogacania powietrza tlenem prędkości oraz ciśnienia towarzyszące detonacji znacznie się zwiększały, a zmniejszała się jednocześnie droga rozbicia aglomeracji pyłowych oraz czas opóźnienia zapłonu. Ponadto stwierdzono, że zakres spalania detonacyjnego dla mieszanin pyłów owsa i pszenicy z powietrzem jest bardzo wąski. W przypadku pyłu owsa z powietrzem detonacja była możliwa jedynie w zakresie stężeń pyłu od 0,22 do 0,275 kg/m³, podczas gdy dla pyłu pszenicy zakres ten wynosi od 0,25 do 0,305 kg/m³. Dla obydwu mieszanin pyłowo-powietrznych prędkości detonacji wynoszą ok. 1500 m/s. W mieszaninach tych pyłów wzbogaconych w tlen zarówno zakresy granic detonacji, jak i prędkości detonacji zwiększają się.

Interesujące badania w zakresie detonacji mieszanin pyłowo-powietrznych przeprowadził Lebecki i jego współpracownicy [20],[21]. Wykonano eksperymenty dotyczące propagacji wybuchu pyłu w galerii podziemnej o długości 400 m i przekroju o powierzchni 7,5 m² dla mieszanin pyłu zboża z powietrzem. Jako źródło zapłonu w badaniach wykorzystano lokalny wybuch stechiometrycznej mieszaniny metanowo-powietrznej przy objętości 25 m³ na początku galerii. Testowane mieszaniny pyłowo-powietrzne miały stężenia równe 100, 150 i 200 g/m³. W przypadku mieszaniny pyłu zboża z powietrzem o stężeniu 200 g/m³ odnotowano przejście do detonacji w odległości ok. 200 m od źródła zapłonu. Zmierzona prędkość fali detonacyjnej wynosiła 2000 m/s. Wiele lat pracy nad badaniami detonacji mieszanin pyłowo-powietrznych poświęcono zachowaniu się pyłu aluminium. W literaturze przedmiotu [4],[5] znajdują się analizy dotyczące badań detonacji pyłu aluminium przy użyciu zapłonu o dużej energii w rurach o małych średnicach i długościach. Wyniki rozkładu prędkości fali detonacyjnej charakteryzują się znacznym rozrzutem. Spowodowane jest to zastosowaniem cząstek pyłu aluminium o zróżnicowanej geometrii i wymiarach. W innych badaniach Borisov [4] zastosował dwa rodzaje pyłu aluminium, w kształcie kulek o średnicy 1 µm i płatków o wymiarach 10 x 10 x 1 µm. W tym przypadku obserwowano zbieżność w zakresach prędkości fali detonacji w badanej rurze o średnicy wewnętrznej 0,122 m i długości 4,2 m (stosunek długości do średnicy wynosi 34), przy zastosowaniu silnego źródła inicjacji detonacji. Jego badania wskazują, że znaczny wpływ na prędkość detonacji pyłu aluminium mają wymiary i kształt cząstek pyłu. Do obserwacji zjawiska przejścia od spalania deflagacyjnego do detonacji i sa-

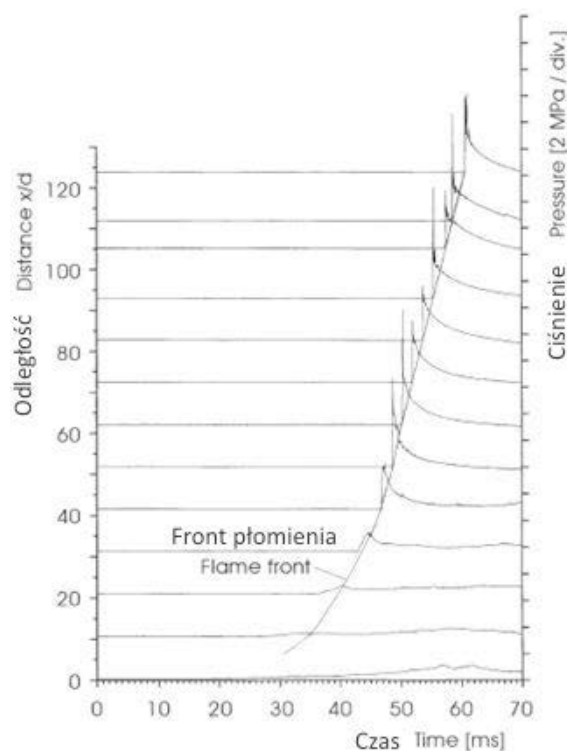


Ryc. 4. Fotografia smugowa zjawiska detonacji w mieszaninie pyłu owsa z powietrzem. Zmierzona prędkość detonacji to 1450 m/s, przy stężeniu pyłu w mieszaninie 275 g/m³. Maksymalne ciśnienie fali uderzeniowej to 2,6 MPa. a) przebiegi ciśnienia w trzech punktach pomiarowych wzdłuż rury, b) przebieg ciśnienia na podstawie drugiego czujnika pomiarowego [19]

Fig. 4. Shadowgraph image of detonation phenomenon in dust-air mixture. Detonation velocity was recorded as 1450 m/s at dust concentration of 275 g/m³. Maximum shock wave pressure was 2,6 MPa, a) pressure profiles in three measuring points along the tube, b) pressure profile from the second gauge [19]

mopodtrzymania detonacji w rurach zastosowano źródła zapłonu o niskiej energii inicjacji. Eksperymenty mające na celu wyjaśnienie zjawisk związanych z DDT, w których zastosowano źródła zapłonu o niskiej energii, dają możliwość obserwacji reakcji zachodzących na powierzchni cząstek pyłu.

Zhang i Grönig [22] przeprowadzili badania doświadczalne w zakresie przejścia do detonacji w mieszaninach pyłu aluminium z powietrzem ze słabym źródłem zapłonu w postaci pirotechnicznego ładunku o energii 300 J, w rurze detonacyjnej o średnicy 0,3 m. Jako pył zastosowano płatki aluminium o grubości ok. 1 μm i wymiarach $36 \times 35 \mu\text{m}$. Z uwagi na to, że wartość współczynnika K_{st} dla aluminium jest ok. 1,3 razy większa niż dla substancji o nazwie antrachinon, można przypuszczać, że zjawisko DDT w przypadku pyłu aluminium zostanie osiągnięte szybciej. Rycina 5 pokazuje rozkład ciśnienia podczas DDT oraz fali płomienia dla mieszanin pyłu aluminium i powietrza o stężeniu paliwa 500 g/m^3 , przy ciśnieniu początkowym równym 1 bar.



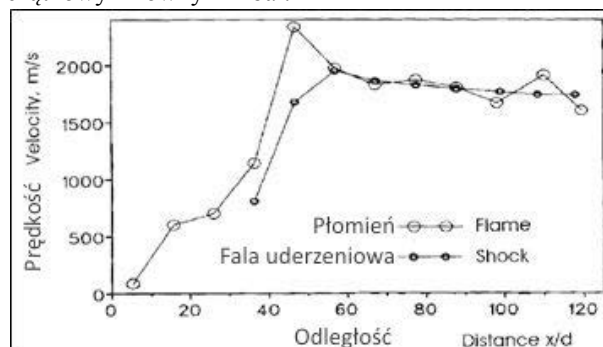
Ryc. 5. Przejście do detonacji dla pyłu aluminium o wymiarach $36 \times 36 \times 1 \mu\text{m}$ [22]

Fig. 5. Transition to detonation in aluminum dust of $36 \times 36 \times 1 \mu\text{m}$ [22]

Na rycinie 6 przedstawiono rozkład prędkości rozprzestrzeniania się fali uderzeniowej oraz frontu płomienia w funkcji odległości od początku rury detonacyjnej.

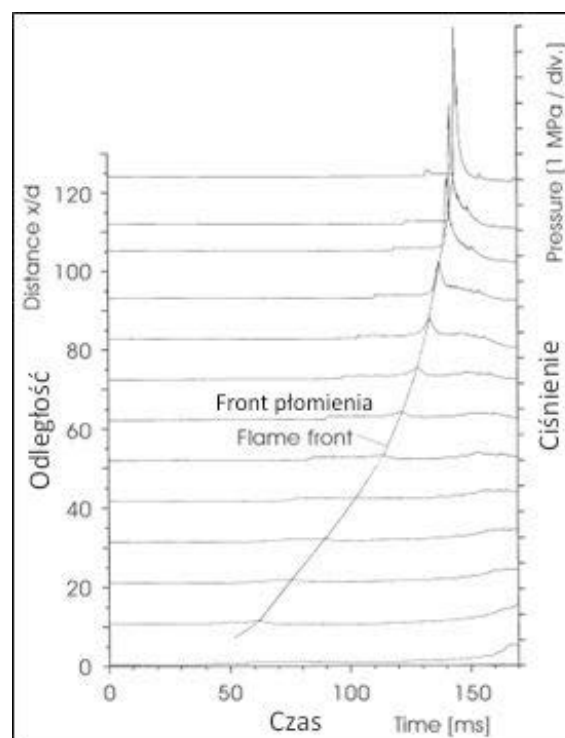
Uformowanie się fali detonacyjnej charakteryzowane jest poprzez Liczbę Macha oraz zmianę przyspieszenia czoła płomienia, co pokazano na rycinach 5 i 6. Tak zwana stabilna detonacja osiąga maksymalną prędkość czoła płomienia pomiędzy 50-55 bezwymiarowej odległości x/d rury oraz wartość nadciśnienia rzędu 66 bar. Należy zauważyć, że określony wyżej dystans jest najkrótszym odcinkiem, na którym dochodzi do przejścia deflagracji w detonację dla pyłu aluminium przy użyciu źródła za-

płonu o energii 300 J. W takich samych warunkach prowadzono także badania pyłu aluminium o niższej koncentracji w powietrzu, wynoszącej 200 g/m^3 . W takich warunkach w procesie DDT nadal można wyodrębnić reakcję stopnia sprężania i reakcję tworzenia fali uderzeniowej, którą identyfikuje się poprzez tworzenie krytycznej fali uderzeniowej w odległości bezwymiarowej $x/d \geq 100$ oraz poprzez szybki wzrost fali płomienia w pobliżu $x/d=100$. Na rycinie 7 przedstawiono rozkład ciśnienia podczas DDT oraz fali płomienia dla mieszanin pyłu aluminium i powietrza o stężeniu 200 g/m^3 przy ciśnieniu początkowym równym 1 bar.



Ryc. 6. Rozkład prędkości propagacji frontu płomienia i fali uderzeniowej w funkcji odległości od początku rury detonacyjnej [22]

Fig. 6. Distribution of flame and shock wave propagation velocity vs. distance from beginning of the tube [22]

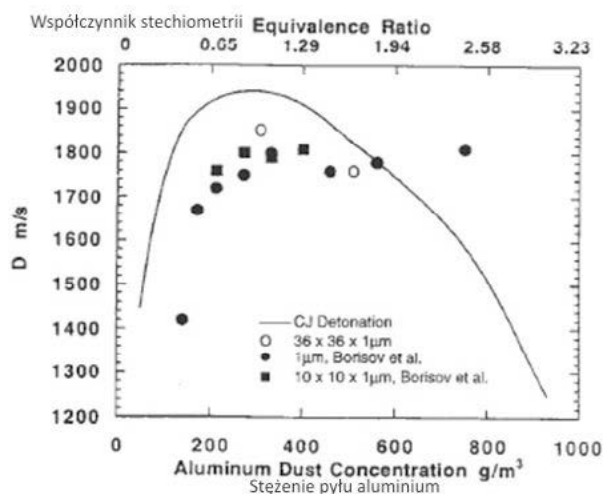


Ryc. 7. Proces DDT dla stężenia pyłu aluminium 200 g/m^3 [22]

Fig. 7. DDT process in aluminium dust at concentration of 200 g/m^3 [22]

Pierwsza wzmocniona fala sprężania powstaje na odcinku $0 < x/d < 50$, na którym jednocześnie stale przyspiesza front płomienia, powstający tuż za falą czoła sprężanego ośrodka. Skutkiem tego jest utworzenie wyraźnego przyrostu fali ciśnienia w odległości $x/d \approx 52$. Druga fala

kompresji, wzmocniona przez energię wywiązaną przez tworzącą się falę płomienia, określa się w przedziale odległości $50 < x/d < 105$. Podobne zachowanie zaobserwowane zostało w mieszaninie pyłu kukurydzianego z tlenem przy ciśnieniu początkowym 1 bar o średnicy rury 0,14 m. W badanych procesach DDT, w mieszaninach pyłu aluminium z powietrzem, pierwsza fala kompresji rozwija się łagodnie w falę ciśnienia będącą prekursorem dalszych reakcji, powodowanych poprzez wolno przyspieszaną falę płomienia (prędkość ok. 230 m/s) na odcinku ok. 10 m. Następnie, gdy fala utworzy stabilną drugą falę kompresji, to będzie ona stale przyspieszana poprzez front płomienia. Spowoduje to utworzenie tzw. drugiej fali kompresji, której prędkość propagacji osiągnie krytyczną Liczbę Macha dla danego ośrodka. Doprowadzi to do sytuacji, w której wystąpi zjawisko tzw. detonacji stabilnej na końcowych odcinkach rury. Wyniki tych eksperymentów [11] w zakresie prędkości detonacji pyłu aluminium przedstawiono na rycinie 8.

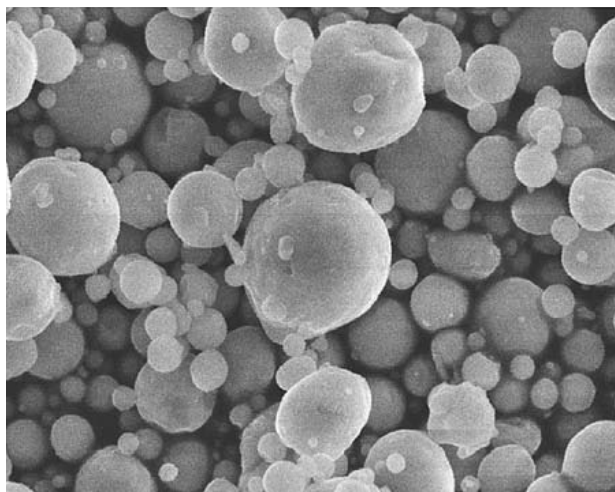


Ryc. 8. DDT pyłu aluminium w mieszaninie z powietrzem przy początkowym ciśnieniu 1 bar [22]

Fig. 8. DDT in aluminium-air mixture at initial pressure of 1 bar [22]

Zhang i Grönig [22] prowadzili swoje badania doświadczalne w zakresie ujednoliconych rozmiarów pojedynczych cząstek pyłu aluminium. Dla określonych rozmiarów cząstek, prędkości detonacji były zbliżone. Świadczyć to może o tym, że zjawisko detonacji jest ściśle związane z wielkością cząstek pyłu. Dalsze badania tego zjawiska wykazują, że poniżej pewnego granicznego wymiaru cząsteczek pyłu parametrem fizycznym warunkującym prędkość detonacji jest ciepło spalania aluminium. Z kolei Gelfand i inni [23] przeprowadzili badania eksperymentalne w zakresie określenia minimalnej krytycznej średnicy rury niezbędnej do propagacji detonacji w mieszaninach pyłu aluminium z powietrzem. Dla badanych zakresów aluminium odnotowali oni wartość w zakresie 0,04-0,055 m jako minimalną krytyczną średnicę rury. Do tej pory istnieje jednak duży brak wiedzy w zakresie tego parametru dla pozostałych mieszanin pyłowo-powietrznych. Tulis i inni [24] zbadali doświadczalnie strukturę komórkową fali detonacyjnej dla mieszanin pyłu aluminium z powietrzem. Określono wówczas, że rozmiar cząstek pyłu oraz ich kształt ma znaczący wpływ

na rozmiar komórki detonacji. Podobne prace przeprowadził również Zhang i inni [25], w których zbadano doświadczalnie wpływ ciśnienia początkowego na komórkową strukturę fali detonacyjnej dla mieszanin pyłu aluminium z powietrzem w rurze o długości 13 m i średnicy 80 mm. W celu zbadania wpływu rozmiaru cząstek pyłu aluminium na parametry detonacji wykorzystano w tych badaniach specjalny mikromierz wraz z oprzyrządowaniem cyfrowym. Na rycinie 9 przedstawiono mikrometryczną fotografię cyfrową cząstek pyłu aluminium o średnicy ok. 2 μm.



Ryc. 9. Mikrometryczne fotografie cząstek pyłu aluminium o średnicy ok. 2 μm [25]

Fig. 9. Micrometric image of aluminium dust particles with diameter about 2 μm [25]

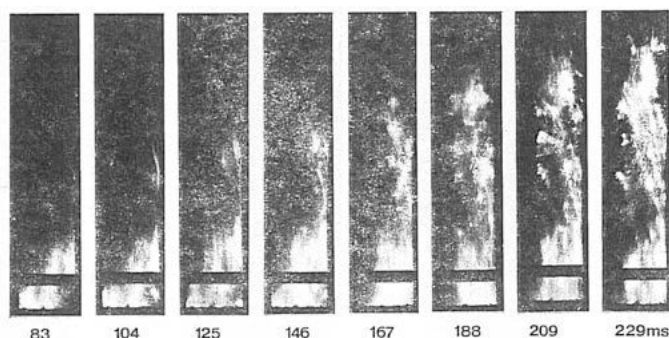
Zhang i Grönig [22] odkryli również, że dla mieszaniny pyłu skrobi kukurydzianej z tlenem, przy stężeniu paliwa 440 g/m³, średnia szerokość komórki detonacji wyniosła ok. 0,5 m, a jej długość ok. 0,77 m. Zmierzona podczas tych badań prędkość detonacji wyniosła 1895 m/s. Na podstawie tych badań stwierdzono ponadto, że w przypadku detonacji mieszanin pyłu skrobi kukurydzianej z powietrzem krytyczna średnica rury wynosi 0,1 m. Na rycinie 10 przedstawiono fotografię z zarejestrowaną strukturą komórkową fali detonacyjnej dla mieszaniny pyłu skrobi kukurydzianej z tlenem.



Ryc. 10. Fotografia struktury komórkowej fali detonacyjnej dla mieszaniny pyłu skrobi kukurydzianej z tlenem o stężeniu 440 g/m³ [22]

Fig. 10. Cellular structure of detonation wave in cornstarch and oxygen mixture at concentration of 440 g/m³ [22]

Klemens [21] przeprowadził interesujące badania doświadczalne w zakresie mechanizmu propagacji płomienia w mieszaninach pyłowo-powietrznych. Eksperymenty przeprowadzono dla mieszanin pyłu zboża z powietrzem w pionowym kanale o długości 1,2 m z jednym końcem otwartym. W górnej części kanału zamontowano dwa okna wziernikowe o wymiarach 0,08 x 0,08 m. Podczas badań rejestrowano prędkość propagacji fali, strukturę płomienia oraz temperaturę. Podczas tych badań zaobserwowano, że proces propagacji płomienia w mieszaninach pyłowo-powietrznych jest zbliżony do gazów. Zauważono, że wartość temperatury w strefie spalania zmienia się, osiągając różnicę o wartości nawet do 1000 K. Takie różnice temperatur w płomieniu są zazwyczaj charakterystyczne dla spalania turbulentnego. Zauważono, że w przypadku płomieni pyłowych fluktuacje temperatury są bardziej intensywne w pobliżu ścianek kanału. Pomiar temperatury na froncie płomienia może posłużyć do szacowania grubości frontu płomienia, która w odniesieniu do mieszanin pyłowych jest około pięć razy większa, niż w przypadku gazów. Na rycinie 11 pokazano fotografie smugowe obrazujące front płomienia podczas spalania mieszaniny pyłu owsa z powietrzem o stężeniu paliwa 300 g/m³.



Ryc. 11. Fotografia smugowa frontu płomienia podczas spalania mieszaniny pyłu owsa z powietrzem, o stężeniu paliwa 300 g/m³ [21]

Fig. 11. Shadowgraph image of the flame front in oat-air mixture at fuel concentration of 300 g/m³ [21]

Klemens i inni [26] przeprowadzili również interesujące badania eksperymentalne w zakresie detonacji mieszanin pyłów organicznych w obecności substancji inertyzujących. Testów dokonano w pionowej rurze detonacyjnej o średnicy wewnętrznej 80 mm i długości 4500 mm. Proces propagacji płomienia monitorowano za pomocą fotografii smugowej, a poza tym mierzono ciśnienie oraz temperaturę na froncie płomienia. W ostatnich latach interesującą pracę doświadczalną w zakresie przejścia do detonacji w mieszaninach pyłu aluminium zainicjowanej od słabego źródła zapłonu przeprowadzili Liu i inni [27], wykorzystując do tego poziomą rurę o długości 29,6 m i średnicy 199 mm. Zastosowane do badań źródło zapłonu w postaci iskry elektrycznej miało energię równą 40 J, a podczas testów obserwowano przyspieszanie płomienia w mieszaninie aluminium z powietrzem, przejście do detonacji i w konsekwencji komórkową strukturę fali detonacyjnej. Zmierzone prędkości fali detonacyjnej były

w zakresie od 1480 m/s do 1820 m/s, a ciśnienia detonacji oscylowały pomiędzy 40 bar a 102 bar.

3. Podsumowanie i wnioski

Pomimo że badania detonacji w mieszaninach pyłowych prowadzone są już od wielu lat przez czołowe ośrodki naukowe na świecie, to w dalszym ciągu istnieje potrzeba poznania podstawowych parametrów oraz zależności mających wpływ na to zjawisko. Szczególnie istotne z praktycznego punktu widzenia bezpieczeństwa w przemyśle wydaje się być opracowanie bazy danych o parametrach detonacji w mieszaninach pyłowych, takich jak przede wszystkim szerokość komórki detonacji, granice detonacji, prędkości detonacji, odległości rozbiegowe do DDT, jak również krytyczny rozmiar cząstek pyłu, w których możliwe byłoby przejście od spalania deflagacyjnego do detonacji w mieszaninach pyłowych. Obliczenia prędkości detonacji oraz towarzyszącego ciśnienia fali uderzeniowej wydają się być skomplikowanym problemem naukowym, w przeciwieństwie do stosunkowo prostych modeli CJ i ZND dla mieszanin gazowych. Rozwiązanie opisanych w tym artykule problemów badawczych stanowić będzie zapewne wyznacznik dalszych prac naukowych w zakresie zjawiska detonacji w mieszaninach pyłowych. Ważnym również elementem tych badań będzie opracowanie oraz zwalidowanie kodu numerycznego umożliwiającego symulacje skutków wybuchów pyłowych, w tym detonacji, w warunkach przemysłowych na potrzeby doboru odpowiednich systemów zabezpieczeń przed wybuchem.

Publikacja powstała w ramach realizacji projektu rozwojowego DOBR-BIO4/052/13073/2013 pt. „Innowacyjne technologie zabezpieczeń przed wybuchem, w tym obiektów szczególnie chronionych”, finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Literatura

1. Law C.K., *Combustion physics*, Cambridge University Press, Cambridge 2006.
2. Lee J.H.S., *The detonation phenomenon*, Cambridge University Press, Cambridge 2008.
3. Nettleton M.A., *Gaseous detonations: their nature, effects and control*, Chapman and Hall Ltd., London 1987.
4. Mannan S. (red.), *Lee's Loss Prevention in the Process Industries*, Vol. 2, Third Edition, Elsevier, Oxford, UK 2005.
5. Eckhoff R.K., *Dust explosion in the process industries*, Gulf Professional Publishing, Boston 2003.
6. Babrauskas V., *Ignition handbook*, SFPE, 2003.
7. Lee J.H.S., Zhang F., Knystautas R., *Propagation mechanisms of combustion waves in dust-air mixtures*, „Powder Technology”, Vol. 71, Issue 2, 1992, pp. 153-162.
8. Proust Ch., *Dust explosions in pipes: an overview*, „Journal of Loss Prevention in the Process Industries”, Vol. 9, Issue 4, 1996, pp. 267-277.
9. Kauffman C.W., Wolański P., Arisoy A., *Dust, hybrid and dusty detonations*, [w:] *Dynamics of Shock Waves, Explosions, and Detonations. Progress in Astronautics and Aeronautics*, R. I. Soloukhin; A. K. Oppenheim; N. Manson; J. R. Bowen (red.), New York 1985.
10. Gardner B.R., Winter R.J., and Moore M.J., *Explosion Development and deflagration-to-detonation transition in coal dust/air suspensions*, „Proceedings of 21 International Symposium on Combustion”, Volume 21, Issue 1, pp. 335-343, 1988.

11. Shepherd J.E., Lee J.H.S., *On the transition from deflagration to detonation*, [w:] *Major Research Topics in Combustion*, M. Y. Hussaini, A. Kumar, R. G. Voigt (red.), Springer, New York 1992, 439-487.
12. Wolański P., *Deflagration and detonation combustion of dust mixtures*, [w:] *Dynamics of Deflagrations and Reactive Systems: Heterogeneous Combustion. Progress in Astronautics and Aeronautics*, A. A. Borisov, A. L. Kuhl, W. A. Sirignano, J. C. Leyer (red.), Vol. 132, New York 1991, 3-31.
13. Greenwald H.P., Wheeler R.V., *Coal dust explosions – The effect of release of pressure on their development*, „Safety in Mines Research Board”, Paper no. 14, 1925, pp. 3-12.
14. Cybulski W., *Explosibility of coal dust of very high fineness*, [w:] *Proceedings of 7 International Conference of Directors of Safety of Mines Research*, H.F. Coward (red.), Dortmund 1952.
15. Wolański P., Lee D., Sichel M., *The structure of dust detonations*, [w:] *Dynamics of Shock Waves, Explosions, and Detonations. Progress in Astronautics and Aeronautics*, R. I. Soloukhin; A. K. Oppenheim; N. Manson; J. R. Bowen (red.), Vol. 94, New York 1985, 241-263.
16. Kulikovskii V.A., *Existence of convergent Chapman-Jouguet detonation waves in dust-laden gas*, „Combustion, Explosion and Shock Waves”, Vol. 23, Issue 1, 1987, pp. 31-36.
17. Zhang F., *Phänomene von Wellen in Medien, Part II: Stabile Detonationen in einer Zweiphasenströmung aus reaktiven Teilchen und Gas*, Rozprawa doktorska, Technical University of Aachen, Germany 1989.
18. Wójcicki S., Teodorczyk A., *Detonacja mieszaniny pyłowo-powietrznej*, Pierwsza Krajowa Szkoła Wybuchowości Pyłów Przemysłowych, Karpacz 1978.
19. Kauffman C.W., Nicholls J.A., Wolański P., *Detonacja w mieszaninach pyłowo-powietrznych*, Druga Krajowa Szkoła Wybuchowości Pyłów Przemysłowych, Częstochowa 1980.
20. Lebecki K., *Zagrożenia pyłowe w górnictwie*, Główny Instytut Górnictwa, Katowice 2004.
21. Wolański P. (red.), *Grain dust explosion and control – Final report*, Project no. PL-ARS-135, Warszawa 1993.
22. Zhang F., Grönig H., *DDT and detonation waves in dust-air mixtures*, „Shock Waves”, Vol. 11, Issue 1, 2001, pp. 53-71.
23. Gelfand B.S., Medvedev A., Polenov A., Bartenev A., *Shock waves from expansion of burning dust clouds*, „Combustion, Explosion and Shock Waves”, Vol. 26, Issue 3, 1990, pp. 329-334.
24. Tulis A.J., Sumida W.K., Heberlein D.C., *Detonation tube studies of particle size and RDX sensitization of aluminium powder-air with regard to spinning and/or multiple front detonations*, [w:] *Proceedings of the Fifth International Colloquium on Dust Explosions*, Wolański P. (red.), Oficyna Wydawn. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1993.
25. Zhang F., Murray S.B., Gerrard K.B., *Aluminum particles-air detonation at elevated pressures*, „Shock Waves”, Vol. 15, Issue 5, 2006, pp. 313-324.
26. Klemens R., Kapuściński M., Woliński M., Wolański P., Sichel M., *Investigation of organic dust detonation in the presence of chemically inert particles*, „Combustion and Flame”, Vol. 99, Issues 3-4, 1994, pp. 742-748.
27. Liu Q., Li X., Bai C., *Deflagration to detonation transition in aluminum dust-air mixture under weak ignition condition*, „Combustion and Flame”, Vol. 156, Issue 4, 2009, pp. 914-921.
28. Liu Q., Bai C., Jiang L., Dai W., *Deflagration to detonation transition in nitromethane mist-aluminum dust-air mixture*, „Combustion and Flame”, Vol. 157, Issue 1, 2010, pp. 106-117.

dr inż. Rafał Porowski – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. W roku 2010 ukończył studia doktoranckie na Wydziale Mechanicznym, Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. Temat rozprawy doktorskiej dotyczył badań doświadczalnych i symulacji numerycznych przejścia do detonacji w mieszaninach gazowych. W latach 2009-2010 w ramach stypendium Fulbrighta pracował w California Institute of Technology, gdzie w Explosion Dynamics Laboratory zajmował się badaniami doświadczalnymi propagacji fal uderzeniowych oraz detonacji w mieszaninach heterogenicznych. Obecnie pracuje w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w CNBOP-PIB w Józefowie.

д-р техн. наук **П.С. ПАШКОВСКИЙ/ P.S. PASHKOVSKIY, Ph.D.**¹

канд. техн. наук **И.Н. ЗИНЧЕНКО/ I.N. ZINCHENKO, Ph.D.**¹

В.З. БРЮМ/ V.Z. BRYUM²

Przyjęty/Accepted/Принят: 04.03.2014;

Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 03.11.2014;

Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КОНВЕКТИВНЫХ ПОТОКОВ ПРИ ПОЖАРЕ В ГОРНОЙ ВЫРАБОТКЕ^{3,4}

Interaction of Convective Flows during Fire Incidents in Mine Workings

Wzajemne oddziaływanie przepływów konwekcyjnych przy pożarze w wyrobisku górnym

Аннотация

Цель: Статья посвящена вопросам взаимодействия конвективных потоков при проявлении подъёмных сил в зоне высоких температур при развитых пожарах. Представлен анализ результатов работ в этом направлении. Показано, что при исследовании скоростной структуры вентиляционного потока при встречных движениях пожарных газов обычно делят поток на две части (входящий и выходящий из помещения) или накладывают потоки друг на друга без учёта пограничного слоя у кровли выработки и обращения скорости воздуха в нуль на стенках, что имеет место в действительности.

Методы: Для уточнения механизма взаимодействия конвективных потоков пожарных газов предложено одновременно учитывать как турбулентный, так и ламинарный режимы движения газов путём введения в дифференциальные уравнения дополнительных слагаемых. Получены аналитические решения для профилей скорости и температуры в окрестности очага горения.

Результаты: Установлено, что наличие пограничного слоя под кровлей выработки резко деформирует указанные профили, отображая реальную картину процесса конвективного переноса примесей в поле гравитации. Как показали результаты расчёта, при отсутствии пожара, профиль скорости воздушного потока при учёте ламинарного и турбулентного режимов движения наиболее точно описывает скоростную структуру потока воздуха в отличие от обычно используемой кривой параболы для ламинарного потока, либо прямой линии при турбулентном движении, когда на стенках выработки скорость не равна нулю. Результаты разработанного метода исследований взаимодействия конвективных потоков существенно отличаются от известных методов тем, что профили скорости воздушного потока отражают реальную картину турбулентного течения газов в ядре потока с переходом к ламинарному режиму у стенок выработки, где образуется пограничный слой. Анализ полученных результатов показывает, что при отсутствии пожара профиль скорости воздуха симметричен относительно оси выработки. При возникновении пожара наблюдается деформация профиля скорости, которая выражается в том, что ядро потока смещается к почве выработки, и воздух как бы отесняется от кровли. Наконец, наступает такой момент, что в верхней части выработки происходит опрокидывание потока. Полученные профили температуры отображают наблюдаемую картину шлейфа пожарных газов под кровлей выработки с постепенным его рассеиванием.

Выводы: Данный метод позволяет определить длину встречного потока газов и длину высокотемпературного шлейфа при развитом пожаре, когда длина шлейфа будет максимальной. Полученная информация по данным мониторинга и прогноза на ЭВМ встречных потоков пожарных газов необходима для обнаружения пожара и его ликвидации.

Ключевые слова: пожар, потоки газов, скорость, температура, ламинарный режим, турбулентный режим, поле гравитации, наклон выработки, опрокидывание потока, дальность распространения

Вид статьи: оригинальная научная статья

¹ Научно-исследовательский институт горноспасательного дела и пожарной безопасности „Респиратор”; Украина, 83048, Донецк, ул. Артема, 157; niigd@ukrpost.ua / The “Respirator” Scientific Research Institute of Mine-Rescue Work and Fire Safety; Ukraine, 83048, Donetsk, Artem, 157;

² ГП „Петровский завод угольного машиностроения”; Украина, 83038, Донецк, ул. Чусовская, 1 / The state enterprise “Petrovsky coal machine building plant”; Ukraine, 83038, Donetsk, 1, Chusovskaya st.;

³ Процентное соотношение участия в создании статьи / Percentage contribution: P.S. Pashkovskiy - 40%, I.N. Zinchenko - 30%, V.Z. Bryum - 30%;

⁴ Статью наградила Редакционный Совет / The article was recognised by the Editorial Committee;

Abstract

Aim: The article is concerned with the problem of convective flows interaction in the presence of lifting powers caused by high temperature conditions created by developed fires. Additionally, the article reveals an analysis of investigation results in this direction. The authors have shown, in an examination of the velocity structure of a ventilation flow during reverse movements of fire gases, that the flow is either separated into two parts (input and output to and from the chamber) or the flows are superimposed without taking account of a boundary layer near the roof of a mine working or zero air velocity movement at the walls, what happens in practice.

Methods: In tandem with the intention to specify the interaction mechanism of the convective flows of the fire gases the authors simultaneously took into account both the turbulent and laminar movements of the gases by incorporating additional components to differential equations. Analytical solutions were obtained for velocity and temperature profiles in the proximity of the fire source.

Results: It was established that the presence of the boundary layer under the roof of the mine working sharply deforms the identified profiles, revealing the realistic picture of the process of the convective transfer of admixtures to the gravitation field. The calculations show that, in the absence of a fire, the velocity profile of the air flow taking account of turbulent and laminar movements, most accurately describes the velocity structure of the air flow. This is in contrast with the favored parabola curve for the laminar stream or with the straight line for turbulence when the velocity at the walls of the mine working does not equate to zero. The fundamental difference between the results derived from the technique developed by research and results derived by the popular methods is that the velocity profiles of the air flow realistically reproduce the turbulent movement of the fire gases in the stream core by taking account of the change to the laminar movement at the walls of the mine working, where the boundary layer is formed. The analysis of the results obtained reveals that in the absence of the fire the air velocity profile is symmetrical in relation to the axis of the mine working. By origin of the fire one can observe a deformation of the velocity profile, and this is attributable to the stream core movement towards the soil of the mine working, and air, in a sense, moves away from the roof. Ultimately, a moment occurs during which the stream is pushed down in the upper part of the mine working. Derived temperature profiles reveal the observed picture of the fire gases trail under the roof of the mine working with its gradual disperse.

Conclusions: The presented technique allows for linear evaluation of the fire gases flowing in reverse and that one of the high-temperature trial during the developed fire when the trail length will be at its maximum. The information acquired during observation and computer-aided prediction of reverse fire gases flows is necessary for the detection of the fire and its elimination.

Keywords: fire, flows of gases, velocity, temperature, laminar mode, turbulent mode, gravitation field, inclination of the working, overthrow of the flow, propagation distance

Type of article: original scientific article

Abstrakt

Cel: Artykuł poświęcony jest problemowi wzajemnego oddziaływania przepływów konwekcyjnych podczas wystąpienia sił nośnych w warunkach wysokich temperatur przy rozwiniętym pożarze.

W artykule przedstawiono analizę wyników badań omawianego zjawiska. Autorzy wykazali, że przy badaniu struktury prędkości przepływu wentylacyjnego przy ruchach wstecznych gazów pożarowych przepływ rozdziela się na dwie składowe (wchodzącą i wychodzącą z obszaru wyrobiska) lub przepływy nakładają się na siebie bez uwzględnienia warstwy granicznej przy stropie wyrobiska oraz zmiany prędkości przepływu powietrza do zera przy ścianach, co zachodzi w rzeczywistości.

Metody: W celu określenia mechanizmu wzajemnego oddziaływania przepływów konwekcyjnych gazów pożarowych autorzy zaproponowali jednocześnie uwzględnianie przepływów turbulentnych i laminarnych dla gazów pożarowych poprzez wprowadzenie do równań różniczkowych dodatkowych składowych. Otrzymano rozwiązania analityczne dla profili prędkości i temperatury w pobliżu źródła pożaru.

Wyniki: Ustalono, że obecność warstwy granicznej pod stropem wyrobiska diametralnie zmienia przedstawione profile, pokazując rzeczywisty obraz procesu przepływu konwekcyjnego domieszek w polu grawitacji. Jak wykazały wyniki obliczeń, w sytuacji bez pożaru, profil prędkości przepływu powietrza uwzględniający tryb turbulentny i laminarny najdokładniej opisuje strukturę prędkości przepływu powietrza – w odróżnieniu od zwykle wykorzystywanej krzywej paraboli dla przepływu laminarnego lub linii prostej przy ruchu turbulentnym, kiedy prędkość na ścianach wyrobiska nie jest równa zero. Różnica pomiędzy wynikami otrzymanymi dzięki opracowanej metodyce badań wzajemnego oddziaływania strumieni konwekcyjnych a wynikami znanych metod polega na tym, że w przypadku tych pierwszych profile prędkości strumienia powietrza odwzorowują realny obraz przepływu turbulentnego w strumieniu głównym ze zmianą ruchu na laminarny przy ścianach wyrobiska, gdzie tworzy się warstwa graniczna. Analiza otrzymanych wyników wskazuje na to, że przy braku pożaru profil prędkości powietrza jest symetryczny względem osi wyrobiska. Podczas powstania pożaru obserwowana jest zmiana profilu prędkości, która polega na tym, że strumień główny przesuwają się do podłoża wyrobiska, a powietrze jakby odrywa się od stropu. Ostatecznie następuje moment, w którym w górnej części wyrobiska zachodzi zjawisko zmiany kierunku przepływu. Otrzymane profile temperatury odwzorowują obserwowane zjawisko przepływu gazów pożarowych pod stropem wyrobiska ze stopniową ich dyspersją.

Wnioski: Przedstawiona metoda pozwala ocenić drogę przepływu wstecznego gazów i drogę wysokotemperaturowego strumienia podczas pożaru rozwiniętego, kiedy długość przepływu osiąga wartość maksymalną. Informacje otrzymane w drodze obserwacji i symulacji komputerowej przepływu wstecznego gazów pożarowych są niezbędne do detekcji i zwalczania pożaru.

Słowa kluczowe: pożar, strumienie gazów, prędkość, temperatura, tryb laminarny, tryb turbulentny, pole grawitacji, nachylenie wyrobiska, zmiana kierunku przepływu, zasięg rozprzestrzeniania

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

1. Введение

При пожарах даже в горизонтальных выработках угольных шахт возникают встречные потоки продуктов горения под кровлей, которые могут попадать на свежие струи и создавать угрозу отравления.

В результате формируется группа выработок, в атмосфере которых содержатся опасные для человека вредные вещества – зона распространения продуктов горения. Определение выработок, входящих в эту зону, – важная и достаточно сложная проблема, которую необходимо решать заранее для всех потенциально опасных участков (выработок) шахты. Информация о вероятной зоне распространения пожарных газов по шахтной сети необходима для раннего обнаружения пожара, выбора методов и средств его тушения, а также безопасных маршрутов выхода людей.

При частичном опрокидывании вентиляционной струи в нижней части выработки воздух движется в нормальном направлении, а под кровлей выработки возникают конвективные потоки в противоположном направлении. Так, например, Эйснер и Смит [2] упоминают о взрыве и последующем пожаре на шахте Whitehaven, когда продукты горения распространились навстречу вентиляционной струе на 335 м, в результате чего погибло 86 человек. Эти же авторы наблюдали случай, когда при небольшом пожаре на конвейере образовался встречный шлейф пожарных газов длиной 90 м при скорости вентиляционной струи около 0,25 м/с. Вынос продуктов горения нагретыми газами навстречу свежей струе воздуха неоднократно фиксировался в ходе ликвидации пожаров на угольных шахтах Украины [2].

При исследовании скоростной структуры вентиляционного потока при встречных движениях пожарных газов исходят путём деления потока на две части (входящий и выходящий из помещения [3]), либо путём наложения потоков друг на друга [4, 5, 9] без учёта пограничного слоя у кровли выработки и обращения скорости воздуха в нуль на стенках, что имеет место в действительности.

2. Методы

Поэтому предлагается такая модель встречного течения пожарных газов, которая учитывала бы как ламинарный, так и турбулентный режимы движения газов. В этом случае скорости на стенках выработки будут обращаться в нуль, а вдали от стенок режим движения будет турбулентным.

Уравнение движения для продольной составляющей скорости можно записать в виде [6]:

$$\frac{du}{d\tau} = -\frac{\partial P}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 \rho u}{\partial y^2} + \frac{\partial \rho u' v'}{\partial y} + f_x \quad (1)$$

где P – давление, Па; u – продольная составляющая скорости воздуха, м/с; u' – пульсационная составляющая продольной скорости, м/с; v' – пульсационная составляющая поперечной скорости, м/с; ρ – плотность воздуха, м/с; ν – кинематическая вязкость, м²/с;

x – продольная координата по потоку воздуха, м; y – поперечная координата, м; f_x – проекция вектора силы плавучести газов на ось x , кг/(м·с)²; τ – время, с.

Предложены различные теории турбулентности [6]. Примем, что пульсации скорости пропорциональны самой скорости и можно принять [7]

$$\frac{\partial \rho u' v'}{\partial y} \approx -\frac{\lambda |u|}{2d} \rho u \quad (2)$$

где λ – коэффициент аэродинамического сопротивления выработки; $|u|$ – модуль скорости, м/с; d – приведенный диаметр потока воздуха, м.

Тем самым предполагается, что пульсации скорости тем больше, чем больше скорость и чем меньше диаметр выработки, на стенках которой как раз и проявляются пульсации.

Подставляя формулу (2) в уравнение (1), получим в случае стационарного течения газов при развитом пожаре

$$0 = -\frac{\partial P}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 \rho u}{\partial y^2} - \frac{\lambda |u|}{2d} \rho u + f_x \quad (3)$$

Второе слагаемое учитывает ламинарность, а третье слагаемое в уравнении (3) учитывает турбулентность потока газов. В проекциях на ось y примем, что поперечные размеры выработки неизмеримо малы по сравнению с продольными и поэтому можно не учитывать потери на трение и записать

$$0 = -\frac{\partial P}{\partial y} + f_y \quad (4)$$

где f_y – проекция вектора силы плавучести газов на ось y , кг/(м·с)².

На рис. 1 приведена схема наклонной выработки с указанием вектора ускорения свободного падения.

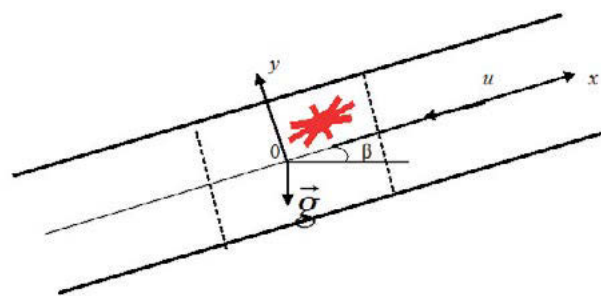


Рис. 1. Схема наклонной выработки с указанием зоны горения и вектора ускорения свободного падения

Fig. 1. Diagram of the inclined mine working with indication of the combustion zone and free fall acceleration vector

Источник: Собственное исследование.

Source: Own elaboration.

Проекция вектора плавучести газов примем равными

$$\begin{aligned} f_x &= \frac{\rho_0}{k} \left(\frac{T}{T_0} - 1 \right) g \sin \beta; \\ f_y &= \frac{\rho_0}{k} \left(\frac{T}{T_0} - 1 \right) g \cos \beta, \end{aligned} \quad (5)$$

где $k = \left(\frac{T}{T_0} + 1 \right) / 2$ – коэффициент сжимаемости воздуха, как среднеарифметическое максимальной T_1 и минимальной T_0 температур; ρ_0 – плотность воздуха при нормальных условиях, кг/м³; g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²; β – угол наклона выработки к горизонту, рад.

Подставляя равенства (5) в уравнения (3) и (4), получим

$$\begin{aligned} 0 &= -\frac{\partial P}{\partial x} + \nu \frac{\partial^2 \rho u}{\partial y^2} - \frac{\lambda |\mu|}{2d} \rho u + \frac{\rho_0}{k} \left(\frac{T}{T_0} - 1 \right) g \sin \beta; \\ 0 &= -\frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\rho_0}{k} \left(\frac{T}{T_0} - 1 \right) g \cos \beta \end{aligned} \quad (6)$$

Чтобы избавиться в уравнениях (6) от давления, продифференцируем сначала второе уравнение по x , а затем проинтегрируем его по y и, подставляя полученное выражение в первое уравнение, будем иметь

$$\rho_0 \nu \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial y^2} - \frac{\lambda \rho_0 |\tilde{u}|}{2d} \tilde{u} + \frac{\rho_0}{k} (\bar{T} - 1) g \sin \beta = \frac{\rho_0 g}{k} \cos \beta \frac{\partial \bar{T}}{\partial x} y + A \quad (7)$$

где $\bar{T} = \frac{T}{T_0}$ – относительная температура.

Примем в первом приближении, что входящая в уравнение (7) температура является функцией только от x . Выделим частное решение уравнения (7), что позволяет найти константу интегрирования A в виде

$$A = -\frac{\lambda \rho_0 |\tilde{u}_1|}{2d} \tilde{u}_1 + \frac{\rho_0}{k} (\bar{T} - 1) g \sin \beta \quad (8)$$

Подставляя константу интегрирования (8) в уравнение (7), будем иметь

$$\rho_0 \nu \frac{\partial^2 \tilde{u}}{\partial y^2} - \frac{\lambda \rho_0 |\tilde{u}|}{2d} \tilde{u} = \frac{\rho_0 g}{k} \cos \beta \frac{\partial \bar{T}}{\partial x} y - \frac{\lambda \rho_0 |\tilde{u}_1|}{2d} \tilde{u}_1 \quad (9)$$

Выделяя частное решение уравнения (9) с учётом только турбулентного режима ($\nu = 0$), получим

$$\tilde{u}_c = \sqrt{|\tilde{u}_1| \tilde{u}_1 - \frac{2dg}{\lambda k} \cos \beta \frac{\partial \bar{T}}{\partial x} y} \quad (10)$$

Если под корнем будет отрицательная величина, то принимается это число без знака, а знак ставится перед корнем.

Из полученной формулы следует, что, так как температура вне пожара уменьшается с удалением от него, то производная от температуры будет всегда отрицательной. Следовательно, под корнем второе слагаемое в формуле (10) над осью симметрии выработки всегда положительное. Поэтому при восходящем проветривании над осью скорость воздуха будет увеличиваться, а при нисходящем проветривании будет уменьшаться. Под осью выработки всё будет наоборот. При отрицательной скорости воздуха над осью выработки произойдёт опрокидывание потока при определённых условиях, а под осью – увеличение скорости.

При только турбулентном движении, как видно, скорость воздуха на стенках выработки не обращается в нуль. Об этом говорят и данные [5]. Однако у стенок выработки существует пограничный ламинарный слой, и здесь скорость должна обращаться в нуль.

Будем решать уравнение (9) без правой части, принимая при этом $|\tilde{u}| = |\tilde{u}_1|$. Корни характеристического уравнения, соответствующего этому уравнению равны

$$n_{1,2} = \pm \sqrt{\frac{\lambda |\tilde{u}_1|}{2\nu d}} \quad (11)$$

Это позволяет представить искомое решение уравнения (9) в виде

$$\tilde{u} = B_1 \exp(n_1 y) + B_2 \exp(n_2 y) + \tilde{u}_c \quad (12)$$

где B_1 и B_2 – константы интегрирования, м/с.

Константы интегрирования определим из условия, что на кровле и почве выработки скорость обращается в нуль, а на оси симметрии она равна скорости основного потока:

$$1) \tilde{u}(0) = \tilde{u}_1; \quad 2) \tilde{u}(H/2) = 0; \quad 3) \tilde{u}(-H/2) = 0 \quad (13)$$

где H – высота выработки, м.

Исходя из этих условий, получим

$$B_1 = -B_2 = \frac{\text{sign}(y) \tilde{u}_c [\text{sign}(y) H / 2]}{\exp(n_2 H / 2) - \exp(n_1 H / 2)} \quad (14)$$

3. Результаты

На основании полученных результатов на рис. 2 изображены профили скорости воздушного потока согласно полученным зависимостям.

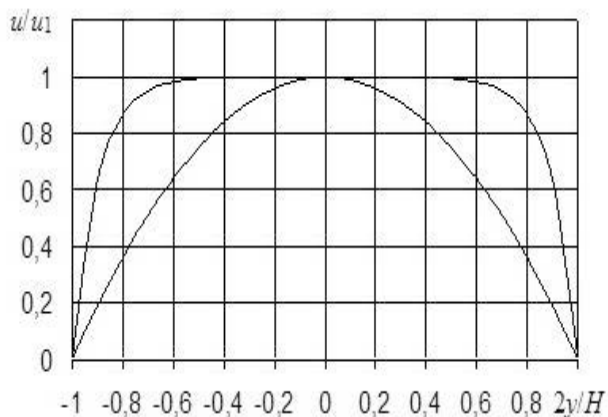


Рис. 2. Профиль скорости воздушного потока до пожара при ламинарном (тонкая линия) и смешанном (жирная линия) режимах движения

Fig. 2. Velocity profile of the laminar (thin line) and combined (solid line) air flow before the fire

Источник: Собственное исследование.

Source: Own elaboration.

Как показывают результаты расчёта, при отсутствии пожара, профиль скорости воздушного потока при учёте ламинарного и турбулентного режимов движения наиболее точно описывает скоростную структуру потока воздуха в отличие от обычно используемой кривой параболы для ламинарного потока, либо прямой линии при турбулентном движении, когда на стенках выработки скорость не равна нулю. При ламинарном режиме движения профиль скорости изображается в виде параболы [8]. При расчётах принимались наиболее соответствующие реальному объекту исходные данные: скорость воздуха $u_1 = 1,0$ м/с; высота выработки и приведенный диаметр $d = H = 2$ м; коэффициент аэродинамического сопротивления выработки $\lambda = 0,1$; коэффициент кинематической вязкости воздуха $\nu = 1,5 \cdot 10^{-5}$ м²/с [8].

На рис. 3 представлены результаты расчёта профиля скорости воздуха перед очагом пожара. При расчётах использовались те же исходные данные, что и в предыдущем примере и плюс дополнительные данные: ускорение свободного падения $g = 9,81$ м/с²; угол наклона выработки к горизонту $\beta = 0$; коэффициент термического расширения воздуха $k = 2,5$; $x = 10$ м.

Анализ полученных результатов показывает, что при отсутствии пожара профиль скорости воздуха симметричен относительно оси выработки. При возникновении пожара наблюдается деформация профиля скорости, которая выражается в том, что ядро потока смещается к почве выработки, и воздух как бы оттесняется от кровли. Наконец, наступает такой момент, что в верхней части выработки происходит опрокидывание потока.

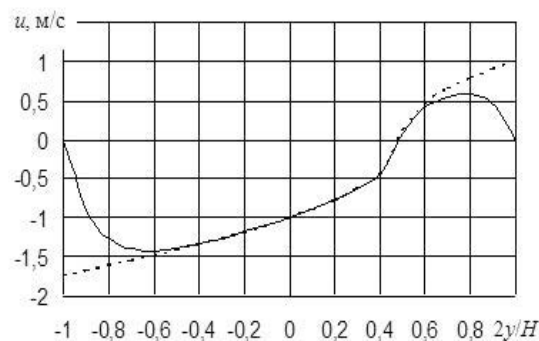


Рис. 3. Профиль скорости воздушного потока на расстоянии 10 м до пожара при смешанном режиме течения (жирная линия) и при только турбулентном режиме (штриховая линия)

Fig. 3. Velocity profile of the combined air flow (solid line) and only turbulent flow (dashed line) at a distance of 10 m from the fire

Источник: Собственное исследование.

Source: Own elaboration.

Как видно из рис. 3, на расстоянии 10 м от очага пожара наблюдается опрокидывание потока воздуха. В верхней части выработки, несмотря на отсутствие движения воздуха у самой кровли, скорость против основного движения даже превышает 0,5 м/с при средней 1 м/с. Профиль скорости при только турбулентном режиме получен в работе [3].

Дальнейшие результаты моделирования показывают (рис. 4), что даже на расстоянии 20 м от очага пожара профиль скорости деформирован и по-прежнему в верхней части выработки воздуха, поступающего к очагу пожара меньше, чем в нижней части.

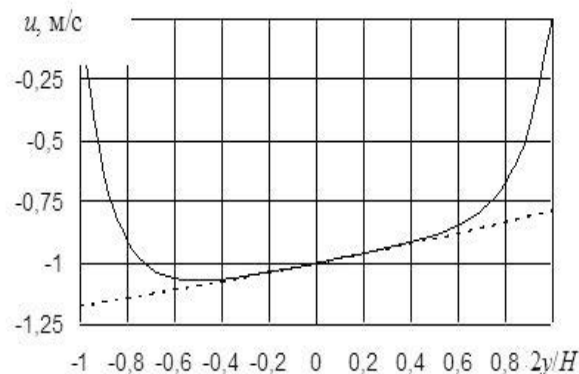


Рис. 4. Профиль скорости воздушного потока на расстоянии 20 м до пожара при смешанном режиме течения (жирная линия) и при только турбулентном режиме (штриховая линия)

Fig. 4. Velocity profile of the combined air flow (solid line) and only turbulent air flow (dashed line) at a distance of 20 m from the fire

Источник: Собственное исследование.

Source: Own elaboration.

Полученные результаты показывают (см. рис. 3 и 4), что учёт смешанного режима течения газов (одновременно турбулентного и ламинарного) наиболее правильно отражает скоростную структуру вентиляционного потока в отличие от обычно используемого в расчётах линейного распределения скорости или па-

рабочего, отмеченного на рисунках штриховыми линиями.

При описании профиля температуры необоснованно используется линейное распределение температуры по высоте выработки [7]. Очевидно, при образовании встречного потока воздуха температуры в верхней и нижней частях выработки будут резко отличаться друг от друга.

Для описания профиля температуры перед и за очагом пожара используем уравнение сохранения энергии в виде

$$\tilde{u} \frac{dT}{dx} = a \frac{d^2T}{dx^2} + \bar{\alpha}(T_0 - T) \quad (15)$$

где a – коэффициент турбулентной теплопроводности, $\text{м}^2/\text{с}$; $\bar{\alpha} = \frac{a\Pi}{c\rho_0 S}$ – удельный коэффициент теплообмена со стенками выработки, $1/\text{с}$; α – коэффициент теплообмена смеси газов со стенками выработки, $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$; Π – периметр поперечного сечения выработки, м ; S – площадь поперечного сечения выработки, м^2 ; c – удельная теплоемкость газов при постоянном давлении, $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$.

Решение уравнения (15) можно представить в виде

$$T(x, y) = T_0 + (T_1 - T_0) \exp \left[\left(\frac{\tilde{u}}{2a} - \sqrt{\frac{\tilde{u}^2}{4a^2} + \frac{\bar{\alpha}}{a}} \right) x \right] \quad (16)$$

Полученная зависимость (16) позволяет производить прогноз температур, как по потоку воздуха, так и против него, используя ещё, кроме того, зависимость (12).

На рис. 5 приведены профили температуры на различных расстояниях перед очагом пожара при средней скорости движения воздуха $1,0 \text{ м/с}$. Остальные исходные данные принимались такими же, как и в предыдущих примерах.

Анализ полученных результатов показывает, что вблизи очага пожара наблюдаются высокие температуры в верхней части выработки, где произошло опрокидывание вентиляционного потока. С увеличением расстояния до очага температура в верхней части выработки резко уменьшается и шлейф пожарных газов становится всё тоньше. В нижней же части выработки температура перед очагом пожара увеличивается незначительно.

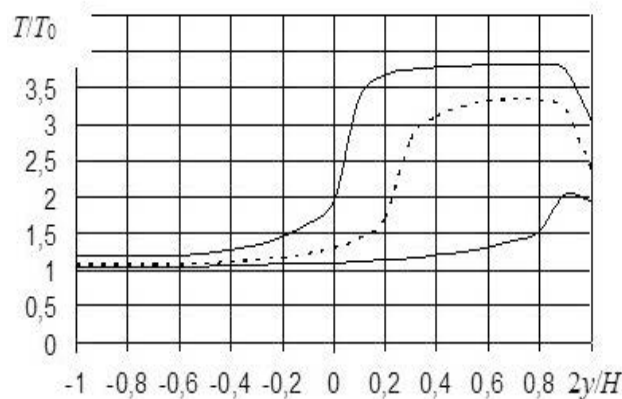


Рис. 5. Профили температуры на расстоянии 5 м (жирная линия), 10 м (штриховая линия) и 15 м (тонкая линия) до пожара

Fig. 5. Temperature profiles at a distance of 5 m (solid line), 10 m (dashed line) and 15 m (thin line) from the fire

Источник: Собственное исследование.

Source: Own elaboration.

4. Дискуссия по поводу методов и результатов

Результаты разработанного метода исследований взаимодействия конвективных потоков существенно отличаются от известных методов тем, что профили скорости воздушного потока отражают реальную картину турбулентного течения газов в ядре потока с переходом к ламинарному режиму у стенок выработки, где образуется пограничный слой. Полученные профили температуры отображают наблюдаемую картину шлейфа пожарных газов под кровлей выработки с постепенным его рассеиванием. Данный метод позволяет определить длину, как встречного потока газов, так и длину высокотемпературного шлейфа при развитии пожара, когда длина шлейфа будет максимальной.

5. Подведение итогов. Выводы

Разработана математическая модель движения конвективных потоков в окрестности очага развитого пожара при одновременно ламинарном и турбулентном режимах в поле гравитации. Установлено, что подъёмные силы, возникающие в очаге пожара, деформируют профили скорости и температуры особенно под кровлей выработки, опрокидывая в этом месте основной поток воздуха и перемещая его в нижнюю часть выработки. Полученные результаты могут быть использованы для уточнения при прогнозе возможности проникновения пожарных газов на свежие струи в наиболее опасной ситуации при развитии пожара.

Литература

1. Eisner H.S., Smith P.B., *Convection effects from underground fires*, "Colliery Guardian", Vol. 189, Issue 4879, 1954, pp. 311-315.
2. Gladkov Yu. A., Belik I.P., Privalov N.I., *Opyt likvidatsii slozhnykh avariyn na ugol'nykh shakhtakh Ukrainy*, Tekhnika, Kiev 1992, p. 192.

3. Drayzdel D., *Vvedeniye v dinamiku pozharov*, Stroyizdat, Moscow 1990, p. 424.
4. Pashkovskiy P.S., Kravchenko N.M., *Ugroza proniknoveniya pozharnykh gazov navstrechu svezhey struye vozdukha v vyrabotkakh*, „Ugol’ Ukrainy”, Issue 1, 2003, pp. 54-56.
5. Kravchenko N.M., *Vliyaniye poperechnoy sostavlyayushchey temperaturnogo gradiyenta na obrazovaniye vstrechnogo potoka pozharnykh gazov*, “Gornospasatel’noye delo”, Issue 45, 2008, pp. 116-123.
6. Lykov A.V., *Teplomassoobmen: spravochnik*, Energiya, Moscow 1980, p. 580.
7. Grashchenkov N.F., Petrosyan A.E., Frolov M.A., *Rudnichnaya ventilyatsiya: spravochnik*, Nedra, Moscow 1988, p. 440.
8. Loytsyanskiy L.G., *Mekhanika zhidkostey i gazov*, Drofa, Moscow 2003, p. 840.
9. Kravchenko N.M., Kravchenko M.V., *Raschet kontsentratsii metana v seti gornykh vyrabotok s uchetom vliyaniya vstrechnykh gazovykh potokov*, “Gornospasatel’noye delo”, Issue 50, 2013, pp. 44-49.

Петр Семенович Пашковский – окончил Донецкий политехнический институт, Харьковский инженерно-экономический институт, доктор технических наук, профессор, академик Академии горных наук Украины, первый заместитель директора Научно-исследовательского института горноспасательного дела и пожарной безопасности «Респиратор» по научной работе, заслуженный деятель науки и техники Украины, лауреат Государственной премии Украины.

Игорь Николаевич Зинченко – окончил Воронежский государственный университет, кандидат технических наук, ведущий инженер отраслевого научно-исследовательского отдела борьбы с эндогенными пожарами в шахтах и на породных отвалах Научно-исследовательского института горноспасательного дела и пожарной безопасности «Респиратор».

Виктор Зиновьевич Брюм – окончил Донецкий политехнический институт, директор Петровского завода угольного машиностроения, создатель унифицированной телекоммуникационной системы диспетчерского контроля, которая предотвращает аварии.

prof. dr hab. inż. **Mieczysław SZUSTAKOWSKI**¹
ppłk dr inż. **Marek ŻYCZKOWSKI**^{1,2}
mgr inż. **Mateusz KAROL**¹
dr inż. **Mariusz KASTEK**¹
ppłk dr inż. **Rafał DULSKI**¹
mjr dr inż. **Jarosław BAREŁA**¹
mgr inż. **Piotr MARKOWSKI**¹
dr inż. **Marcin KOWALSKI**¹

Przyjęty/Accepted/Принят: 29.08.2013;

Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 18.07.2014;

Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

DALEKOZASIĘGOWA KAMERA DO MONITOROWANIA OBIEKTÓW INFRASTRUKTURY KRYTYCZNEJ TESTY ZASIĘGOWE^{3,4}

Range Capability Testing of Long Range Surveillance Cameras Used for Protection of Key Installations

Камера с большой дальностью видеонаблюдения для мониторинга объектов критической инфраструктуры. Исследования дальности

Abstrakt

Cel badań: Głównym celem badań było wyznaczenie i zweryfikowanie efektywnego zasięgu działania systemu kamerowego LongView 2 zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i rzeczywistych. W szczególności dla badanego zestawu kamerowego określenie odległości, na której możliwa jest identyfikacja, rozpoznanie i detekcja obserwowanego celu.

Wprowadzenie: Kamery wizyjne, niskiego poziomu oświetlenia oraz przeciwmgielne mają różną zdolność do rejestrowania informacji zewnętrznych, połączenie ich cech może znacznie poprawić zdolność wykrywania intruzów, sytuacji awaryjnych lub zagrażających bezpieczeństwu monitorowanego obiektu. Specjalnie zaprojektowany, na potrzeby nadzoru, wielosensorowy układ detekcyjny kamery tego typu pozwala na obserwację celów na dużym dystansie oraz ich śledzenie za pomocą systemu uchylno-obrotowego z zastosowaniem zoomu optycznego. Dzięki zastosowaniu układu wielosensorowego możliwe jest obserwowanie i śledzenie celu w trudnych warunkach na dużych odległościach, dodatkowo wszystkie elementy systemu zintegrowane są w jednej obudowie, oferując kompaktowość przedstawionego rozwiązania. Dzięki zwartej budowie oraz zastosowaniu wielosensorowego systemu obserwacji opisywany zestaw kamerowy z powodzeniem może być stosowany przez różne służby bezpieczeństwa.

Metodyka badań: Artykuł opisuje przeprowadzone badania w celu określenia rzeczywistych parametrów na potrzeby ich ustandaryzowania, ze szczególnym naciskiem na zakres wykrycia, rozpoznania i identyfikacji człowieka. W artykule przedstawione zostały wykorzystane urządzenia pomiarowe, procedury oraz wyniki. Testy przeprowadzone były zgodnie z procedurą pomiarową akredytowanego Laboratorium Badawczego Instytutu Optoelektroniki WAT „Pomiary parametrów urządzeń termowizyjnych”. Wykorzystane metody pomiarowe pozwoliły na określenie parametrów takich jak: minimalna rozróżnialna różnica temperatur (MRTD), minimalny rozróżnialny kontrast (MRC) oraz funkcja przenoszenia modulacji (MTF). Przeprowadzone badania poligonowe miały na celu weryfikację działania i użyteczności testowanych kamer w rzeczywistych warunkach pracy oraz porównanie wartości parametrów zmierzonych podczas testów laboratoryjnych z obiektywną oceną operatora kamery.

¹ Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego; gen. Sylwestra Kaliskiego 2, Warszawa / Military University of Technology, Warsaw, Poland;

² mzyczkowski@wat.edu.pl;

³ Każdy ze współautorów wniósł równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu (po 12,5%) / The authors contributed equally to the article;

⁴ Artykuł został wyróżniony przez Komitet Redakcyjny / The article was recognised by the Editorial Committee;

Wyniki: Przeprowadzone badania laboratoryjne i poligonowe pozwoliły na określenie zasięgów skutecznego działania kamer systemu LongView 2 do zastosowań w systemach ochrony obiektów rozległych.

Wnioski: Przeprowadzone badania i testy potwierdziły skuteczność działania systemu kamer LongView 2 zarówno przy zastosowaniach do identyfikacji zagrożeń, jak i dalekozasięgowej obserwacji obiektów morskich i lądowych.

Słowa kluczowe: kamera dalekozasięgowa, system obserwacyjny, test zasięgowy, kamera przeciwmgielna

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Abstract

Aim: The main purpose of this research was to determine and verify the effective range of Long View 2 camera systems in laboratory and practical conditions. Particularly, the authors endeavoured to determine the distance at which the tested camera could identify, recognize and detect an observed target.

Introduction: Low light vision and fog video cameras have different abilities to record external information. Therefore, the linking of their individual features may significantly improve the ability to detect intruders, emergency incidents or situations which endanger the safety of a target under surveillance. Specially designed for surveillance, multi-sensor detection camera systems facilitate observation at a long distance and tracking of targets with the aid of a pan-tilt mechanism incorporating an optical zoom. All system components are integrated in a single compact housing. The compact design and multi-sensor components allow for the equipment to be used successfully by various security services.

Methodology: This article describes a research process used to determine practical application parameter standards, with a special focus on the range for detection, recognition and identification of humans. The article identifies measuring equipment used, procedures and results. Tests were carried out in accordance with established procedures "Parameter measurements of infrared devices", established by the accredited Testing Laboratory of the Institute of Optoelectronics, Military University of Technology (MUT). The process applied in the research allowed for the determination of parameters such as; the minimum resolvable temperature difference (MRTD), the minimum resolvable contrast (MRC) and the modulation transfer function (MTF). Field tests were performed to verify the capability and usability of cameras in working conditions. Additionally, results obtained during laboratory tests were compared with an objective assessment by the camera operator.

Results: Laboratory research and field tests facilitated the determination of an effective range for the operation of the Long View 2 camera system, intended for use in security systems covering a large expanse.

Conclusions: Conducted research and tests have confirmed the effectiveness of the Long View 2 camera system for use in identification of threats and long-range observation of offshore and onshore targets.

Keywords: long range surveillance camera, observation systems, range test, anti-fog camera

Type of article: original scientific article

Аннотация

Цель исследования: Основная цель исследования заключалась в определении и проверке эффективной дальности работы видеокмеры системы LongView 2 как в лабораторных, так и в реальных условиях. В частности определение величины расстояния для исследованного комплекта камер, при которой можно идентифицировать, распознать и обнаружить наблюдаемую цель.

Введение: Видеокмеры для использования в режиме низкого света, а также противотуманные камеры характеризуются разной способностью регистрации внешней информации, а сочетание их функций может значительно улучшить способность обнаруживать злоумышленников или чрезвычайные ситуации, угрожающие безопасности контролируемого объекта.

Специально разработанная для мониторинга, многосенсорная детекторная система камеры данного типа позволяет наблюдать цели на большом расстоянии и отслеживать их с помощью исконно-поворотной системы с оптическим зумом. Благодаря применению многосенсорной системы можно наблюдать и следить за объектом наблюдения в сложных условиях и на больших расстояниях. Кроме того, все элементы системы интегрированы в одном корпусе, тем самым обеспечивая совокупность представленного решения. Благодаря компактной конструкции и применению многосенсорной системы наблюдения, описанный состав видеокмер может быть успешно использован различными службами безопасности.

Методология исследований: Статья описывает исследования, проведенные для определения фактических параметров с целью их стандартизации, особенно учитывая расстояние, при котором можно обнаружить, распознать и идентифицировать человека. В статье представлены использованные измерительные приборы, процедуры и результаты. Испытания проводились в соответствии с процедурой измерения аккредитованной испытательной лаборатории Института оптоэлектроники WAT „Измерения параметров тепловизионных устройств”. Использованные измерительные методы позволили определить такие параметры, как: минимальная отличимая разница температур (MRTD), минимальный заметный контраст (MRC) и функция передачи модуляции (MTF). Исследования в условиях полигона проводили для проверки действия и использования испытываемых камер в реальных условиях работы, а также сравнения значений параметров, полученных в ходе лабораторных испытаний с объективной оценкой оператора камеры.

Результаты: Проведенные лабораторные и полигонные исследования позволили определить диапазоны эффективного действия камеры LongView 2 для применения в системах защиты обширных объектов.

Выводы: Исследования и испытания подтвердили эффективность действия системы камер LongView 2 как при идентификации угроз, так и при наблюдении морских и сухопутных объектов на большом расстоянии.

Ключевые слова: камера с большой дальностью видеонаблюдения, система наблюдения, исследования дальности, противотуманная камера

Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wprowadzenie

Systemy obserwacyjne są istotnym elementem systemu bezpieczeństwa [1-3]. Znajdują się na wyposażeniu sprzętu wojskowego, policyjnego, straży granicznej i służb ratowniczych. Stanowią także niezbędny element systemu ochrony obiektów infrastruktury krytycznej. Pozwalają na prowadzenie w tych obiektach skutecznej obserwacji terenu w warunkach nocnych.

Systemy te mogą być konfigurowane w różnej postaci. Najczęściej same systemy ochrony posiadają kilkanaście lub nawet kilkadziesiąt urządzeń obserwacyjnych. Ponieważ koszt zakupu urządzeń obserwacyjnych jest znaczny, dlatego bardzo istotnym zagadnieniem jest optymalizacja doboru takich elementów. Optymalizacja nie polega jednak jedynie na kupowaniu najtańszych elementów wyposażenia. Polega ona na takim dobraniu elementów składowych systemu, aby ich zastosowanie spełniało wymagania aplikacyjne z uwzględnieniem szeroko rozumianego zagadnienia ograniczenia kosztów. Zagadnienie to nie jest proste, bo wiarygodne porównanie parametrów urządzeń obserwacyjnych nie jest łatwe. Producenci urządzeń obserwacyjnych podają w danych katalogowych różne parametry wyznaczane różnymi metodami.

W ramach prowadzonych prac w zespole Instytutu Optoelektroniki WAT, w celu właściwej ochrony obiektów infrastruktury krytycznej t.j. porty lotnicze, morskie, jak również rurociągi, wskazano użycie dalekozasięgowych kamer multispektralnych. Jako priorytet, w projektowanych systemach, wskazano prawidłową detekcję obiektu oraz jego wizualizację w różnych warunkach (noc-dzień, mgła, słońce, deszcz). Jednym z urządzeń umożliwiających poprawną wizualizację (rozpoznanie i identyfikację obiektu) jest wyprodukowana przez firmę VIT kamera typu LongView 2. Jest to system składający się z czterech kamer: dziennej kamery szerokokątnej, dziennej kamery wąskokątnej, kamery niskiego poziomu oświetlenia, kamery przeznaczonej do pracy przy dużym zamgleniu. W celu poznania jej cech optoelektronicznych, właściwych do proponowanych zastosowań, na stanowiskach pomiarowych IOE WAT wykonano szereg testów. Niniejszy artykuł prezentuje wybrane z nich.

Wszystkie pomiary parametrów wykonano według własnych procedur pomiarowych opracowanych na podstawie obowiązujących norm [4-7], raportów technicznych NATO [8] oraz fachowej literatury dotyczącej pomiarów parametrów urządzeń obserwacyjnych. Rozszerzoną niepewność pomiaru parametrów wyznaczono na podstawie obowiązujących zaleceń wydanych przez Główny Urząd Miar [9]. Pomiary zostały przeprowadzone przez trzech obserwatorów bez wad wzroku. Końcowe wyniki badań przedstawiono w postaci wartości średniej otrzymanej dla wszystkich obserwatorów biorących udział w badaniach.

2. Metodyka

2.1. Metodyka pomiaru *MRTD*

Procedura wyznaczenia charakterystyki minimalnej rozróżnialnej różnicy temperatur *MRTD* urządzeń termo-

wizyjnych jest procedurą opracowaną na podstawie normy NATO STANAG no. 4349. Charakterystyka ta (oś rzędnych [K, °C], oś odciętych [linii/mrad, mrad⁻¹]) jest definiowana jako zależność minimalnej różnicy temperatury pasków testu czteropaskowego i temperatury tła, zapewniającej obserwatorowi rozróżnienie między wszystkimi paskami testów a częstością przestrzenną testu.

Obserwator może w trakcie badań optymalizować wartości wzmocnienia toru elektronicznego, jaskrawość ekranu oraz inne mechanizmy regulacji w ramach ograniczeń istniejących w realnych warunkach pracy, a czas obserwacji nie jest ograniczony.

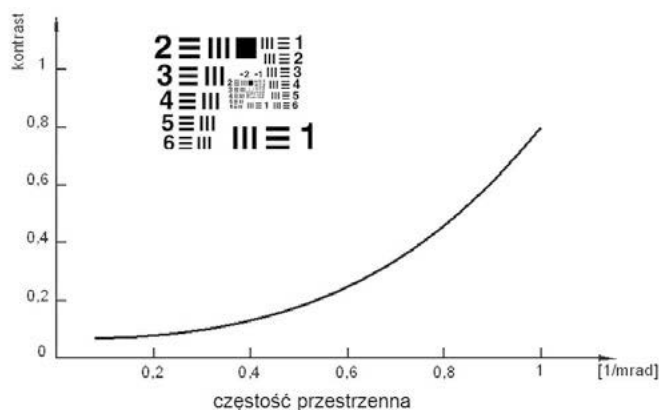
Badania przeprowadza się najpierw dla dodatniej, a następnie ujemnej różnicy temperatury pasków testu względem temperatury tła. Określa się różnice temperatur, przy których obserwator zaczyna rozróżniać wszystkie paski testu. Końcowe wartości *MRTD* otrzymane dla pojedynczego obserwatora wyznacza się według wzoru

$$MRTD(\gamma) = \frac{\Delta T_+(\gamma) - \Delta T_-(\gamma)}{2} \quad (1)$$

gdzie: $\Delta T_+(\gamma)$ – wartości *MRTD* wyznaczone dla dodatniej różnicy temperatury pasków testu i temperatury tła dotyczące momentów, kiedy obserwator zaczyna rozróżniać paski testu, $\Delta T_-(\gamma)$ – wartości *MRTD* wyznaczone dla ujemnej różnicy temperatury pasków testu i temperatury tła dotyczące momentów, kiedy obserwator zaczyna rozróżniać paski testu.

2.2. Metodyka pomiaru *MRC*

Charakterystyka minimalnego rozróżnialnego kontrastu *MRC* (oś rzędnych [kontrast], oś odciętych [linii/mrad, mrad⁻¹]) jest definiowana jako zależność minimalnego rozróżnialnego kontrastu testu USAF 1951 [10], zapewniająca odróżnienie wszystkich pasków testów przez obserwatora od częstości przestrzennej testu.



Ryc. 1. Przykładowa charakterystyka *MRC* oraz test trójpaskowy USAF 1951

Fig. 1. Sample *MRC* characteristic and USAF 1951 test

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Rozdzielczość jest definiowana jako maksymalna częstość przestrzenna wzorcowego testu paskowego, przy której paski testu są jeszcze rozróżnialne przez obserwatora.

Standardowy test trójpaskowy USAF 1951 charakteryzuje się stosunkiem wysokości do szerokości pasków 5:1 (ryc. 1). Odległości między poszczególnymi paskami testów są równe szerokości testów. Obserwator może w trakcie pomiaru charakterystyki *MRC* regulować natężenie oświetlenia testu w celu uzyskania optymalnej dla niego wartości natężenia.

Badania rozdzielczości urządzenia obserwacyjnego polegają na określeniu grupy i elementu grupy testu USAF 1951 o maksymalnej częstotliwości przestrzennej, przy której wszystkie trzy paski testu są rozróżnialne. Wartości natężenia oświetlenia nie są mierzone w trakcie pomiarów.

2.3. Metodyka pomiaru *MTF*

Funkcja przenoszenia modulacji *MTF* (*modulation transfer function*) opisuje zniekształcenia obrazu wnoszone przez urządzenie termowizyjne. Jest ona definiowana jako moduł z unormowanej do jedności, dla zerowej częstotliwości przestrzennej, transformaty Fouriera z rozkładu luminancji w obrazie punktowego źródła promieniowania.

Funkcja *MTF* zawiera informację o zależności stosunku amplitudy obrazu testu o sinusoidalnym rozkładzie egzystencji do amplitudy oryginału w funkcji częstotliwości przestrzennej testu. Funkcja *MTF* jest w ogólnym przypadku funkcją dwuwymiarową. Jednakże w przypadku urządzeń termowizyjnych zwykle wyznacza się dwie jednowymiarowe funkcje *MTF*: pionową (przekrój pionowy) i poziomą (przekrój poziomy). Pomiar funkcji *MTF* jest obiektywny, łatwy do zautomatyzowania i nie wymaga dużej ilości czasu. Dodatkową zaletą funkcji *MTF* jest możliwość jej wyznaczenia zarówno dla poszczególnych bloków, jak i dla całego urządzenia. Ta ostatnia cecha jest szczególnie użyteczna na etapie projektowania nowych urządzeń obserwacyjnych.

W praktyce zgodnie z literaturą [4,5,11] do pomiaru funkcji *MTF* urządzeń optycznych i optoelektronicznych wykorzystywane są następujące metody pomiaru: metoda fali sinusoidalnej, metoda fali prostokątnej, metoda wąskiej szczeliny, metoda przekoszonej wąskiej szczeliny, metoda ostrza.

Najczęściej stosowaną metodą pomiaru funkcji *MTF* kamer termowizyjnych jest metoda ostrza. Istnieje kilka jej modyfikacji, ale wszystkie one opierają się na tej samej idei. Pomiar polega na wyznaczeniu funkcji rozmycia ostrza *ESF* i na jej podstawie wyliczeniu funkcji *MTF*.

Funkcja rozmycia ostrza opisuje zależność rozkładu sygnału obrazu testu ostrzowego od położenia w płaszczyźnie detekcyjnej. Test ostrzowy powinien być umieszczony w taki sposób, aby jego obraz był równoległy do rzędów lub kolumn detektorów w matrycy.

Sposób wyznaczenia *MTF* na podstawie funkcji rozmycia ostrza przebiega w trzech etapach. W etapie pierwszym dokonywana jest akwizycja obrazu z testem ostrzowym, na podstawie której wyznaczymy *MTF* oraz zostanie wyznaczona średnia wartość funkcji rozmycia ostrza *ESF*. W etapie drugim zostaje wyznaczona funkcja rozmycia linii *LSF*. Średnią wartość funkcji rozmycia linii wyznaczamy z zależności:

$$LSF_{ave}(v) = \frac{dESF_{ave}(v)}{dv} \quad (2)$$

gdzie: $ESF_{ave}(v)$ jest średnią wartością funkcji rozmycia ostrza.

Różniczkowanie powoduje wzrost szumów (tzw. szumy wirtualne), zatem przed tą operacją zmierzoną funkcję rozmycia ostrza aproksymuje się funkcją matematyczną, która jest różniczkowalna i z dostateczną dokładnością odwzorowuje przebieg funkcji rozmycia ostrza. Dobrą dokładność odwzorowania zapewnia suma trzech funkcji Fermiego:

$$F(x) = D + \sum_{i=0}^2 \frac{a_i}{\exp\left[\frac{x-b_i}{c_i}\right] + 1} \quad (3)$$

gdzie: D, a_i, b_i, c_i są wartościami stałymi, obliczonymi na podstawie średnich wartości sygnałów przed i za ostrzem.

Funkcję *MTF* wyznaczamy na podstawie wyznaczonej funkcji *LSF* z zależności:

$$MSF_{ave}(v) = F[LSF(v)] \quad (4)$$

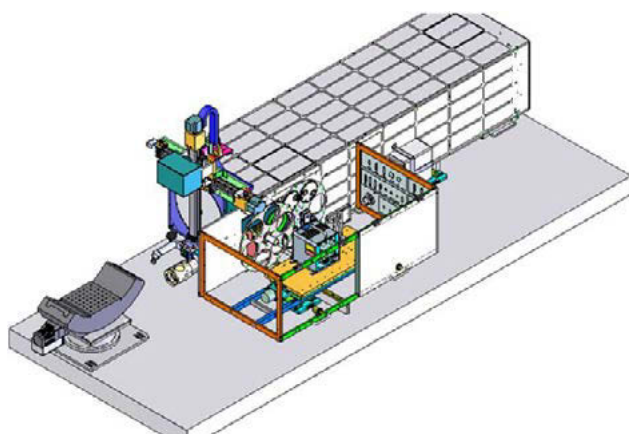
Akwizycję danych podczas pomiaru *MTF* należy przeprowadzić w kierunku prostopadłym do obrazu testu. Pomiaru te należy wykonywać dla różnych położen obrazu testu w płaszczyźnie detekcyjnej. Odległość między punktami pomiarowymi jest tu rozumiana jako przesunięcie obrazu testu ostrzowego. Minimalny zakres tej zmiany powinien być równy odległości między punktami pomiarowymi, a skok przemieszczenia obrazu testu nie powinien być większy niż jedna dziesiąta odległości pomiędzy punktami pomiarowymi.

3. Stanowisko pomiarowe

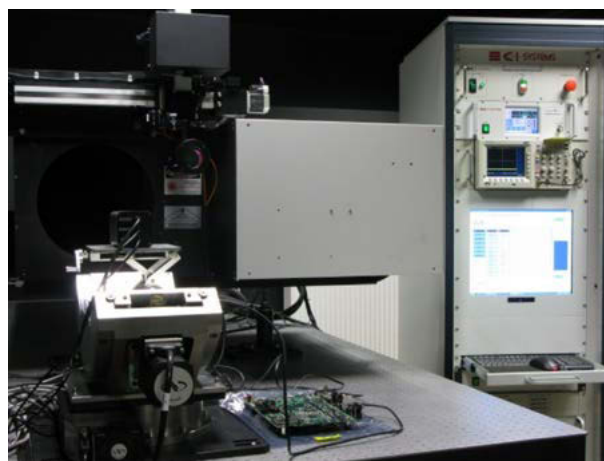
Pomiary parametrów urządzeń obserwacyjnych zostały wykonane na systemie pomiarowym MST firmy CI-Systems. Stanowisko pomiarowe składa się z: kolimatora podczerwieni, wzorca promieniowania podczerwieni i widzialnego, sterownika wzorców promieniowania, obrotowej tarczy z zestawem testów, tarczy z zestawem filtrów, komputera wraz z kartą pomiarową wideo i specjalistycznym oprogramowaniem (ryc. 2).

Stanowisko pomiarowe powinno zapewnić pomijalny wpływ na wyniki pomiaru następujących czynników: skończonych wymiarów testu, atmosfery, promieniowania otoczenia, niejednorodności rozkładu temperatury na powierzchni testu i tła, zniekształceń geometrycznych i radiometrycznych kolimatora podczerwieni.

Tarcza wraz z zestawem testów jest umieszczona w płaszczyźnie ogniskowej kolimatora podczerwieni. Za testami znajduje się wzorec promieniowania. W efekcie,



a)



b)

Ryc. 2. Schemat stanowiska do pomiaru parametrów systemów obserwacyjnych (a), zdjęcie stanowiska do pomiaru parametrów systemów obserwacyjnych (b)

Fig. 2. Observation systems measurements station a) scheme and b) photo

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

w płaszczyźnie ogniskowej kolimatora, powstaje założony rozkład promieniowania podczerwieni lub widzialnego. Regulacja parametrów wzorca promieniowania umożliwia zmianę rozkładu promieniowania.

Zadaniem kolimatora jest zapewnienie wymaganego rozkładu promieniowania w tzw. „nieskończoności optycznej”, czyli w bardzo dalekiej odległości względem badanego urządzenia. Wymóg ten wynika z faktu, że urządzenia obserwacyjne przystosowane są do obserwacji tylko obiektów dalekich. Umieszczenie testów w małej odległości od urządzenia obserwacyjnego spowoduje, że nie będzie ono w stanie właściwie odwzorować rozkładu promieniowania w płaszczyźnie testu. Uzyskane w taki sposób wyniki będą niewiarygodne. Dokładność umieszczenia testów w płaszczyźnie ogniskowej kolimatora nie wpływa na wynik pomiaru [12-15], ponieważ każde urządzenie pomiarowe posiada możliwość skorygowania głębi ostrości widzenia.

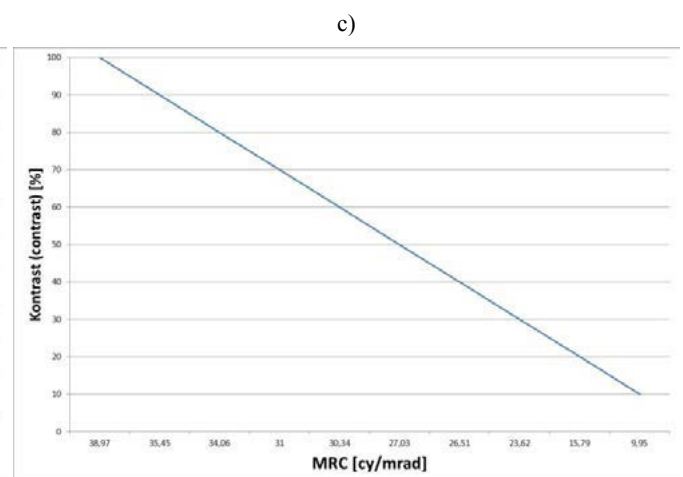
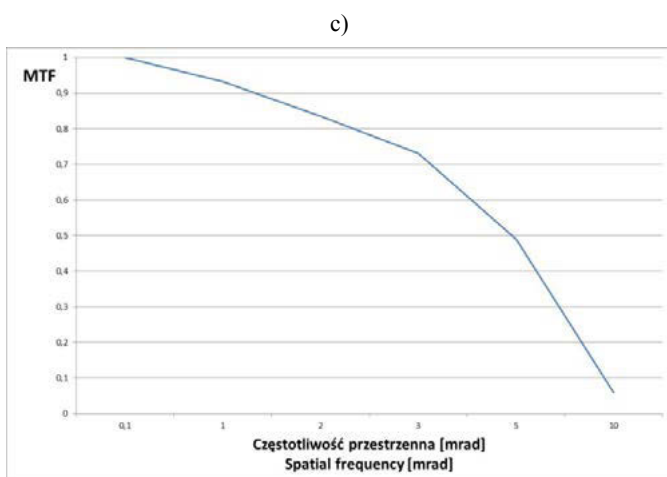
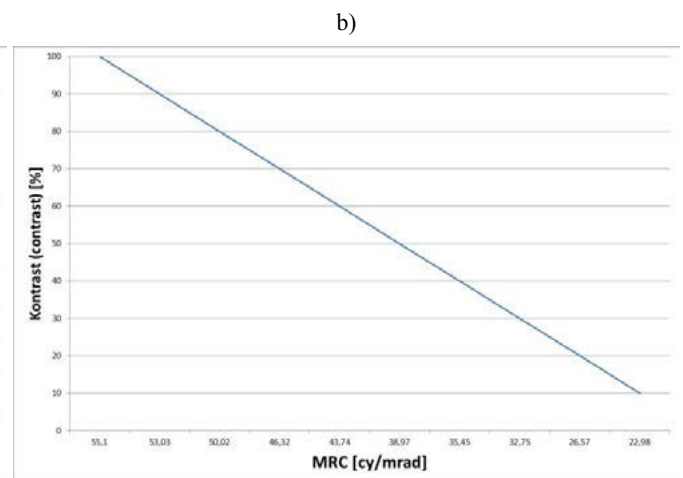
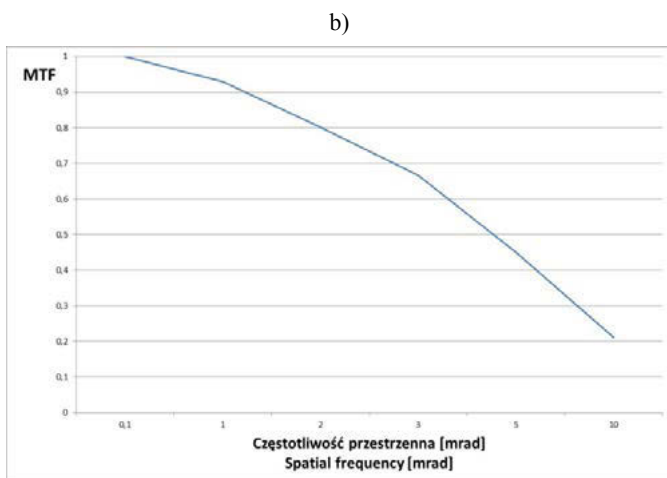
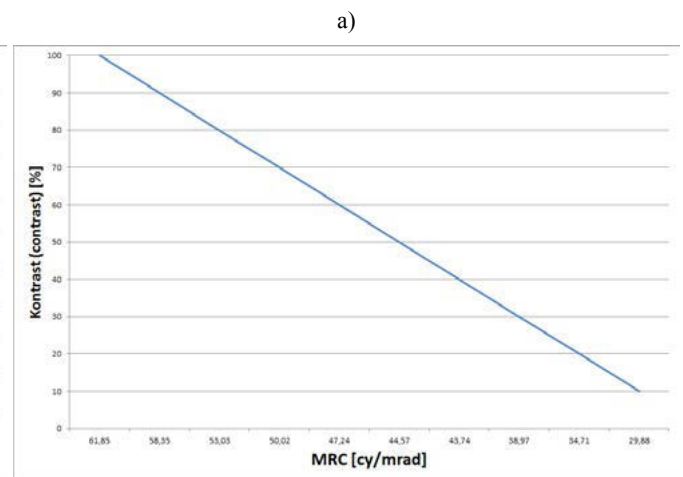
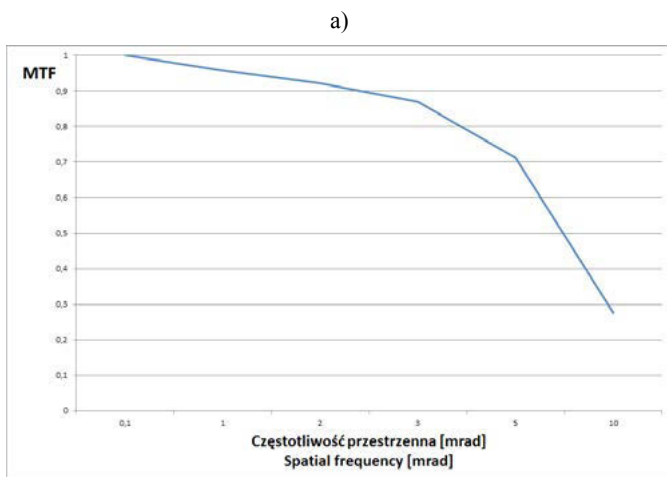
Źródło promieniowania wraz z zestawem testów powinno zapewnić uzyskanie wymaganego rozkładu promieniowania z dokładnością niewpływającą na wynik pomiaru. Szczególnie duże wymagania postawione są przed źródłami promieniowania podczerwonego. Muszą one charakteryzować się bardzo dużą jednorodnością rozkładu promieniowania, dokładnością stabilizacji temperatury oraz emisyjnością.

Wykorzystywane testy do pomiarów urządzeń termowizyjnych są wykonywane z metali o wysokiej przewodności cieplnej. Jedna strona testu jest pokrywana powłoką o dużym współczynniku odbicia, (aby zapobiec absorpcji promieniowania otoczenia i wyeliminować wpływ promieniowania otoczenia na temperaturę testów), natomiast druga jest pokrywana powłoką o bardzo wysokiej emisyjności powyżej 0,96, tak aby test mógł być traktowany jako ciało czarne. Testy transmisyjne stosowane do pomiaru parametrów urządzeń VIS powinny zapewnić dokładność rozkładu promieniowania lepszą niż 1%.

4. Badania laboratoryjne

System obserwacyjny LongView 2 składa się z czterech kamer obserwacyjnych pracujących w zakresie promieniowania widzialnego. Kolorowa kamera dzienna umożliwia obserwację obiektów dobrze oświetlonych ($>0,1$ lx) z rozdzielczością 520 linii TV. Kamera nocna (LLTV) umożliwia obserwację obiektów przy oświetleniu 0,00003 luksów (bez konieczności stosowania oświetlaczy IR), w trybie czarno-białym z rozdzielczością 570 linii. Kamera przeciwmgielna (Anty-FOG) umożliwia obserwację obiektów widzianych poprzez: mgłę, dym, mżawkę, deszcz oraz śnieg, w trybie czarno-białym z rozdzielczością 570 linii. Zastosowano w niej 15-dB-ową korektę kontrastu w czasie rzeczywistym, znacznie poprawiającą jakość obrazu (korekcja kontrastu w czasie rzeczywistym jest o wiele efektywniejsza niż stosowanie filtrów korekcyjnych). Dodatkowo zastosowano szerokokątną kamerę wspomagającą nakierowywanie zestawu kamerowego na cel. System obserwacyjny wyposażony jest w dwa wewnętrzne, elektrycznie przełączane, obiektywy stosowane do kamery dziennej, Anty-Fog oraz LLTV. Obiektyw pierwszy charakteryzuje się ogniskową 400 mm i średnicą 25 mm oraz powiększeniem optycznym zmienianym w granicach od 6 do 25 razy. Obiektyw drugi charakteryzuje się ogniskową 1050 mm i średnicą 115 mm oraz powiększeniem optycznym zmienianym w granicach od 25 do 100 razy.

Dodatkowo w warunkach laboratoryjnych wyznaczone zostały kąty widzenia kamer z zastosowaniem obiektywu 1050 mm pozwalające na określenie wertykalnego (VFOV) i horyzontalnego (HFOV) pola widzenia kamer przy maksymalnym przybliżeniu optycznym.



Ryc. 3. Pomiary charakterystyki MTF a) kamera VIS, b) kamera LLTV, c) kamera FOG

Fig. 3. MTF parameters of LongView2 a) VIS camera, b) LLTV camera, c) FOG camera

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Ryc. 4. Pomiary charakterystyki MRC a) kamera VIS, b) kamera LLTV, c) kamera FOG

Fig. 4. MRC parameters of LongView 2 a) VIS camera, b) LLTV camera, c) FOG camera

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Pomiar kąta widzenia

Camera field of view

Tabela 1.**Table 1.**

Parametr	VIS	LLTV	Anty-FOG
HFOV	1,22°±0,08°	1,22°±0,09°	1,20°±0,1°
VFOV	1,40°±0,07°	1,39°±0,08°	1,40°±0,09°

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

W warunkach laboratoryjnych przebadano system do obserwacji dziennej LongView 2 składający się z czterech kamer: dziennej kamery szerokokątnej, dziennej kamery wąskokątnej, kamery niskiego poziomu oświetlenia, kamery przeznaczonej do pracy przy dużym zamgleniu. Zasięgi wyznaczono na podstawie zmodyfikowanego kryterium Johnsona. Pomiary charakterystyki MRC wykonane zostały zgodnie z normami NATO, tzn. przez trzech doświadczonych obserwatorów bez wad wzroku zgodnie z procedurą pomiarową akredytowanego Laboratorium Badawczego Instytutu Optoelektroniki WAT „Pomiary parametrów urządzeń termowizyjnych”. Pomiary przeprowadzono przy optymalnym poziomie oświetlenia. Zasięgi kamer wyznaczono dla dobrych warunków pogodowych opisanych zgodnie z następującymi założeniami:

- Cel: człowiek (wymiary 1,8 m x 0,5 m),
- Współczynnik ekstynkcji atmosfery: 0,2 km⁻¹,
- Temperatura otoczenia: 288 K,
- Kontrast celu względem otoczenia: 20%,
- Poziom oświetlenia testu: 30 lx.

Uśrednione wyniki laboratoryjnie wyznaczonych zasięgów poszczególnych kamer systemu LongView 2 przedstawiono w tabeli 2. Zasięgi te przyjmowane są jako maksymalne i ulegają pogorszeniu wraz z pogarszaniem się warunków atmosferycznych panujących podczas obserwacji.

Tabela 2.

Zasięgi kamer systemu LongView 2

Table 2.

Ranges of cameras in LongView 2 system

	VIS	LLTV	Anty-FOG
Wykrycie/ Detection	10000 m	10000 m	10000 m
Rozpoznanie/ Recognition	7600 m	7700 m	7750 m
Identyfikacja/ Identification	3800 m	3900 m	4000 m

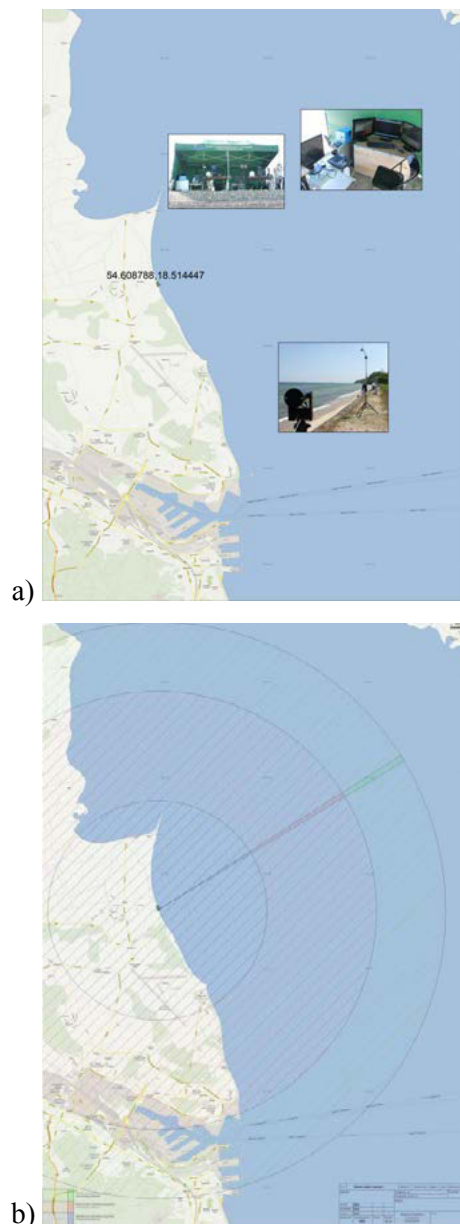
Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

5. Badania poligonowe

Przeprowadzone testy polowe miały na celu sprawdzenie sprawności i użyteczności dalekozasięgowego systemu monitorowania LongView 2 do zastosowania w systemach ochrony nabrzeża i portów morskich. Głównym celem testów było sprawdzenie działania poszczególnych kamer w warunkach rzeczywistych, porównanie zasięgów wyznaczonych laboratoryjnie z rzeczywistymi

zasięgami w warunkach operacyjnych. Ponadto badania poligonowe pozwoliły na określenie przydatności systemu do detekcji, zobrazowania i oszacowania zagrożenia wynikającego z obecności jednostek pływających znajdujących się w pobliżu portów. Testy zostały przeprowadzone w miejscowości Rewa na obszarze Zatoki Gdańskiej. W chwili testów widoczność wynosiła ok. 40 km, wiatr 2 w skali Beauforta, testy przeprowadzane były całodobowo w celu sprawdzenia działania kamer w różnych warunkach oświetleniowych. Na ryc. 5a pokazano usytuowanie kamery oraz stanowiska pomiarowego podczas testów, a na ryc. 5b naniesione zostały wyznaczone laboratoryjnie zasięgi wykrycia, rozpoznania oraz identyfikacji obiektów.



Ryc. 5. a) Schemat położenia i zobrazowania urządzeń demonstratora na testach poligonowych
b) zasięgi kamery dalekozasięgowej demonstratora technologii na testach poligonowych

Fig. 5. a) A scheme of camera location and measurement position during field tests, b) objects detection, recognition and identification ranges designated in field tests

Źródło: Opracowanie własne.

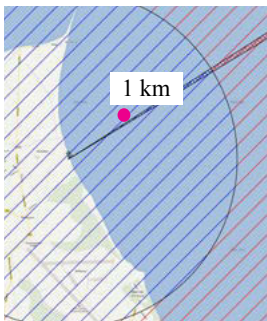
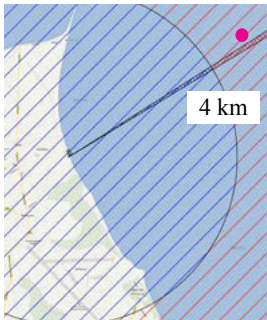
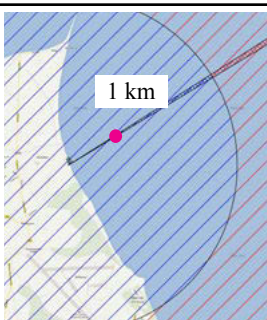
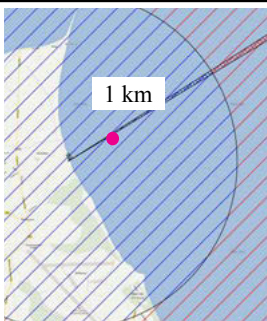
Source: Own elaboration.

Tabela 3.

Obrazy uzyskane za pomocą kamery Longview 2 o różnych porach dnia i różnych odległościach kutra od kamery

Table 3.

Different cameras objects visualization during field tests field test results

Lokalizacja/Localization	Zobrazowanie/Image	Warunki/Conditions
		Kamera: VIS – LongView 2 Pora dnia: Dzień, 14.00 Odległość: 1 km Jednostka: A Camera: VIS – LongView 2 Time of day: Day, 14.00 Distance: 1 km Object: A
		Kamera: LLTV – LongView 2 Zoom x25 Pora dnia: Wieczór, 19.40 Odległość: 4 km Jednostka: B Camera: LLTV – LongView 2 Zoom x25 Time of day: Evening, 19.40 Distance: 4 km Object: B
		Kamera: LLTV – LongView 2 Zoom x25 Pora dnia: Noc, 23.40 Odległość: 1 km Jednostka: A Camera: LLTV – LongView 2 Zoom x25 Time of day: Night, 23.40 Distance: 1 km Object: A
		Kamera: LLTV – LongView 2 Zoom x100 Pora dnia: Noc, 23.40 Odległość: 1 km Jednostka: A Camera: LLTV – LongView 2 Zoom x100 Time of day: Night, 23.40 Distance: 1 km Object: A

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

Testy wykonywane były z nabrzeża (wysokość ok. 4 m n.p.m.). Jako obiekty testowe zostały wykorzystane jednostki pływające wraz z załogą. Parametry jednostek wykorzystanych do testów to: jednostka A o długości ok. 12 m i masie ok. 8 ton oraz jednostka B o długości ok. 22 m i wadze 20 ton. Jednostki testowe znajdowały się w odległościach od 500 do 7000 m od stanowiska pomiarowego, a załoga symulowała osoby stwarzające zagrożenie. Tabela 3 prezentuje obrazy uzyskane za pomocą systemu

LongView 2 o różnych porach dnia i na różnych odległościach jednostek testowych od kamery. Kolumna pierwsza pokazuje lokalizację zobrazonego obiektu, kolumna druga zarejestrowany obraz, a kolumna trzecia opisuje typ kamery, czas rejestracji zdjęcia oraz odległość pomiędzy obiektem a kamerą. Przeprowadzone zobrażenia wyzwalane były przez naprowadzenie zespołu kamerowego sygnałem detekcyjnym z radaru mikrofalowego dla zasięgu do 2 km oraz ręcznego naprowadzania na odle-

głościach 2 do 7 km. Testy poligonowe jednoznacznie potwierdziły poprawność zobrazowania obiektów średnich na teoretycznie zapewnianych przez producenta i wyznaczonych laboratoryjnie zasięgach. W trakcie testów porównano laboratoryjnie wyznaczone zasięgi wykrycia, rozpoznania i identyfikacji kamer systemu LongView 2 w warunkach rzeczywistych. Przy dobrych warunkach pogodowych parametry te były nieznacznie niższe, lecz zasięgi były porównywalne z oczekiwanymi po testach laboratoryjnych i wynosiły odpowiednio: 3500 m rozpoznanie, 7000 m rozpoznanie, oraz ok. 10000 m wykrycie celu. Różnice mogły wynikać z wilgotności powietrza podczas testów, która w bardzo dużym stopniu wpływa na zasięgi kamer systemu LongView 2. Jedną z ciekawszych zaobserwowanych funkcjonalności, wymaganych w systemach ochrony, jest możliwość dokładnego zobrazowania przez kamerę szczegółów na statku, w tym załogi i ewentualnego uzbrojenia w strefie podejścia do brzegu. Ponadto zaobserwowano, iż w pogorszonych warunkach oświetlenia i przy pojawieniu się mgły system kamerowy spełnia swoje zadania – wizualizuje obiekty na odległościach rzędu kilku kilometrów.

6. Podsumowanie

- Przeprowadzone testy laboratoryjne pozwoliły na wyznaczenie teoretycznych zasięgów wykrywania, identyfikacji oraz rozpoznania człowieka przez operatora systemu LongView 2.
- Testy poligonowe zweryfikowały te dane oraz pozwoliły stwierdzić, że możliwe jest stosowanie kamery w dalekozasięgowych systemach obserwacyjnych.
- Kamera daje możliwość wykrycia broni na załodze zbliżających się jednostek.

7. Wnioski

W ramach prowadzonych prac opracowano i wykonano szereg testów pomiarowych laboratoryjnych oraz poligonowych systemu obserwacyjnego LongView 2. Badania laboratoryjne wykazały, że za pomocą zestawu kamer system ten pozwala rozpoznać człowieka z odległości 7,6 km. Identyfikacja przedmiotów (w szczególności broni) posiadanych przez niego jest możliwa z odległości 3,8 km. Zasięg detekcji celu ograniczony jest czułością kamery i wynosi ok. 10 km. Przeprowadzone testy poligonowe potwierdziły wyznaczone w laboratoriach zasięgi wykrywania, identyfikacji i rozpoznania celów za pomocą systemu LongView 2 przy dobrych warunkach atmosferycznych. Przeprowadzone testy pokazały możliwości, jakie daje wykorzystanie tej kamery w ochronie zarówno rozległych obiektów morskich, jak i lądowych oraz możliwości wykrycia obiektów zagrażających bezpieczeństwu.

Literatura

1. Dulski R., Milewski S., Kastek M., Trzaskawka P., Szustakowski M., Ciurapiński W., Życzkowski M., *Detection of small surface vessels in near, medium and far infrared spectral bands*, Electro-Optical and Infrared Systems: Technology and Applications VIII, Prague, Czech Republic, 2011.
2. Kastek M., Dulski R., Życzkowski M., Szustakowski M., Trzaskawka P., Ciurapiński W., Grelowska G., Gloza I.,

Milewski S., Listewnik K., *Multisensor system for the protection of critical infrastructure of a seaport*, Unattended Ground, Sea, and Air Sensor Technologies and Applications XIV, Baltimore, Maryland, USA 2012.

3. Szustakowski M., Ciurapiński W., Życzkowski M., Palka 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, 74810D, 2011.
4. ISO 15529:1999, Optics and optical instruments: Optical Transfer Function; Measurement of modulation transfer function (MTF) of sampled system, 1999.
5. ISO 9335:1995, Optics and optical instruments: Optical Transfer Function; Principles and procedures of measurement, 1995.
6. NATO STANAG no. 4349, Measurement of the minimum resolvable temperature difference (MRTD) of thermal cameras, 1995.
7. NATO STANAG no. 4351, Measurement of the minimum resolvable contrast (MRC) of image intensifier systems.
8. North Atlantic Treaty Organization, Experimental Assessment Parameters and Procedures for Characterization of Advanced Thermal Imagers, 2003.
9. *Wyrażanie niepewności pomiaru*. Przewodnik, Główny Urząd Miar, 1999.
10. *Resolving Power Target*, MIL-STD-150A, Section 5.1.1.7.
11. Glenn D. Boreman, *Modulation Transfer Function in Optical and Electro-optical Systems*, SPIE Press, 2001.
12. Holst G.C., *Testing and Evaluation of Infrared Imaging Systems*, JCD Publishing Company, 1998.
13. Vollmerhausen R.H., Driggers R.G., *Analysis of Sampled Imaging Systems*, SPIE Press, 2000.
14. Vollmerhausen R.H., Reago D.A. Jr., Driggers R.G., *Analysis and Evaluation of Sampled Imaging Systems*, SPIE Press, 2010.
15. Ratches J.D., *Static Performance Model for Thermal Imaging Systems*, "Optical Engineering" Vol. 15 Issue 6, 1976.

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

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

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

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

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

mjr dr inż. Jarosław Barela – adiunkt w zakładzie techniki podczerwieni i termowizji Instytutu Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej.

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

dr inż. Marcin Kowalski – pracownik naukowy w Instytucie Optoelektroniki Wojskowej Akademii Technicznej.

dr inż. Jacek **ROGUSKI**¹

dr inż. Roman **WANTOCH-REKOWSKI**²

inż. Konrad **SZUMIEC**³

Przyjęty/Accepted/Принята: 13.10.2014;

Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 03.11.2014;

Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

ZASTOSOWANIE SYMULACJI WIRTUALNEJ W ZAKRESIE SZKOLENIA OPERATORÓW BEZZAŁOGOWYCH PLATFORM LĄDOWYCH WYKORZYSTYWANYCH DO DZIAŁAŃ RATOWNICZO-GAŚNICZYCH⁴

Application of Virtual Simulation in the Training of Operators of Unmanned Land-based Platforms, used in Firefighting Rescue Operations

Применение виртуальной симуляции в области обучения операторов беспилотных сухопутных платформ используемых для спасательно- гасящих действий

Abstrakt

Cel: W artykule przedstawiono sposób zastosowania symulacji wirtualnej w zakresie szkolenia operatorów bezzałogowych platform lądowych (BPL).

Wprowadzenie: Określono rolę i przeznaczenie BPL oraz przedstawiono zasady szkolenia operatorów BPL wynikające z dotychczasowych doświadczeń w kraju i za granicą. BPL minimalizują bezpośrednie zagrożenie człowieka, stąd rosnące zainteresowanie tego typu konstrukcjami. Na podstawie analizy zastosowanych rozwiązań można stwierdzić, że dominują dwa podstawowe obszary zastosowań BPL:

- prowadzenie akcji gaśniczej w strefie niebezpiecznej (roboty gaśnicze) – jako mobilne stanowisko gaśnicze;
- prowadzenie rozpoznania, torowanie dróg, prowadzenie prac technicznych w strefie zagrożenia.

Metodologia: Działania ratowniczo-gaśnicze (R-G) prowadzone przez jednostki Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego (KSRG) charakteryzują się dużą różnorodnością. Można jednak wydzielić z nich elementy powtarzalne, których doskonalenie skutkuje większą efektywnością działań. Ćwiczenie elementów powtarzalnych podczas szkoleń i działań pozorowanych może być prowadzone z wykorzystaniem rzeczywistego sprzętu określonego rodzaju, w tym wypadku BPL przy ograniczonej liczbie szkolonych operatorów oraz ryzyku uszkodzenia relatywnie drogiego sprzętu.

Alternatywnym rozwiązaniem jest wykonywanie ćwiczeń w ramach wirtualnej rzeczywistości, co ogranicza do minimum ryzyko zniszczenia lub uszkodzenia BPL oraz umożliwia wielokrotne realizowanie zadań w warunkach pełnej powtarzalności sytuacji, jaką możemy zastać przy realnych działaniach R-G przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa operatorowi oraz ograniczeniu kosztów związanych z prowadzonymi ćwiczeniami. Opisano zasady wykorzystania bezzałogowych platform lądowych (BPL) w zakresie zadań realizowanych w ramach KSRG. W celu zwiększenia możliwości treningu w zakresie szkolenia obsługi platformy BPL i znaczącego obniżenia kosztów procesu szkoleniowego w opracowaniu przedstawiono projekt przykładowej BPL w środowisku symulacji wirtualnej z opisem możliwego zakresu zastosowań doprowadzenia ćwiczeń w symulacji wirtualnej.

Wnioski: Dostępne na rynku zaawansowane środowiska symulacji wirtualnej takie jak VBS3 umożliwiają budowę szerokiego zakresu stanowisk szkoleniowych. Środowiska symulacji wirtualnej charakteryzują się dużą wiernością symulowanych działań oraz wysoką

¹ Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów, jroguski@cnbop.pl / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland;

² Wojskowa Akademia Techniczna, ul. gen. Sylwestra Kaliskiego 2, 01-476 Warszawa, rekowski@wat.edu.pl / Military University of Technology, Poland;

³ FragOutStudio, al. Piłsudskiego 133D/111, 92-318 Łódź, Polska;

⁴ Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

якоścią zobrazowania. Przedstawiony model wirtualny BPL odzwierciedla podstawowe właściwości rzeczywistej platformy BPL i umożliwia interakcję z wirtualnym otoczeniem i innymi obiektami.

Słowa kluczowe: BPL, szkolenie, symulator, symulacja wirtualna

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

Abstract

Aim: The paper describes an approach in the use of virtual simulation for training of unmanned land-based platform (BPL) operators.

Introduction: Specified the role and purpose of BPL and presented the principles of operator training. The training programme was determined on the basis of experience gained in Poland and abroad. The use of BPL minimizes dangers to humans and this has influenced a growing interest in such equipment. Based on an analysis of potential use, two key areas for BPL applications were identified:

- Robots used for firefighting operations in a danger zone - as a mobile fire-fighting post.
- Conveyance for performing reconnaissance, paving of roads and accomplishment of technical work in a danger zone

Methodology: Firefighting and rescue operations accomplished by national firefighting units are very diverse. However, it is possible to identify repetitive tasks performed during such operations which, if perfected, can improve the effectiveness of interventions. Drill practice of repetitive elements during training may be carried out with the aid of appropriate equipment such as BPL. Training may be constrained by the availability of machines and risk of damage to relatively expensive equipment. An alternative approach may be the conduct of training with the aid of virtual simulation facilities. Such a solution will minimise the risk of expensive equipment damage and facilitate the programming of repetitive tasks in conditions which, replicate the practical environment. This approach provides a safe training environment for the operator and will minimise costs associated with training. The article describes how BPL equipment can be used for a range of tasks undertaken within the framework of the National System for Firefighting and Rescue Operations. In an endeavour to increase training opportunities for BPL operators and significantly reduce training costs, the article incorporates a project proposal of an illustrative BPL for use in a virtual simulation environment, with a description of potential exercises.

Conclusions: Commercially available advanced virtual simulation settings, such as VBS3, allow for the creation of a wide range of training scenarios. The virtual simulation environment is characterized by credible simulations and high quality imaging. The illustrated virtual BPL model mirrors fundamental properties of an actual BPL platform and affords an interaction with the virtual environment, and other entities.

Keywords: UMP – unmanned mobile platform, training, simulator, virtual simulation

Type of article: original scientific article

Аннотация

Цель: В статье представлен способ применения виртуальной симуляции для обучения операторов беспилотных сухопутных платформ (BPL).

Введение: Определена роль и предназначение BPL, а также представлены принципы обучения операторов BPL, возникшие благодаря полученному опыту в стране и за рубежом. BPL минимизируют непосредственную угрозу для человека, именно поэтому популярность таких конструкций постоянно увеличивается. На основе анализа использованных решений можно выделить две главные доминирующие области применения BPL:

- проведение гасящих действий в опасной зоне (пожарные роботы) – в качестве мобильной пожаротушащей установки;
- проведение разведки (пожара), очистки дорог, проведение технических работ в зоне угрозы.

Методология: Спасательно-гасящие действия проводимые подразделениями Национальной спасательно-гасящей системы (KSRG) очень разнообразны. Тем не менее возможно выделить среди них повторяющиеся элементы, совершенствование которых способствует повышению эффективности проводимых действий. Тренировка повторяющихся элементов, проводимая во время учений и симуляционной деятельности, может осуществляться с использованием реального оборудования определённого типа, в этом случае - при ограниченном числе обучаемых операторов и риске повреждения дорогостоящего оборудования.

Альтернативным решением является проведение упражнений в рамках виртуальной реальности. Это сводит к минимуму угрозу уничтожения или повреждения BPL, а также позволяет повторно реализовать задачи в условиях полной воспроизводимости, с которой можно встретиться при реальных спасательно-гасящих действиях. При этом одновременно обеспечивается безопасность оператора и ограничиваются расходы, связанные с проводимыми учениями. В статье описаны принципы использования беспилотных сухопутных платформ (BPL) в задачах реализуемых в рамках KSRG. В целях расширения возможностей тренировки во время обучений о том как обслуживать платформу BPL и для значительного снижения затрат на сам процесс обучения в статье представлен проект образца BPL в среде виртуальной симуляции с описанием возможной сферы использования для проведения упражнений в виртуальной симуляции.

Выводы: Доступные на рынке передовые способы виртуальной симуляции окружающей среды, такие как VBS3 позволяют создать разнообразные условия для проведения обучения. Среда виртуальной симуляции характеризуется высокой точностью смоделированных действий и высоким качеством изображения. Представленная виртуальная модель BPL отображает основные характеристики реальной платформы BPL и обеспечивает взаимосвязь с виртуальной средой и другими объектами.

Ключевые слова: BPL, обучение, симулятор, виртуальная симуляция

Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wstęp

Specjalistyczne jednostki ratownicze PSP wyposażone są w bezzałogowe platformy lądowe (BPL) w ograniczonym zakresie. Wynika to z wielkości dostępnych środków finansowych, które mogą być przeznaczone na zakup specjalnego wyposażenia, jakim są BPL. Platformy bezzałogowe minimalizują bezpośrednie zagrożenie człowieka, stąd rosnące zainteresowanie tego typu konstrukcjami. Na podstawie analizy zastosowanych rozwiązań można stwierdzić, że dominują dwa podstawowe obszary zastosowań BPL:

- prowadzenie akcji gaśniczej w strefie niebezpiecznej (roboty gaśnicze) – jako mobilne stanowisko gaśnicze;
- prowadzenie rozpoznania, torowanie dróg, prowadzenie prac technicznych w strefie zagrożenia.

Działania ratowniczo-gaśnicze (RG) prowadzone przez jednostki KSRG charakteryzują się dużą różnorodnością. Można jednak wydzielić z nich elementy powtarzalne, których prowadzenie skutkuje większą efektywnością działań. Ćwiczenie elementów powtarzalnych podczas szkoleń i działań pozorowanych może być prowadzone z wykorzystaniem rzeczywistego sprzętu określonego rodzaju, w tym wypadku BPL przy ograniczonej liczbie szkolonych operatorów oraz ryzyku uszkodzenia relatywnie drogiego sprzętu.

Alternatywnym rozwiązaniem jest wykonywanie ćwiczeń z zastosowaniem wirtualnej rzeczywistości, co ogranicza do minimum ryzyko zniszczenia lub uszkodzenia BPL oraz umożliwia wielokrotne realizowanie zadań w warunkach pełnej powtarzalności sytuacji, jaką możemy zastać przy realnych działaniach RG przy jednoczesnym zapewnieniu bezpieczeństwa operatorowi oraz ograniczeniu kosztów związanych z prowadzonymi ćwiczeniami. Istniejące rozwiązania symulacyjne opracowane w większości przypadków przez ich producentów przewidują realizację podstawowych zadań związanych z prawidłową eksploatacją sprzętu, nie uwzględniając specyfiki wykorzystania przez określoną grupę użytkowników.

2. Zakres szkoleń operatorów BPL

Podstawy dotyczące szkolenia operatorów BPL na potrzeby wojska, policji, służb inspekcyjnych, ratowniczych zostały opisane w publikacji [1] związanej z realizacją projektu badawczego OR000046040 „Platforma do projektowania i tworzenia oprogramowania komputerowych trenerów do robotów mobilnych inspekcyjno-mobilnych” i zawierają cele dotyczące:

- zapoznania z robotem/BPL, systemami sterowania funkcjami i trybem pracy;
- obserwacji-operowania kamerą wizyjną, jak również sensorami będącymi na wyposażeniu, oraz interpretacji otrzymanych wyników;
- jazdy robotem w różnych warunkach;
- operowania manipulatorem;
- działania BPL w ramach typowych zadań symulowanych.

Planowane szkolenie realizuje się w trakcie cyklu szkoleniowego trwającego ok. 30 godzin, w tym do 8 godzin przeznaczonych jest na bezpośrednią naukę serwisowania i prowadzenia BPL [1]. Do szkolenia używa się tylko rzeczywistych BPL. Stosowane są również elementy szkoleń oparte na płytach CD dostarczanych przez producentów BPL.

Próby szerszego zastosowania BPL podjęte zostały przy realizacji projektów badawczych, w których uczestniczyło CNBOP-PIB, takich jak „Technologia zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych” oraz „Zintegrowany mobilny system wspomagający działania antyterrorystyczne i antykryzysowe”. Efektem tych projektów jest bezzałogowa platforma lądowa (BPL) „STRAŻAK” przeznaczona do działań przy rozpoznaniu i likwidacji skutków awarii chemicznych w zakładach przemysłowych i transporcie materiałów niebezpiecznych oraz rodzina robotów. BPL Strażak dedykowany jest do pracy w środowisku, gdzie obecność człowieka powinna być ograniczona do minimum. Podstawowym zadaniem systemu wizyjnego jest zapewnienie bezpieczeństwa maszynie, operator musi mieć możliwość oceny czy zadanie, które ma wykonać nie naraża sterowanego pojazdu na niebezpieczeństwo bądź nie stwarza zagrożenia dla środowiska [2].

Efektem kolejnego projektu pt. „Zintegrowany, mobilny system wspomagający działania antyterrorystyczne i antykryzysowe” jest rodzina BPL (MRM – mały robot mobilny, RMI – robot mobilny interwencyjny – średni, RMF – robot mobilny o zwiększonej funkcjonalności – duży) przedstawiono na ryc. 1. W celu zapoznania potencjalnych użytkowników z możliwościami wykorzystania sprzętu w działaniach ratowniczych, w szeregu zakładów przemysłowych przeprowadzono szkolenia z możliwości zastosowania BPL, symulując działania ratownicze. W ramach przeprowadzonych badań ankietowych osób biorących udział w szkoleniach istnieje możliwość określenia pożądanych przez respondentów właściwości, które powinna posiadać BPL. Większość ankietowanych pracuje w jednostkach ochrony przeciwpożarowej w przedziale od 5-20 lat i brała udział w co najmniej 300 akcjach ratownictwa technicznego i chemiczno-ekologicznego.

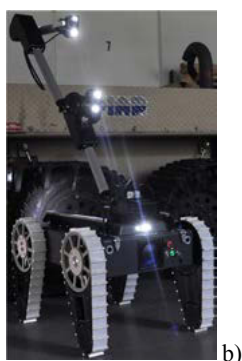
Respondenci po przeprowadzonych szkoleniach identyfikowali potrzebę prowadzenia zajęć z poniższej tematyki:

- ratownictwa chemicznego;
- ratownictwa biologicznego;
- działań rozpoznawczych.

Zgłaszano również potrzebę wykonywania następujących ćwiczeń [3]:

- w zakresie przeciągania linii węzowych z osprzętem do neutralizacji zagrożeń;
- wykonywania manewrów na podłożu twardym i miękkim;
- podejmowania niebezpiecznych pojemników i ich transportu do wyznaczonego punktu;
- przekazywania obrazu i uzyskiwania danych z pomiarów;

- wykonywania czynności rozpoznawczych i pomiarowych z wykorzystaniem przyrządów pomiarowych będących na wyposażeniu jednostek straży pożarnych;
- doskonalenia jazdy w terenie i po schodach;
- dokonywania pomiarów za pomocą urządzeń pomiarowych mocowanych do ramienia robota;
- identyfikowania i transportu pojemników z substancjami niebezpiecznymi.



Ryc. 1. Rodzina BPL z projektu PROTEUS (a-RMI, b- MRM, c-RFM) [3]

Fig. 1. Family BPL project PROTEUS (a-RMI, b- MRM, c-RFM) [3]

Przykładem kompleksowego systemu szkolenia jest program opracowany przez Naukowo-Badawczy Instytut Ochrony Przeciwpożarowej Ministerstwa Sytuacji Nadzwyczajnych Federacji Rosyjskiej (VNIPO), gdzie Bezałogowe Platformy Lądowe znajdują szerokie zastosowanie przy prowadzeniu działań ratowniczo-gaśniczych [4],[5]. Program szkolenia zawiera elementy związane z zasadami zapewnienia prawidłowego stanu technicznego oraz nadzoru nad prawidłową eksploatacją BPL. Należy zauważyć, że przeszkolenie personelu odbywa się przy wykorzystaniu rzeczywistego sprzętu bez stosowania rzeczywistości wirtualnej. Cykl szkoleniowy dla operatorów

BPL obejmuje 34 godz. zajęć w sześciu cyklach tematycznych:

- Cykl 1. Państwowy system zapobiegania i likwidacji sytuacji nadzwyczajnych (PCЧC) a naukowo-techniczna polityka MCzS Rosji. Obejmuje on zajęcia, w których przedstawiany jest rozwój BPL stosowanych w działaniach ratowniczych i gaśniczych z uwzględnieniem podziału na środki latające, pływające oraz jeżdżące wykorzystywane do usuwania sytuacji nadzwyczajnych i działań RG.
- Cykl 2. Współczesne środki do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych. W ramach zajęć zostają omówione charakterystyki taktyczno-techniczne stosowanego sprzętu.
- Cykl 3. Przykłady taktycznego zastosowania ratowniczych i gaśniczych BPL. Przegląd wyposażenia dodatkowego BPL do prowadzenia działań RG oraz omówienie ich charakterystyk taktyczno-technicznych.
- Cykl 4. Omówienie podstawowych wymagań certyfikacyjnych stawianych BPL. Omówienie podstawowych aktów prawnych związanych z eksploatacją BPL w jednostkach MCzS.
- Cykl 5. Zajęcia praktyczne z taktycznego zastosowania BPL w działaniach ratowniczo-gaśniczych. Zapoznanie ze sprzętem wykorzystywanym w jednostkach MCzS. Przykładowe operacje w ramach działań ratowniczych i gaśniczych. Podstawowe prace z zakresu obsługi technicznej.

3. Podstawowe właściwości symulatorów wirtualnych i ich zastosowanie do prowadzenia szkoleń

Jednym z kierunków rozwoju systemów szkoleń specjalistycznych jest stosowanie symulatorów wirtualnych i trenażerów. Pojawienie się na rynku specjalizowanych symulatorów wirtualnych umożliwiających odwzorowanie obiektów z dużą dokładnością znacznie rozwinęło możliwości ich zastosowania do prowadzenia szkoleń specjalistycznych.

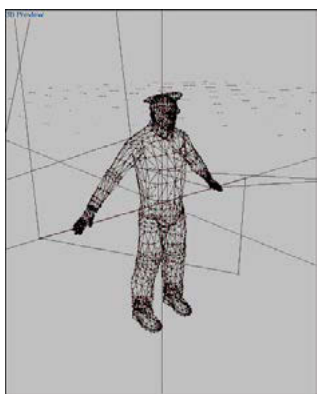
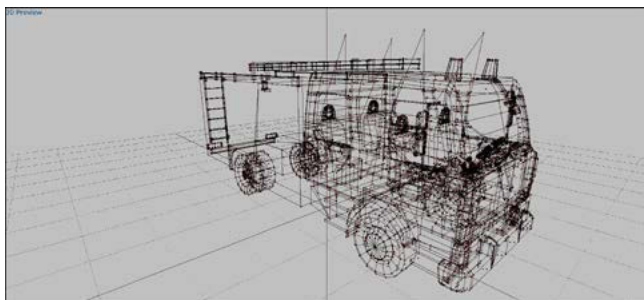
Zastosowanie symulatorów wirtualnych do szkolenia ma na celu zastąpienie świata rzeczywistego światem wirtualnym. Takie rozwiązanie dostarcza nowych możliwości w zakresie szkolenia pozwalając na prowadzenie ćwiczeń w świecie wirtualnym ale z wykorzystaniem obowiązujących procedur oraz z wykorzystaniem rzeczywistego wyposażenia lub zbliżonego do rzeczywistego.

Możliwości zastosowania symulatorów wirtualnych do prowadzenia szkoleń (w tym jako element trenażera) wynikają z następujących właściwości tych symulatorów [6],[7],[8],[9]:

- symulacja przebiegu scenariusza;
- możliwość budowy i modelowania własnych obiektów (pojazd bojowy, ludzie, budynki);
- możliwość budowy własnych map;
- możliwość budowy własnych scenariuszy;
- możliwość programowania warunków atmosferycznych oraz zachowania symulowanego środowiska naturalnego;

- możliwość ingerencji instruktora w trakcie symulacji (np. zablokowanie drogi);
- możliwość programowania zachowania obiektów (np. ludzie, pojazdy);
- możliwość rejestrowania i odtwarzania przebiegu symulacji (ang. *AAR – After Action Review*).

Środowiska symulacji wirtualnej takie jak VBS3 umożliwiają odwzorowanie wyglądu i funkcjonalności rzeczywistych obiektów. Przykładowy scenariusz do symulatora przedstawiono na ryc. 2.



Ryc. 2. Przykładowy scenariusz do symulatora [10]

Fig. 2. Exemplary scenario in the simulator [10]

Z zastosowania zaawansowanych środowisk symulacyjnych wynikają następujące korzyści [12]:

- zmniejszenie kosztów szkoleń;
- ćwiczenie sytuacji, które są bardzo trudne do odtworzenia w rzeczywistości;
- ćwiczenie sytuacji, które nie są możliwe do odtworzenia w rzeczywistości ze względu na duże koszty lub duże zagrożenia dla ćwiczących;
- możliwość ćwiczenia efektywności procedur oraz weryfikacja nowych procedur;
- możliwość ćwiczenia z użyciem urządzeń, których jeszcze nie wyprodukowano.

Zaawansowane środowiska symulacji wirtualnej VBS3 umożliwiają budowę szerokiego zakresu stanowisk szkoleniowych. Środowiska symulacji wirtualnej charakteryzują się dużą wiernością symulowanych działań oraz wysoką jakością zobrazowania. Zasadniczymi komponentami środowisk symulacji wirtualnej są silniki symulacyjne i graficzne, których podstawowym zadaniem jest zarządzanie:

- symulacją;
- przetwarzaniem zdarzeń związanych z fizyką podstawowych zjawisk (m.in. kolizje, interakcje, uderzenia, zderzenia obiektów, balistyka, zjawiska meteorologiczne, efekty działań obiektów);
- procesem generowania obrazu (m.in. zobrazowanie terenu, obiektów, animacje, efekty);
- zachowaniem obiektów (AI) pojedynczych obiektów, np. żołnierzy, ludności cywilnej, zwierząt.

Przykładowym stanowiskiem szkoleniowym wykonanym z wykorzystaniem środowiska symulacji wirtualnej VBS2 jest stanowisko do szkolenia taktyki jazdy kierowców wozów bojowych PSP [7],[10] (ryc. 3).



Ryc. 3. Elementy symulatora kierowcy wozu bojowego PSP [7],[11]

Fig. 3. Elements of the simulator of vehicle PSP driver [7],[11]

4. Projekt wirtualnej platformy BPL w symulatorze VBS3

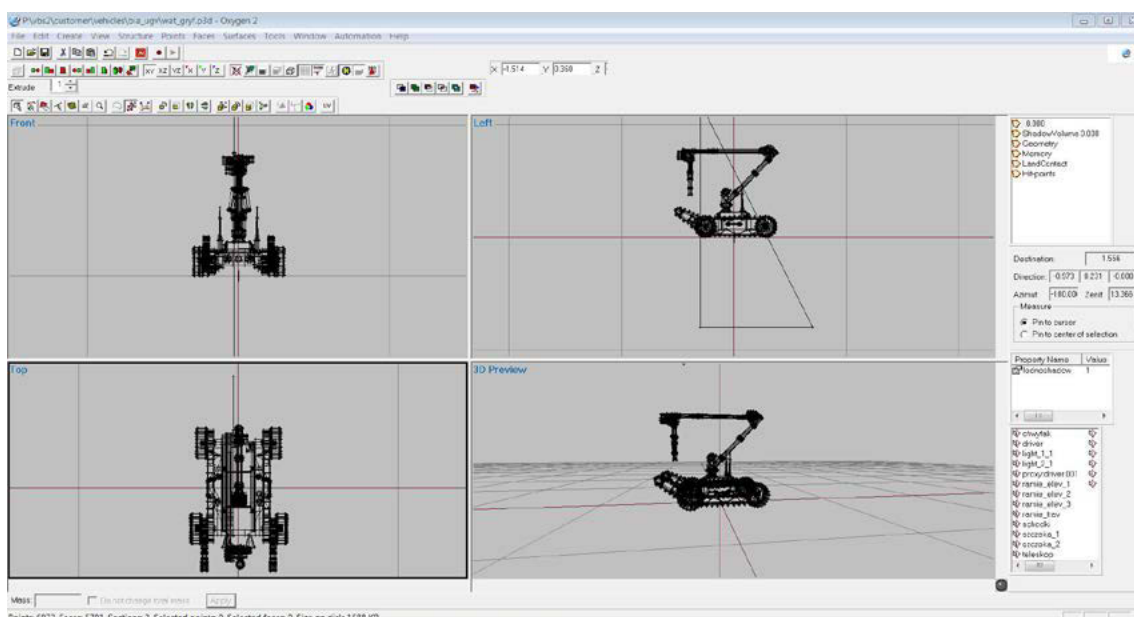
W dalszej części artykułu przedstawione zostały najważniejsze elementy przykładowego modelu wirtualnego BPL (ryc. 4) na potrzeby symulacji w środowisku VBS2 z wykorzystaniem programu Oxygen2. Zasady te nie ograniczają się wyłącznie do tego środowiska i są wykorzystywane także w innych silnikach symulacyjnych oraz w środowiskach deweloperskich innych producentów. W opracowaniu opisano elementy składowe modelu pojazdu oraz sposób jego konfiguracji i przykładowe realizacje tych elementów. Zaprezentowany model pojazdu ma wszystkie niezbędne elementy umożliwiające jego pełną symulację w środowisku VBS2:

- poruszanie się w środowisku wirtualnym;
- kolizje z innymi obiektami;
- widoki z kamer;
- sterowanie ramieniem;
- sterowanie chwytakiem.



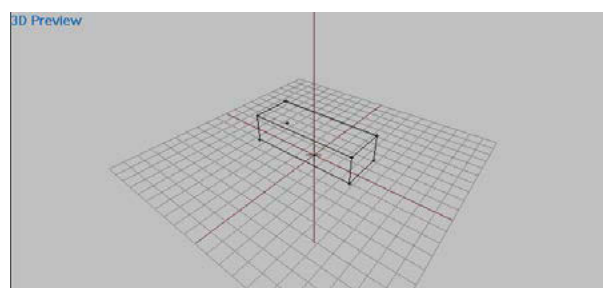
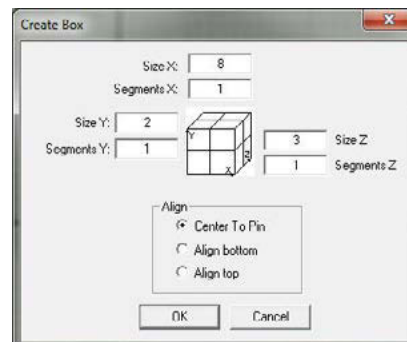
Ryc. 4. Przykładowy pojazd BPL w symulatorze wirtualnym [10]
Fig. 4. Example of vehicle BPL virtual simulator [10]

Widok głównego okna programu Oxygen2 przedstawia ryc. 5.



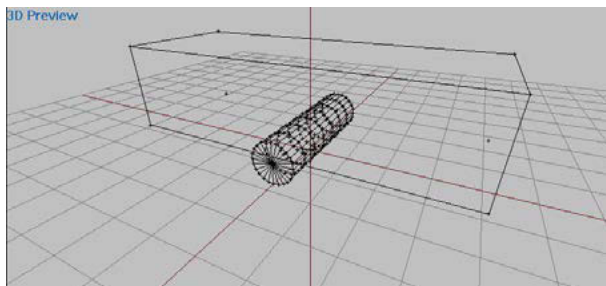
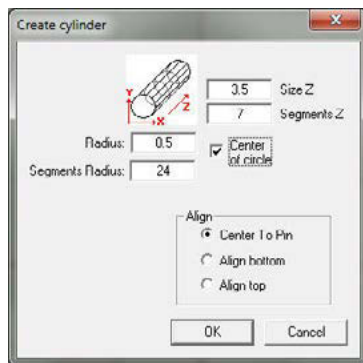
Ryc. 5. Okno główne programu Oxygen2 [10]
Fig. 5. Main window Oxygen2 [10]

Podstawowym elementem składowym projektu robota wirtualnego jest model siatki 3D uwzględniającej elementy składowego BPL. Siatki 3D modelu BPL składają się z pojedynczych podstawowych elementów składowych takich jak płaszczyzny lub bryły. Sposób tworzenia podstawowych brył przedstawiono na ryc. 6 i 7.

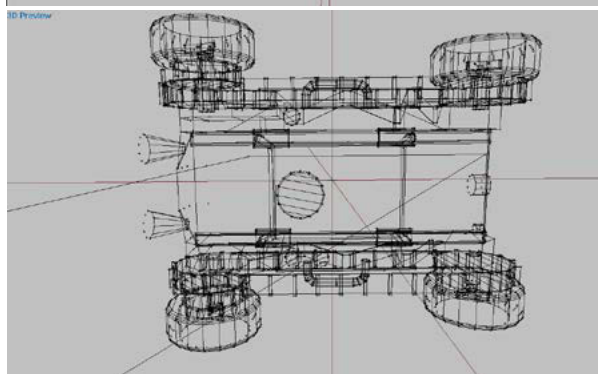
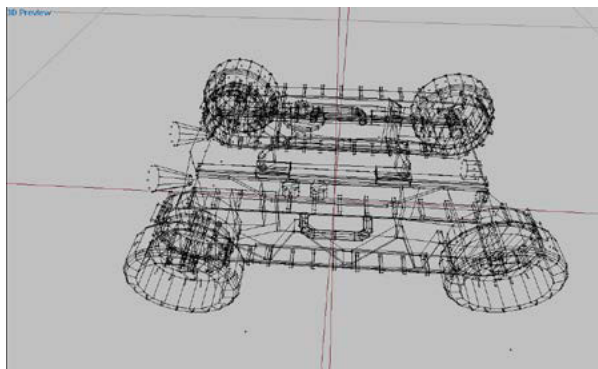


Ryc. 6. Tworzenie podstawowej bryły typu „Box” [10]
Fig. 6. Creating a basic body of a “Box” [10]

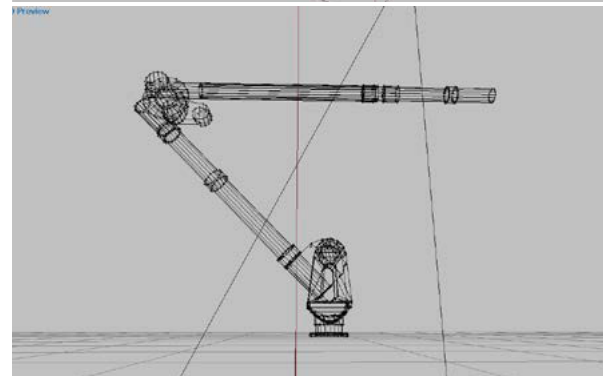
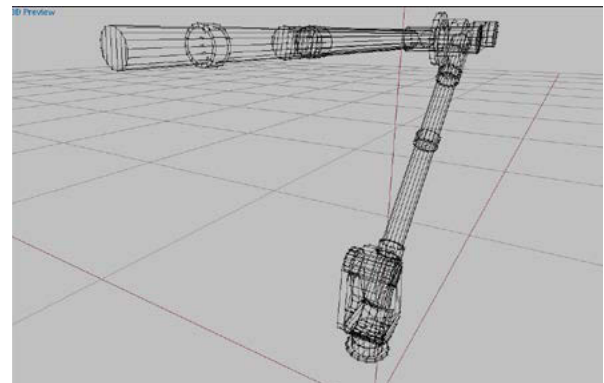
Z wykorzystaniem podstawowych brył tworzone są kolejne elementy modelu 3D robota. Poniższe ryciny przedstawiają elementy składowe siatki 3D (ryc. 8, ryc. 9, ryc. 10, ryc. 11).



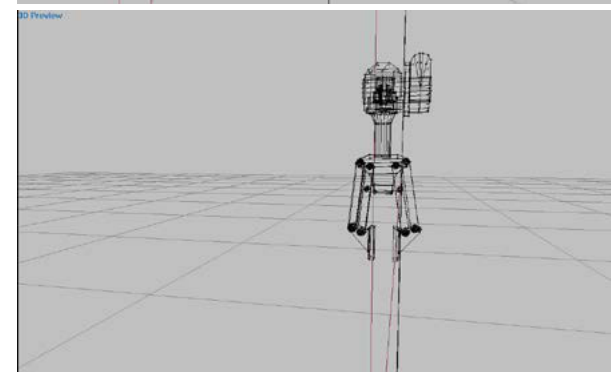
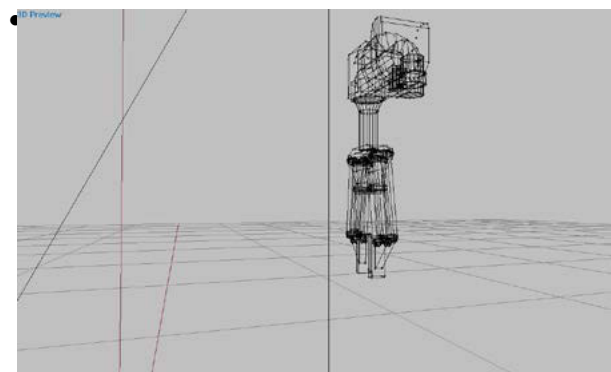
Ryc. 7. Tworzenie podstawowej bryły typu „Cylinder” [10]
Fig. 7. Creating a basic body of a “cylinder” [10]



Ryc. 8. Korpus robota z układem jezdnym [10],[12]
Fig. 8. The body of the robot chassis development [10],[12]



Ryc. 9. Ramię robota z mechanizmem sterowania [10]
Fig. 9. Robot arm control mechanism [10]



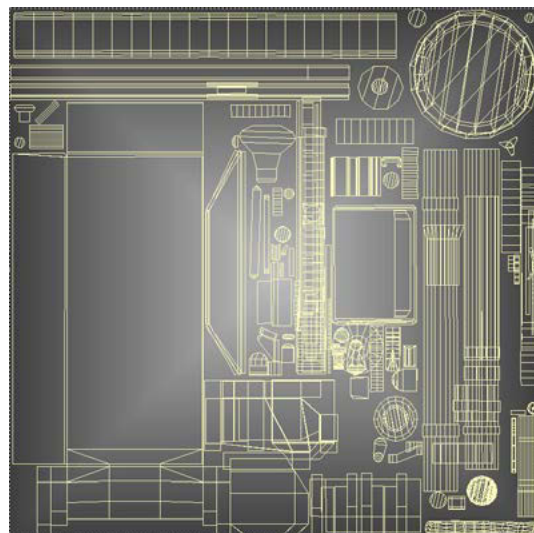
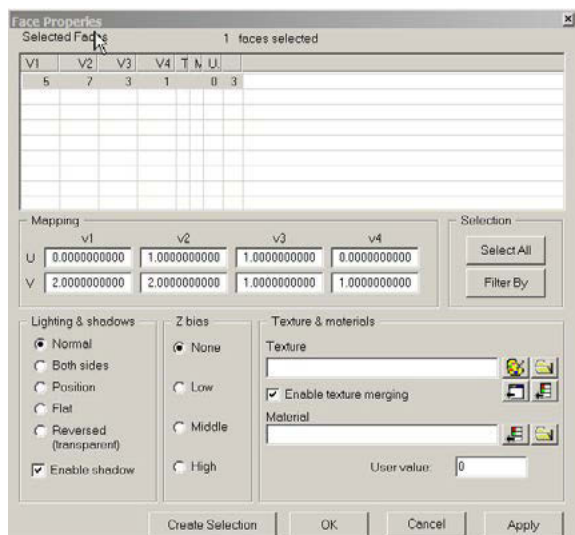
Ryc. 10. Chwytnik robota z mechanizmem sterowania [10]
Fig. 10. Gripper robot control mechanism [10]



Ryc. 11. Widok 3D poszczególnych elementów składowych robota bez tekstur [10]

Fig. 11. 3D view of the various components robot without textures [10]

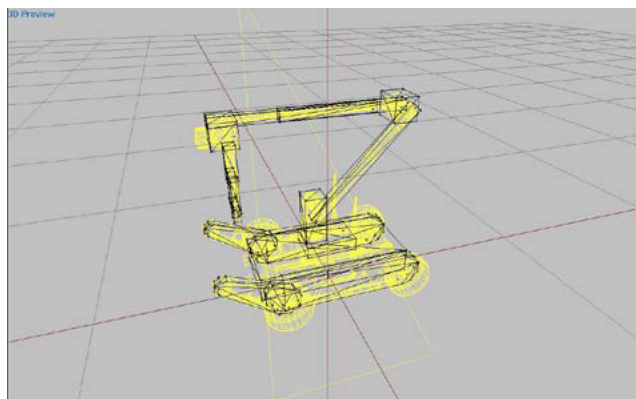
W końcowej fazie projektowania wszystkim powierzchniom elementów należy nadać różne kolory oraz tekstury odpowiadające wyglądowi rzeczywistego obiektu. W tym celu należy zaznaczyć powierzchnie, dla których ma być ustalany kolor lub tekstura (ryc. 12). Wszystkie tekstury przygotowywane są w plikach graficznych w formacie PAA.



Ryc. 12. Okno właściwości powierzchni oraz siatka do tworzenia tekstur [10]

Fig. 12. Properties window surface and mesh to create cardboard [10]

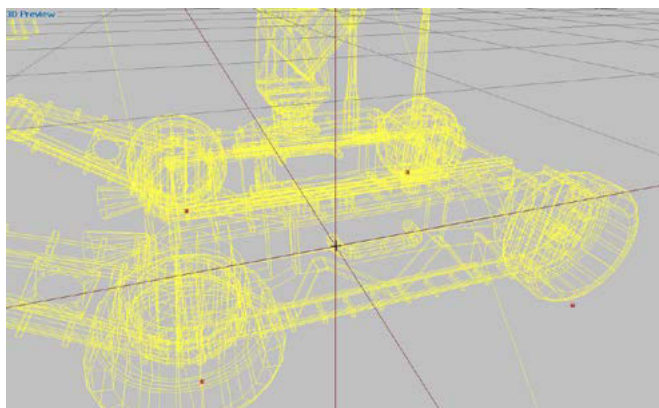
Przedstawiony model siatki 3D służy do wyświetlania obiektu w symulatorze wirtualnym. W celu umożliwienia prawidłowej interakcji robota z innymi obiektami występującymi w symulacji konieczne jest zdefiniowanie dodatkowych modeli. Podstawowym modelem jest model kolizji określający, jak wygląda bryła robota z punktu widzenia kolizji z innymi obiektami. Zazwyczaj (ze względów wydajnościowych) jest to uproszczony model siatki 3D. Ryc. 13 przedstawia model kolizji robota.



Ryc. 13. Model kolizji robota (widok siatki 3D oraz wizualizacja) [10]

Fig. 13. Model collision robot (grid view and 3D visualization) [10]

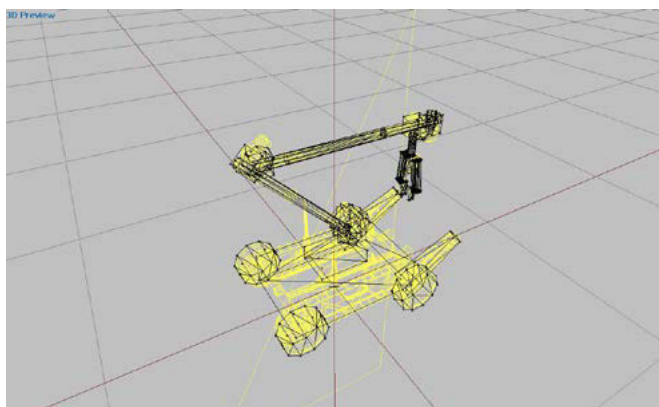
Prawidłowa interakcja z terenem wymaga zdefiniowania specjalnych elementów określających punkty kontaktowe z podłożem (ryc. 14).



Ryc. 14. Model kolizji robota (widok siatki 3D oraz wizualizacja) [10]

Fig. 14. Model collision robot (grid view and 3D visualization) [10]

Uzupełnieniem modelu jest model siatki 3D będącego podstawą generowania cienia w trakcie symulacji z uwzględnieniem aktualnego oświetlenia (ryc. 15). Zastosowanie modelu wzmacnia realizm funkcjonowania obiektów w symulacji.

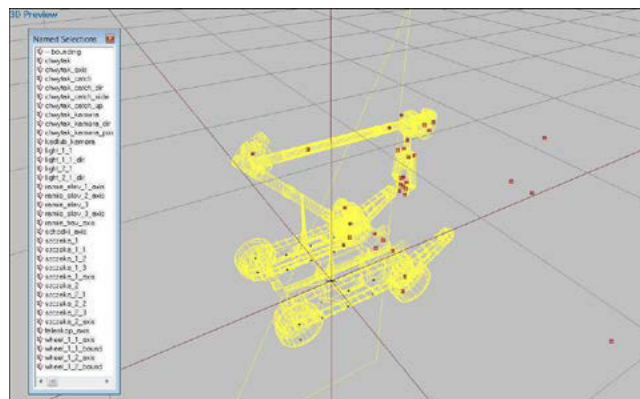


Ryc. 15. Model cienia robota (widok siatki 3D oraz wizualizacja) [10]

Fig. 15. Model shadow robot (grid view and 3D visualization) [10]

Jednym z najważniejszych elementów modelu wirtualnego są tzw. *memory points* stanowiące podstawę do oprogramowania logiki działania robota (ryc. 16). Punk-

ty te wykorzystywane są przez silnik symulacyjny do prawidłowej interakcji z otoczeniem oraz do oprogramowania specyficznej logiki działania robota jak na przykład chwytanie obiektów lub animacje ramienia.



Ryc. 16. Definicja tzw. memory points [10]

Fig. 16. Definition of the so-called. memory points [10]

Z modelem 3D związany jest zestaw skryptów implementujący zachowanie się poszczególnych elementów robota. W szczególności dotyczy to manipulowania ramieniem robota oraz chwytaniem. Robot wyposażony jest w dwie wirtualne kamery, których widok dostępny jest dla osoby szkolonej (ryc. 17).



Ryc. 17. Przykładowe widoki z kamer wirtualnych [10]

Fig. 17. Exemplary views obtained from virtual camera [10]

Dodatkowo konfiguruje się szkielet i model, w których zdefiniowane są połączenia pomiędzy poszczególnymi elementami modelu 3D oraz animacje. Fragment definicji szkieletu oraz modelu przedstawia poniżej listing.

```

class CfgSkeletons {
    class Default {
        isDiscrete = 1;
        skeletonInherit = "";
        skeletonBones[] = {};
    };
    class WAT_Gryf: Default {
        skeletonInherit = "Default";
        skeletonBones[] = {"schodki", "",
            "wheel_1_1_damper", "",
            "wheel_2_1_damper", "",
            "wheel_3_1_damper", "schodki",
            "wheel_1_2_damper", "",
            "wheel_2_2_damper", "",
            "wheel_3_2_damper", "schodki",
            "wheel_1_1", "",
            "wheel_2_1", "",
            "wheel_3_1", "schodki",
            "wheel_1_2", "",
            "wheel_2_2", "",
            "wheel_3_2", "schodki",
        ...
    }

```

```

class CfgModels {
    class Default {
        sectionsInherit = "";
        sections[] = {};
        skeletonName = "";
    };
    class WAT_Gryf: Default {
        sectionsInherit = "Default";
        sections[] = {};
        skeletonName = "WAT_Gryf";
        class Animations {
            class wheel_1_1 {
                type = "rotationX";
                source = "wheelL";
                sourceAddress = "loop";
                selection = "wheel_1_1";
                axis = "wheel_1_1_axis";
                memory = 1;
                angle0 = 0;
                angle1 = "rad -360";
            };
        ...
    }

```

Docelowy wygląd robota przedstawia rycina 18.



Ryc. 18. Model robota [10]

Fig. 18. Model of robot [10]

Sterowanie modelem robota wirtualnego można realizować z wykorzystaniem klawiatury lub dodatkowego kontrolera.

Budowa modeli pojazdów na potrzeby środowiska symulacji wirtualnej wymaga uwzględnienia wielu aspektów, które umożliwią jego prawidłowe funkcjonowanie w trakcie symulacji. Postać graficzna obiektu jest tylko jednym z wielu aspektów, które należy zdefiniować w modelu. Ważne jest określenie sposobu działania oraz zachowanie podstawowych zasad fizyki w interakcji z innymi obiektami symulacyjnymi.

5. Podsumowanie

Zastosowanie symulatorów wirtualnych do szkolenia operatorów BPL stanowi alternatywę dla kosztownych

i obarczonych dużym ryzykiem ćwiczeń na rzeczywistym sprzęcie. Zastosowanie różnorodnych scenariuszy zaimplementowanych w środowisku symulacji wirtualnej umożliwia przeprowadzenie szerokiego zakresu ćwiczeń w tym takich, których w rzeczywistych warunkach ze względów bezpieczeństwa nie przeprowadza się.

Ze względu na zaimplementowane właściwości środowiska symulacyjnego VBS2 istnieje możliwość integracji prowadzonych ćwiczeń, gdzie symulator stanowiska operatora BPL jest elementem szerszego ćwiczenia, w których uczestniczą inne osoby ćwiczące w odpowiednio wyposażonej sali szkoleniowej.

Literatura

1. Kaczmarczyk A., Kacprzak M., A. Masłowski A., *Wielopoziomowy trening symulacyjny w szkoleniu operatorów urządzeń. Zastosowanie do szkolenia operatorów robotów mobilnych*, „Elektronika”, Issue 11, 2009, pp. 92-96.
2. Projekt Rozwojowy OR00004812 „Technologia zmniejszenia zagrożenia wywołanego niekontrolowanym uwalnianiem substancji niebezpiecznych”, CNBOP-PIB, 2013.
3. Projekt Rozwojowy w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka „Zintegrowany, mobilny system wspomagający działania antyterrorystyczne i antykrzysowe”, CNBOP-PIB, 2011.
4. Nastavlenie po tekhnicheskoy sluzhbe Ministerstva Rossiyskoy Federatsii delam grazhdanskoy oborony, chrezvychaynym situatsiyam i likvidatsii osledstviystikhiynykh bedstviy, 2010 g.
5. Ovsyanik A., Agliullin R., Shikhalev D., Starcev V., *Sovremennyye informatsionnyye tekhnologii dlya podgotovki spetsialistov v oblasti pozharnoy bezopasnosti*, „Pozhary i chrezvychajnye situatsii: predotvrashhenie, likvidatsiya” Issue 2, 2012, pp. 36-42.

6. Wantoch-Rekowski R. (red.), *Programowalne środowisko symulacji wirtualnej VBS2*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2013.
7. Roguski J., Wantoch-Rekowski R., Koszela J., A. Majka, *Koncepcja symulatora do szkolenia kierowców wozów bojowych PSP w zakresie zadań realizowanych w ramach krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego*, BiTP, Vol. 28 Issue 4, 2012, pp. 71-81.
8. Koszela J., Drozdowski T., Wantoch-Rekowski R., *Przygotowanie danych terenowych na potrzeby symulacji wielorozdzielczej*, „Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe”, Vol. 31 Issue 3, 2012, pp. 109-118.
9. Koszela J., Wróblewski P., Szymańska A., Wantoch-Rekowski R., *Projekt i implementacja mechanizmów sztucznej inteligencji w środowisku symulacyjnym VBS2*, „Szybkobieżne Pojazdy Gąsienicowe”, Vol. 31 Issue 3, 2012, pp. 119-132.
10. Instalacja VBS2 VTK 2.0
11. Raport końcowy projektu pt. „Opracowanie nowoczesnych stanowisk szkoleniowych zwiększających skuteczność działań ratowników KSRG”. Numer projektu O ROB 0001 01/ID 1/3 finansowany ze środków Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (lata realizacji 2011-2013).
12. Wantoch-Rekowski R., Najgebauer A., Antkiewicz R., Koszela J., Kasprzyk R., Kulas W., Pierzchała D., Rulka J., Tarapata Z., Drozdowski T., *Projektowanie trenażerów z wykorzystaniem symulatorów wirtualnych*, [w:] *Problemy modelowania i projektowania opartych na wiedzy systemów informatycznych na potrzeby bezpieczeństwa narodowego*, Nowicki T., Tarapata Z. (red. nauk.), Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2014.

dr inż. Jacek Roguski – jest adiunktem w Zespole Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Pożarowych CNBOP-PIB. Naukowo i praktycznie zajmuje się aspektami związanymi z zagadnieniami ochrony osobistych, instalacji gaśni-

czych oraz problemami eksploatacji urządzeń technicznych. Jest autorem i współautorem szeregu artykułów i monografii oraz wystąpień na konferencjach krajowych i zagranicznych.

dr inż. Roman Wantoch-Rekowski – od roku 1992 jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Wydziału Cybernetyki Wojskowej Akademii Technicznej. Jest członkiem Zespołu Badawczego Modelowania, Symulacji i Informatycznego Wspomagania Decyzji w Sytuacjach Konfliktowych i Kryzysowych. Był kierownikiem własnych prac badawczych z zakresu analiz właściwości sieci neuronowych, kierownikiem prac rozwojowych finansowanych ze środków NCBiR oraz prac badawczych zamawianych. Jest współautorem systemów symulacyjnych wdrożonych w Siłach Zbrojnych RP. Jest autorem lub współautorem 10 monografii, 26 rozdziałów w monografiach, ponad 30 referatów na konferencjach krajowych oraz ponad 40 na konferencjach zagranicznych, jest specjalistą w zakresie metod sztucznej inteligencji oraz zastosowania zaawansowanych systemów symulacyjnych do ćwiczeń wspomaganych komputerowo.

inż. Konrad Szumiec – jest specjalistą w zakresie budowy modeli wirtualnych wykorzystywanych w różnych środowiskach symulacji wirtualnej. Specjalizuje się w modelowaniu zaawansowanych pojazdów uwzględniających ich paraperty techniczne, taktyczne oraz bojowe z uwzględnieniem interakcji z innymi obiektami symulacyjnymi.

кандидат физ.-мат. наук **А.И. КИЦАК** / **A.I. KITSACK**, Ph.D.¹

А.П. ЛУЩИК / **A.P. LUSHCHIK**¹

Д.Л. ЕСИПОВИЧ / **D.L. YESIPOVICH**¹

И.В. КАВАЛЬЧУК / **I.V. KAVAL'CHUK**²

Przyjęty/Accepted/Принят: 14.04.2014;

Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 06.11.2014;

Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ СОВРЕМЕННЫХ ТОЧЕЧНЫХ ОПТИЧЕСКИХ ДЫМОВЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ^{3,4}

Improvement in the Operating Effectiveness of Modern Optical Point Smoke Detectors

Zwiększenie skuteczności pracy nowoczesnych optycznych punktowych czujek dymu

Аннотация

Цель: Точечные оптические дымовые извещатели, как известно, имеют ряд существенных недостатков. Основными из них являются: 1) зависимость чувствительности от средних размеров частиц различных дымов и направления регистрации излучения, рассеянного данными частицами; 2) зависимость времени реагирования от скорости конвективных потоков воздуха и конструктивных характеристик дымовой камеры извещателя. Перечисленные недостатки не характерны для линейных оптических дымовых извещателей, реакция на возгорания которых основана на контроле интенсивности проходящего (не рассеянного) через дым излучения. Целью работы является совершенствование оптической схемы лазерного точечного дымового извещателя, позволяющей применять одновременно, как традиционный для данных извещателей способ обнаружения пожара (по уровню интенсивности излучения, рассеянного частицами дыма), так и способом, применяемый в линейных дымовых извещателях.

Проект и методы: Для решения поставленной цели использован метод математического и экспериментального моделирования процессов переноса и регистрации световых пучков, через оптически-неоднородную среду типа дымовой аэрозоли.

Результаты: Изготовлен макет точечного двухканального лазерного дымового извещателя. Проведено исследование эффективности его функционирования. Основной исследуемой характеристикой макета извещателя являлась его пороговая чувствительность. Исследования проводились в дымовой проточной камере с поперечными размерами 500х500 мм². Оптическая плотность дыма в камере контролировалось блоком контроля задымленности. Для образования дыма использовались древесные опилки. Наименьшее среднее значение удельной оптической плотности дыма в испытательной камере, при котором зафиксировано стабильное отклонение значений сигналов, измеряемых в обоих каналах макета извещателя, от их средних значений в отсутствие дыма, равнялось 0,11 дБ/м. При этом оптическая плотность дыма, измеренная в канале регистрации рассеянного излучения макета извещателя, составила 0,065 дБ/м.

Выводы: Результаты исследования чувствительности усовершенствованного макета лазерного дымового извещателя подтвердили возможность ее повышения благодаря увеличению доли регистрируемого излучения, рассеянного на малые углы. Особая структура светового пучка в извещателе позволяет сформировать эффективный алгоритм обработки регистрируемых сигналов для улучшения помехоустойчивости извещателя.

Ключевые слова: точечный дымовой извещатель, линейный дымовой извещатель, лазерный источник, дым, чувствительность, фокусировка излучения

Вид статьи: оригинальная научная работа

¹ НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси; адрес: 220046, ул. Солтыса, 183а, Минск, Беларусь; kitsak48@mail.ru / Research Institute of Fire Safety and Emergencies (RIFSE) Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus;

² Закрытое акционерное общество «Запспецсервис»; 220040, ул. Максима Богдановича, 120, Минск, Беларусь / Private Company "Zapspectechservice", Republic of Belarus, Minsk;

³ Процентное соотношение участия в создании статьи / Percentage contribution: Kitsak A.I. – 50%, Lushchik A.P. – 15%, Yesipovich D.L. – 15%, Kaval'chuk A.B. – 20%;

⁴ Статью наградила Редакционный Совет / The article was recognised by the Editorial Committee;

Abstract

Aim: Optical point smoke detectors have a number of significant drawbacks. The foremost are: dependence on the sensitivity of average smoke particle size, of different smoke variety, detection of the smoke emission path, dispersed by given particles, and reaction lead time, determined by the speed of convective air flow and design characteristics of the smoke detector chamber. These drawbacks are absent in linear optical smoke detectors, where the reaction to a fire is determined by the control of flow intensity of transmitted rays (non-dispersed) from smoke emissions. The purpose of this research is to improve the optical design of laser smoke detectors by exploiting traditional fire detection methods (intensity level of rays dispersed by smoke particles), and techniques used by linear smoke detectors.

Methods: The project aim is realized with the aid of mathematical techniques and experimental modeling of energy transfer processes, by recording light beam expansion in an optically disparate environment, using aerosol smoke.

Results: A two-channel laser smoke detector model was produced and tested for effectiveness. The main focus of tests was on the sensor's sensitivity threshold. Tests were conducted in a flow through smoke chamber, with transverse dimensions of 500-500 mm². The optical smoke density in the channel was controlled by a smoke control block. Sawdust was applied to create smoke. The lowest average unit value of optical smoke density during tests revealed a stable deviation for measured signals in both channels of the sensor. During an absence of smoke the value was identified as 0.11 dB/m. The optical smoke density measurements in the testing chamber, for dispersed ray emissions of the test model, revealed a reading of 0.065 dB/m.

Conclusions: Sensitivity research results for the enhanced laser smoke detector confirmed the potential for improving reliability, by increasing the proportion of detected emissions dispersed at small angles. The special structure of the detector light beam allows for the creation of an effective algorithm used for processing of registered signals, thus improving the sensor's resistance to noise interference.

Keywords: optical point smoke detector, linear smoke detector, laser source, smoke, sensitivity, emission

Type of article: original scientific article

Abstrakt

Cel: Punktowe optyczne czujki dymu, jak wiadomo, mają wiele istotnych wad. Główne z nich to: 1) zależność czułości od średnich rozmiarów cząsteczek różnorodnych dymów i kierunku rejestrowania promieniowania, rozproszonego przez dane cząsteczki; 2) zależność czasu reakcji od prędkości strumieni konwekcyjnych powietrza i właściwości konstrukcyjnych komory dymowej czujki. Wymienione niedoskonałości nie dotyczą liniowych optycznych czujek dymu, których reakcja na rozgorzenie pożaru polega na kontroli intensywności przechodzącego (nierozproszonego) przez dym promieniowania. Celem pracy jest udoskonalenie optycznego schematu laserowej punktowej czujki dymu, pozwalającego na jednoczesne zastosowanie tradycyjnej metody wykrywania pożaru charakterystycznej dla czujek tego typu (stopień intensywności promieniowania rozproszonego przez cząsteczki dymu) oraz metody stosowanej w liniowych czujkach dymu.

Projekt i metody: Aby zrealizować ten cel, wykorzystano metodę matematycznego i eksperymentalnego modelowania procesu przenoszenia i rejestrowania wiązek świetlnych poprzez optycznie niejednorodne środowisko typu aerosol dymowy.

Wyniki: Przygotowano model punktowej dwukanałowej laserowej czujki dymu, na którym przeprowadzono badanie jej skuteczności. Podstawową badaną cechą modelu czujki była jej czułość progowa. Badania prowadzono w dymowej komorze przepływowej o rozmiarach poprzecznych 500 x 500 mm². Optyczna gęstość dymu w komorze była kontrolowana przez blok kontroli zadymienia. Do wytworzenia dymu zastosowano trociny. Najmniejsza średnia wartość jednostkowej optycznej gęstości dymu w komorze badawczej, przy której odnotowano stabilne odchylenie wartości sygnałów mierzonych w obu kanałach modelu czujki od ich średnich wartości przy braku dymu, wyniosła 0,11 dB/m. Przy tym optyczna gęstość dymu mierzona w kanale rejestrowania rozproszonego promieniowania modelu czujki wyniosła 0,065 dB/m.

Wnioski: Wyniki badania czułości udoskonalonego modelu laserowej dymowej czujki świadczą o możliwości poprawienia jej niezawodności poprzez zwiększenie udziału rejestrowanego promieniowania rozproszonego na małe kąty. Specjalna struktura wiązki świetlnej w czujce pozwala na sformułowanie skutecznego algorytmu przetwarzania rejestrowanych sygnałów w celu poprawy odporności czujki na zakłócenia.

Słowa kluczowe: punktowa czujka dymu, liniowa czujka dymu, źródło laserowe, dym, czułość, skupianie promieniowania

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

1. Введение

Наиболее эффективными средствами обнаружения пожара на ранней стадии его возникновения остаются оптические дымовые извещатели. К извещателям данного типа относятся точечные и линейные дымовые извещатели. Обнаружение возгорания данными извещателями осуществляется по эффектам рассеяния и поглощения частицами дыма излучением, проходящим через контролируемое пространство. Основным механизмом обнаружения возгорания точечными дымовыми извещателями является контроль интенсивности излучения, рассеянного частицами дыма.

В линейных извещателях – контроль одновременно интенсивности рассеянного и поглощаемого частицами дыма излучения. При этом процедура контроля точечными дымовыми извещателями заключается в оценке уровня роста интенсивности рассеянного частицами дыма излучения, а в линейных дымовых извещателях – в определении величины ослабления (вследствие рассеяния и поглощения) интенсивности прямопроходящего через дым излучения. Критерием обнаружения пожара точечными дымовыми извещателями является превышение интенсивности рассеянного излучения некоторого порогового значения. Линейными извещателями факт возгорания квалифи-

цируется как пожар при уменьшении интенсивности прямопрошедшего через дым излучения на заданную величину.

Известно, что дымы различной природы (различного характера происхождения) отличаются составом частиц продуктов горения, их концентрацией, размерами и температурой [1]. Соответственно они отличаются также оптическими свойствами, определяемыми данными частицами, такими как эффективность рассеяния, поглощения, а также индикатрисой рассеяния. Например, так называемые, «светлые» дымы (продукты тления хлопка, древесины) характеризуются высоким коэффициентом рассеяния и малым коэффициентом поглощения, а дымы, образующиеся при открытом горении пластика, изоляции кабеля и легко воспламеняющихся жидкостей („черные” дымы) наоборот имеют высокий коэффициент поглощения и низкий коэффициент рассеяния. Из изложенного следует, что точечные оптические дымовые извещатели, в основе работы которых лежит реакция на излучение, рассеянное частицами дыма, более чувствительны к «светлым» дымам, нежели к „черным”. Низкая чувствительность точечных дымовых извещателей к „черным” дымам может приводить к несвоевременному обнаружению возгораний [2]. Поскольку данные извещатели наиболее часто применяются для защиты жилых помещений, потеря драгоценного времени может стоить потери человеческих жизней и больших материальных ценностей. В то же время линейные дымовые извещатели, которые обнаруживают появление дыма по интегральному ослаблению излучения в результате, как рассеяния, так и поглощения его частицами дыма, имеют более однородную чувствительность к различным дымам. В настоящее время они используются в основном для защиты помещений с высокими потолками и большой площади. Несмотря на высокую надежность применяемого в линейных дымовых извещателях алгоритма обнаружения пожара, он не нашел широкой реализации в точечных дымовых пожарных извещателях. Очевидно, основной причиной препятствующей применению его для защиты от пожара помещений небольшой площади является техническая трудность достижения при традиционно используемой элементной базе высокой чувствительности извещателя при малой протяженности контролируемой области пространства (сравнимой с поперечными размерами точечного извещателя). Под традиционной элементной базой понимается, прежде всего, светодиодный источник излучения, применяемый в основном, как в линейных, так и точечных извещателях. Достаточно большая расходимость излучения такого источника не позволяет при малом оптическом пути эффективно отделить излучение, рассеянное частицами дыма на малые углы, от нерассеянного излучения. Поэтому большая часть излучения, рассеянного частицами дыма на малые углы, регистрируется приемником извещателя и снижает его чувствительность. В связи с этим многие производители ограничивают область эффективного действия линейных извещателей мини-

мальной протяженностью защищаемого пространства ~ 6 - 8 м. Однако имеется возможность существенного уменьшения размеров эффективно защищаемого пространства применением в качестве источника излучения извещателя полупроводникового лазера. Излучение такого источника обладает высокой направленностью и, следовательно, имеет очень узкий угловой спектр. Данное обстоятельство позволяет надежно отделить на малых расстояниях излучение источника от излучения, рассеянного частицами дыма, используя технику пространственной фильтрации.

Ранее в работах [3-4] была продемонстрирована эффективность работы современных оптических дымовых извещателей на основе применения лазерного источника излучения и техники оптической обработки информации.

Целью настоящей работы является дальнейшее совершенствование оптической схемы лазерного точечного оптического дымового извещателя, использующего для обнаружения пожара одновременно принципы детектирования дыма классического точечного и линейного дымовых извещателей.

2. Управление чувствительностью линейного оптического дымового извещателя

Применение лазерных источников излучения в линейных извещателях позволяет повысить их чувствительности не только благодаря возможности проведения эффективной фильтрации рассеянного излучения, но и вследствие достижения более высокой плотности мощности излучения. Покажем данную перспективу. Чувствительность линейного дымового извещателя определяется значением наименьшей оптической плотности аэрозоля дыма, при которой извещателем выдается из шумов сигнал об обнаружении дыма. Чем меньше это значение, тем выше чувствительность извещателя. Оптическая плотность неоднородной среды (например, дыма) определяется степенью уменьшения интенсивности параллельного монохроматического пучка излучения, прошедшего через заданный отрезок оптического пути в среде. Уменьшение интенсивности излучения происходит вследствие поглощения и рассеяния части излучения частицами дыма. Для светового пучка с длиной волны вдали от резонансной частоты поглощения неоднородной среды данный процесс описывается законом Бугера-Ламберта [5]. Математически он выражается соотношением

$$I = I_0 \exp(-kl), \quad (1)$$

где I – интенсивность прошедшего через неоднородную среду излучения, I_0 – интенсивность падающего на среду излучения, k – показатель ослабления излучения, l – протяженность оптического пути светового пучка в неоднородной среде.

Показатель ослабления излучения складывается из концентрационных коэффициентов поглощения и рассеяния излучения, т. е.

$$k = k_{\text{погл.}} + k_{\text{расс.}} \quad (2)$$

Здесь $k_{\text{погл.}} = C_{\text{погл.}} \sigma_{\text{погл.}}$, $k_{\text{расс.}} = C_{\text{расс.}} \sigma_{\text{расс.}}$, где $C_{\text{погл.}}$ и $C_{\text{расс.}}$ – концентрации поглощающих и рассеивающих частиц дыма соответственно; $\sigma_{\text{погл.}}$ и $\sigma_{\text{расс.}}$ – сечения поглощения и рассеяния частиц дыма соответственно (эффективность поглощения или рассеяния излучения частицей дыма).

Из соотношения (1) следует, что доля ослабления интенсивности излучения $\Delta I = I_0 - I$, прошедшего через неоднородную среду, равна

$$\Delta I = I_0 (1 - \exp(-kl)), \quad (3)$$

т. е. она тем больше, чем больше: интенсивность излучения, падающего на неоднородную среду I_0 , длина слоя l и коэффициент ослабления среды k , т.е. коэффициент поглощения и коэффициент рассеяния излучения. Именно величина ΔI определяет уровень порогового сигнала (чувствительность извещателя), при котором происходит активация извещателя. Анализ выражения (3) показывает, что при фиксированном значении l и заданном пороге срабатывания извещатель может обнаружить меньшую концентрацию дыма (меньшее значение k) в результате повышения интенсивности зондирующего пучка I_0 . Таким образом, управляя интенсивностью излучения источника извещателя, можно менять чувствительность извещателя при фиксированном значении длины его базы. При этом должен обеспечиваться линейный режим работы приемника излучения извещателя.

Оценим соотношение интенсивностей излучений источников двух извещателей с различными значениями длин их баз (различными протяженностями контролируемых зон), при котором должна обеспечиваться одинаковая чувствительность извещателей. Считая, что интенсивности излучений, регистрируемые приемниками извещателей, подчинятся выражению (1), а показатель ослабления излучения дымовой среды однороден и одинаков для обоих извещателей, используя выражение (3), составим равенство

$$I_1 (1 - \exp(-kl_1)) = I_2 (1 - \exp(-kl_2)) \quad (4)$$

где I_1 , l_1 и I_2 , l_2 – интенсивность и длина защищаемой зоны первого и второго извещателей соответственно. Для плотности дыма, при котором kl_1 , $kl_2 \ll 1$, выражение (4) преобразуется к виду

$$\frac{I_1}{I_2} \cong \frac{l_2}{l_1} \quad (5)$$

Из соотношения (5) следует приближенно, что для обеспечения одинаковой чувствительности извещателей при различных длинах защищаемых зон интенсивности их излучателей должны соотноситься обратно пропорционально длинам защищаемых зон. Т.е., чем меньше длина защищаемой зоны линейного извещателя, тем больше должна быть интенсивность излучения его источника для того, чтобы обеспечить такой же уровень активации извещателя, как и при большей длине защищаемой зоны. Поскольку интенсивность излучения представляет собой мощность светового поля, переносимую через единичную площадку, перпендикулярную к направлению распространения поля, можно сказать, что чем меньше защищаемая зона линейного извещателя, тем больше должна быть плотность мощности излучения его источника, чтобы можно было обнаруживать малые концентрации частиц дыма. Высокие плотности мощности излучения могут обеспечить лазерные излучатели при фокусировки излучения на площадку с поперечными размерами, равными нескольким десяткам микрометров или менее.

3. Структура оптической схемы точечного лазерного дымового извещателя

На рисунке 1 изображена усовершенствованная по сравнению с ранее рассмотренной в работах [3-4] оптическая схема лазерного дымового извещателя.

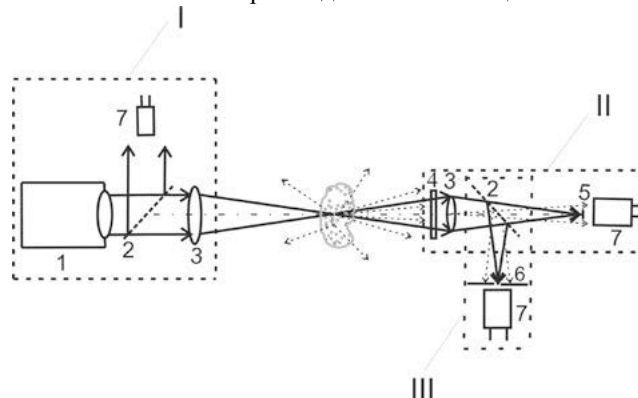


Рис. 1. Оптическая схема лазерного дымового извещателя
I – модуль источника излучения, II – модуль регистрации прямопроходящего излучения, III – модуль регистрации рассеянного излучения

Fig. 1. Optical scheme of laser smoke detector
I – radiation source module, II – dispersed radiation registration module,

III – transmitted radiation registration module

Схема включает модуль источника и два модуля регистрации излучения. Модуль источника состоит из лазера 1, генерирующего излучение с малой угловой расходимостью, прозрачной пластинки 2, отражающей часть излучения на опорный приемник 7, самого опорного приемника 7 и линзы 3, фокусирующей излучение лазера в объем дымовой камеры. Модули регистрации излучения включают оптический фильтр 4 с максимумом пропускания на длине волны излучения источника, собирающую линзу 3, форми-

рующую изображения пятна фокусировки излучения с увеличением, равным 1, в плоскостях вблизи светочувствительных площадок сигнальных приемников 7, прозрачную пластинку 2 для деления излучения, собираемого линзой 3, на две части. Одна из них, отклоненная пластинкой 2, используется для выделения с помощью узкой диафрагмы 5 прямопроходящего через задымленную среду излучения, а другая, прошедшая через пластинку 4, формирует канал регистрации излучения, рассеянного частицами дыма. Отделение рассеянного излучения от прямопрошедшего через дым осуществляется блокировкой последнего непрозрачным экраном 6, установленным в плоскости изображения пятна фокусировки. Модуль источника совместно с модулем регистрации прямопроходящего излучения составляют собственно оптическую схему линейного дымового извещателя. Модуль источника совместно с модулем регистрации рассеянного излучения формируют оптическую схему традиционного точечного дымового извещателя. Достоинством представленной оптической схемы лазерного извещателя является упрощение его конструкции (сокращение числа оптических элементов) и, главное, повышение чувствительности канала регистрации рассеянного излучения. Такая возможность появляется благодаря эффективному сбору приемной фокусирующей оптикой (линзой 3), расположенной на оптической оси канала источника излучения, света, рассеянного частицами дыма на малые углы. Доля этого света максимальна для большинства горючих материалов.

4. Принцип обнаружения возгорания лазерным дымовым извещателем с модернизированной оптической схемой

Излучение полупроводникового лазера 1 направляется на прозрачную пластинку 2 и положительную линзу 3 модуля источника излучения. Часть излучения, отраженная пластинкой, регистрируется опорным приемником 5, контролирующим мощность исходного излучения лазера. Излучение, прошедшее через пластинку 2, фокусируется линзой 3 в объем дымовой камеры. Исходящее из пятна фокусировки излучение, пройдя через светофильтр 4, попадает на линзу 3 модуля регистрации излучения. Линза 3 совместно с прозрачной пластинкой 2 формирует два идентичных изображения пятна фокусировки в масштабе $\sim 1:1$ в плоскостях светочувствительных площадок приемников излучения 7. Изображение пятна, образованное лучами прошедшим через пластинку, блокируется непрозрачным экраном 6 с диаметром, несколько превышающим диаметр самого пятна. Второе изображение, пропускается через отверстие диафрагмы 5 на светочувствительную площадку приемника 7. Диаметр отверстия диафрагмы подбирается, примерно, равным диаметру пятна фокусировки в отсутствие дыма. Диафрагма позиционируется относительно положения пятна фокусировки таким образом, чтобы через ее отверстие проходило не менее

85% интенсивности излучения лазера. В отсутствие дыма излучение лазерного источника попадает только на опорный приемник 7 и сигнальный приемник 7 блока регистрации прямопроходящего излучения. По сигналам, формируемым опорным приемником, осуществляются контроль мощности излучения лазерного источника. Сигнальным приемником контролируется интенсивность излучения, проходящего через дымовую камеру. При появлении дыма часть излучения источника рассеивается частицами дыма в сторону линзы 3 модуля регистрации излучения. При этом, большая интенсивность рассеянного излучения поступает из области пятна фокусировки дымовой камеры, где плотность мощности излучения источника повышенная. Рассеянное излучение, прошедшее через прозрачную пластинку 2, беспрепятственно попадает на приемник излучения 7 и регистрируется им. Величина регистрируемого сигнала растет с увеличением плотности дыма. Рассеянное излучение, отраженное пластинкой 2, практически полностью блокируется экраном 5 и не попадает на приемник излучения, расположенным за ним. Данным приемником, как видно из рис.1, регистрируется только излучение не рассеянное на частицах дыма. Причем, с увеличением плотности дыма происходит уменьшение регистрируемого сигнала. Сигналы, поступающие из каналов регистрации рассеянного и прямопроходящего излучений, поступают в блок обработки. При достижении определенного соотношения уровней сигналов на выходе его формируется сигнал «Пожар».

Для исследования функциональных характеристик предложенной конструкции двухканального дымового извещателя был собран его макет. Модуль источника излучения макета состоял из полупроводникового лазера МЛ126-0660-ЛД7 с драйвером стабилизации и модуляции мощности излучения и собирающей линзы. Лазер генерировал излучение с длиной волны $\lambda = 660$ нм и расходимостью $\sim 0,3$ мрад. Средняя мощность излучения составляла ~ 3 мВт. Собирающая линза имела апертуру, равную 16 мм, и фокусное расстояние $f = 26$ мм. Излучение лазера фокусировалось данной линзой в пятно размером ~ 200 мкм. Модуль регистрации прямопроходящего излучения включал собирающую линзу с апертурой ~ 14 мм и фокусным расстоянием $f = 13$ мм, прозрачную пластинку из оптического стекла, диафрагму с отверстием диаметром ~ 200 мкм и приемник излучения ФД 265А. Напряжение питания фотоприемника равнялось 4 В. Площадь его светочувствительной площадки составляла ~ 3 мм². Максимум спектральной чувствительности приходился на 800 нм. Фотоприемник включался в цепь усилителя фототока. В модуле регистрации рассеянного излучения использовалась та же собирающая линза, что и в модуле регистрации прямопроходящего излучения. Дополнительно в нем использовался непрозрачный экран, изготовленный из зачерненной стальной проволоки диаметром 0,5 мм и приемник излучения ФД 263-01. Напряжение питания фотоприемника равнялось 4 В. Площадь его светочувствительной площадки составляла ~ 10 мм².

Максимум спектральной чувствительности ~ 800 нм. Приемник излучения подключался к входу усилителя напряжения. Макет включал также модуль цифровой обработки и индикации сигналов. Он был собран на основе 8-битного микроконтроллера PIC16F876A и жидкокристаллического индикатора SC0802A с двумя 8-разрядными регистрами данных и команд. Микроконтроллер использовался для модуляции интенсивности лазерного излучения, оцифровки сигналов с фотоприемников регистрации прямопроходящего и рассеянного частицами дыма излучения, выполнения математических операций над данными сигналами, запоминания их и вывода на жидкокристаллический индикатор результатов измерений. Данные измерений выражались в единицах оптической плотности среды, либо в электрических единицах, пропорциональных мощности регистрируемых излучений.

5. Результаты экспериментов

Основной исследуемой характеристикой макета извещателя, как и в работах [3-4], являлась его пороговая чувствительность.

Для определения чувствительности макета использовался дымовой испытательный канал с поперечными размерами 500×500 мм². Оптическая плотность дыма в канале контролировалось блоком контроля задымленности. Диапазон откалиброванных значений измеряемой удельной оптической плотности среды в канале составляет 0,02-0,7 дБ/м. Перед определением пороговой чувствительности извещателя дымовой канал проветривался принудительной вентиляцией в течение 30 мин. Макет извещателя помещался внутрь камеры. Осуществлялась его калибровка. Она заключалась в запоминании в регистре памяти микроконтроллера средних значений сигналов на выходе усилителей каналов извещателя в отсутствие дыма. При этом измеряемые значения сигналов для канала регистрации прямопроходящего излучения визуализировались на экране жидкокристаллического индикатора в единицах дБ, а для канала регистрации рассеянного излучения в единицах дБ/м. Затем в дымовом канале формировалось задымление с применением древесных опилок. Степень задымления оценивалась одновременно по показаниям измерителя удельной оптической плотности дыма дымового канала и значениям сигналов, отображаемых на экране жидкокристаллического индикатора макета извещателя. Наименьшее среднее значение удельной оптической плотности дыма в испытательном канале, при котором зафиксировано стабильное отклонение значений сигналов, измеряемых в обоих каналах макета извещателя, от их средних значений, зарегистрированных при калибровке в отсутствие дыма, как и в предыдущих работах, равнялось 0,11 дБ/м. При этом средняя оптическая плотность дыма, при которой отмечалась уверенная реакция канала регистрации рассеянного излучения, как и ожидалось, уменьшилась и равнялась 0,065 дБ/м. Повышение чувствительности данного канала обусловлено увеличением

доли регистрируемого рассеянного излучения в собранной оптической схеме макета извещателя.

6. Заключение

Предложена структура оптической схемы лазерного извещателя, позволяющая упростить его конструкцию и одновременно повысить чувствительность и надежность обнаружения возгорания благодаря эффективной регистрации доли излучения, рассеянного на малые углы.

Литература

1. Neplokhov I.G., *Razvitiye dymovykh pozharnykh izveshchateley*, „Grani bezopasnosti” Issue 5, 2008, pp. 22-25.
2. Neplokhov I.G., *Lineynyye dymovyye pozharnyye izveshchateli*, „Grani bezopasnosti” Issue 33, 2006, pp. 42-46.
3. Kitsak A.I., *Dvukhkanal'nyy opticheskiy dymovoy izveshchatel*, „Doklady BGUIR” Vol. 84 Issue 6, 2014, pp. 101-103.
4. Kitsak A.I., Luschik A.P., Yesipovich D.L., Kavalchuk I.V., *Sovershenstvovaniye mekhanizma obnaruzheniya vozgoraniya sovremennykh tochechnykh dymovykh izveshchateley*, „Chrezvychaynyye situatsii: preduprezhdeniye i likvidatsiya” Vol. 35, Issue 3, 2014, pp. 86-95.
5. Landsberg G.S., *Optika*, Nauka, Moscow 1976, p. 600.

Кицак Анатолий Ильич – ведущий научный сотрудник отдела исследований автоматических средств обнаружения и ликвидации чрезвычайных ситуаций НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, кандидат физико-математических наук. Область интересов: физическая оптика, лазерная физика, когерентная и нелинейная оптика, радиофизика, электромагнитная совместимость. Автор (соавтор) около 50 научных работ и 8 изобретений.

Лущик Анатолий Петрович – полковник внутренней службы, начальник Центра испытаний НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси. Область интересов: теплофизика, термодинамика, автоматизация систем противопожарной защиты. Автор (соавтор) более 30 научных работ.

Есипович Дмитрий Леонидович – подполковник внутренней службы, начальник отдела организации обеспечения испытаний НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси. Область интересов: пожарная автоматика, цифровая обработка сигналов. Автор (соавтор) более 30 научных работ и 4 изобретений.

Кавальчук Иван Владимирович – главный конструктор закрытого акционерного общества «Запспецтехсервис». Область интересов: цифровая обработка сигналов, программирование. Автор (соавтор) более 10 научных работ.

dr inż. **Andrzej ZBROWSKI¹****Przyjęty/Accepted/Принят:** 29.04.2014;**Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована:** 14.11.2014;**Opublikowany/Published/Опубликована:** 31.12.2014;

KOLIZJE STATKÓW POWIETRZNYCH Z PTAKAMI ROSNAJĄCYM ZAGROŻENIEM TRANSPORTU LOTNICZEGO

Bird Impact – a Growing Threat for Aviation

Столкновения воздушных судов с птицами – растущая угроза для авиатранспорта

Abstrakt

Cel: Identyfikacja zagrożeń związanych z następstwami kolizji statków powietrznych z ptakami oraz przedstawienie konsekwencji wypadków w wymiarze społecznym i finansowym.

Wprowadzenie: Zderzenia środków transportu powietrznego z małymi obiektami stanowią poważny problem dotyczący bezpieczeństwa pasażerów, ładunków i urządzeń technicznych. Wśród tego typu zdarzeń dominują zajścia z udziałem ptaków. W artykule przedstawiono zagrożenia, jakie w lotnictwie stwarzają kolizje statków powietrznych z ptakami oraz innymi obiektami, które przypadkowo mogą zostać uderzone przez szybko poruszający się samolot znajdujący się w powietrzu lub na pasie startowym.

Metodologia: Zjawisko znane jako *Foreign Object Damage* przedstawiono w ujęciu historycznym ze szczególnym podkreśleniem trendów i tendencji kształtujących się we współczesnych realiach technicznych, przyrodniczych i organizacyjnych. W prezentowanej pracy przeprowadzono analizę przyczyn zwiększających prawdopodobieństwo zdarzeń zakończonych uderzeniem ptaka w elementy struktury statku powietrznego. Omówiono zagadnienia o dużym ryzyku wypadkowym związane ze wzrostem natężenia ruchu lotniczego i przystosowaniem ptaków do warunków środowiskowych panujących wokół lotnisk. Przedstawiono informacje dotyczące liczby kolizji oraz ich związku ze zidentyfikowanymi przyczynami. Analizę przeprowadzono dla danych dotyczących lotnictwa cywilnego oraz lotnictwa wojskowego ze szczególnym uwzględnieniem informacji pochodzących z USA i Wielkiej Brytanii. Przedstawiono metody ograniczania ryzyka wystąpienia kolizji statku powietrznego z ptakiem. Omówiono skuteczność i efektywność ekonomiczną działań podejmowanych w celu zarządzania środowiskiem naturalnym na terenach lotnisk. Podkreślono rolę, jaką w ograniczaniu ryzyka pełnią międzynarodowe przepisy definiujące minimalne normy, wymagania i procedury regulujące zasady projektowania, produkcji, obsługi technicznej, użytkowania sprzętu lotniczego oraz licencjonowania personelu.

Wnioski: Kolizje statków powietrznych z ptakami są problemem globalnym i dotyczą wszystkich podmiotów związanych z lotnictwem. Sformułowano tezę, że największy potencjał w długofalowych działaniach zmierzających do zmniejszenia zagrożenia wynikającego z kolizji statku powietrznego z ptakiem tkwi w rozwoju bezpiecznych konstrukcji płatowców i silników rozpraszających oraz pochłaniających energię uderzenia oraz wspomagających podejmowanie decyzji przez personel naziemny i załogi statków powietrznych naziemnych i pokładowych systemów umożliwiających monitoring i predykcję ptasich zachowań.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo lotów, samoloty, koszty, ptaki, zderzenia

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Abstract

Aim: Identification of risks following collisions between aircraft and birds, and exposure of socio-economic consequences after such incidents.

Introduction: Aircraft collisions, with small objects, present a serious problem in connection with the safety of passengers, cargo and technical equipment. Most common incidents involve collisions with birds. This article presents emerging hazards caused by birds and other small objects, which collide with fast moving aircraft in the air or on the runway.

Methodology: Incidents known as “Foreign Object Damage” are illustrated historically with a particular emphasis on emerging trends found in current technical, environmental and organisational circumstances. The author analysed causes leading to the increased probability of bird collisions with aircraft and examined issues associated with the high risk of accidents aligned with an increase in air traffic volume and bird acclimatisation to prevailing environments in the vicinity of airports. The article contains data about frequency

¹ Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, ul. K. Pułaskiego 6/10, 26-600 Radom, andrzej.zbrowski@itee.radom.pl / Institute for Sustainable Technologies – National Research Institute, Radom, Poland;

of collisions and associated causes. An analysis was performed on data in respect of civil as well as military aviation, with a particular emphasis placed on information derived from USA and Great Britain. The author described approaches to minimise the risk of collision between aircraft and birds, and discussed the economical effectiveness of actions undertaken to manage the environment surrounding airports. The article highlights the role performed by international provisions covering risk mitigation, which define minimum norms, requirements and procedures regulating aircraft design, manufacturing processes, technical support, equipment use and awarding of licences to staff.

Conclusions: The collision of aircraft with birds is a global problem and involves all elements associated with aviation. The author advanced an argument that the greatest potential for long-term efforts to reduce the risk of collisions between aircraft and birds lies in the design of safe airframe structures and engines which disperse as well as absorb energy created by the impact. This, accompanied by the development of ground-based and aircraft systems which, facilitate monitoring and prediction of bird behaviour, will assist ground personnel and air crew in decision-making.

Keywords: aircraft safety, aircraft, costs, birds, collision

Type of article: review article

Аннотация

Цель: Определение угроз, связанных с последствиями столкновений воздушных судов с птицами, а также представление социальных и финансовых последствий таких происшествий.

Введение: Столкновения воздушных транспортных средств с малыми объектами являются серьёзной проблемой, которая касается безопасности пассажиров, грузов и технических приборов. Среди случаев такого типа преобладают происшествия с участием птиц. В статье представлены угрозы, которые в авиации вызывают столкновения воздушных судов с птицами и другими объектами, с которыми случайно может столкнуться быстро движущийся самолёт, находящийся в воздухе или на взлётной полосе.

Методология: Явление, известное как *Foreign Object Damage*, представлено в историческом понятии с акцентом на новые тренды и тенденции, которые образуются в современных технических, природных и организационных реалиях. В представленной работе был проведен анализ причин, повышающих вероятность событий, влияющих на возможный удар птицы в элементы конструкции воздушного судна. Рассмотрены также вопросы, указывающие на большой риск столкновения, связанные с увеличением воздушных перевозок и адаптацией птиц к условиям окружающей среды вокруг аэропортов. В статье представлена информация, касающаяся числа столкновений и их взаимосвязи с определёнными причинами. Анализ был проведен для данных, касающихся гражданской и военной авиации, с особым вниманием к информации, полученной из США и Великобритании. Представлены методы ограничения риска возникновения столкновения воздушного судна с птицей. Рассмотрена надёжность и экономическая эффективность действий, которые проводятся с целью управления окружающей средой на территории аэропортов. Было подчеркнуто, какую роль в ограничении риска выполняют международные законы, устанавливающие минимальные нормы, требования и процедуры, регулирующие принципы проектирования, производства, технического обслуживания и использования авиационного оборудования, а также лицензирования персонала.

Выводы: В статье указано, что столкновения воздушных судов с птицами являются глобальной проблемой и касаются всех субъектов, связанных с авиацией. Констатирован факт, что самый большой потенциал в долгосрочных действиях, направленных на снижение угрозы столкновения с птицей – это развитие безопасных конструкций фюзеляжей и двигателей, рассеивающих и поглощающих энергию удара, а также наземных и бортовых систем, позволяющих проводить мониторинг и прогнозировать поведение птиц, помогая наземному персоналу и экипажу воздушного судна в принятии решений.

Ключевые слова: безопасность полётов, самолёты, расходы, птицы, столкновения,

Вид статьи: обзорная статья

1. Wstęp

Kolizje statków powietrznych z ptakami towarzyszą rozwojowi awiacji od momentu pierwszych lotów ostatecznie zatwierdzających obecne status quo związane z podziałem przestrzeni powietrznej pomiędzy ptaki i sztuczne załogowe lub bezzałogowe maszyny latające o napędzie wymuszonym. Pierwszy wypadek został odnotowany już przez braci Wright 7 września 1905 r. w czasie prób jedyne w owym czasie prototypu samolotu o charakterze użytkowym Flyer III [1]. Podczas wykonywania lotu kołowego maszyna pilotowana przez Orville'a Wrighta wleciała w klucz ptaków, zabijając jednego z nich. W rezultacie uderzenia uszkodzeniu uległ element układu sterowania znajdujący się na górnym płacie maszyny. Pierwszy tragiczny wypadek będący następstwem kolizji z mewą wydarzył się w 1912 r. na Long Beach w Kalifornii, w którym podczas lotu pokazowego samolotu Wright Model B – Pusher zginął amerykański pionier awiacji, pilot Cal Rodgers [2]. Od tego czasu obecność

maszyn latających w powietrzu stała się elementem życia codziennego i stanowi nieustanne źródło problemów wynikających z ingerencji człowieka w naturalne ptasie środowisko.

2. Przyczyny kolizji

Zderzenia z ptakami, popularnie określane w języku angielskim jako *bird strike*, stanowią główny, ale nie jedyny problem związany z kolizjami statków powietrznych. Zewnętrzne struktury samolotu są narażone także na uderzenia twardych odłamków pasa startowego, gumowych odłamków opon oraz zderzenia z mniejszymi lub większymi zwierzętami lądowymi. Jednak te zagrożenia w odróżnieniu od ptaków występują tylko w czasie ruchu samolotu po pasie startowym. Nie bez znaczenia są także zjawiska atmosferyczne wywołujące niebezpieczeństwo zarówno w czasie startu, jak i lotu. Uderzenia gradu, który może osiągać wielkość piłek golfowych, powodują uszkodzenia bezpośrednio zagrażające integral-

ności struktury statku, często kończące się jego całkowitym zniszczeniem.

Ze względu na różnorodność przyczyn zderzeniowych, w których uderzenie ciała obcego powoduje uszkodzenie konstrukcji samolotu, mają one wspólną nazwę w języku angielskim: *FOD – Foreign Object Damage*. Pomimo występującego zróżnicowania przyczyn kolizji, znaczący procent, czyli ok. 90% tego typu uszkodzeń samolotów, bezpośrednio powodują ptaki [3],[4].

Obecnie wszystkie dostępne wyniki badań wskazują, że zagrożenie spowodowane ptakami stale wzrasta w związku z trzema zasadniczymi powodami.

Pierwotne przyczyny tkwią w globalizacji, której jednym z rezultatów jest nieustannie zwiększające się natężenie ruchu powietrznego [5]. Potwierdza to liczba lotów, która tylko na terenie USA wzrosła z 18 mln w 1980 r. do 28 mln w roku 2008. Dodatkowo amerykańska *Federal Aviation Administration* (FAA) przewiduje, że w roku 2025 liczba lotów tylko w ruchu cywilnym osiągnie poziom 35 mln startów [6].

Drugą przyczyną jest gwałtowny w ostatniej dekadzie wzrost ptasiej populacji spowodowany szybką adaptacją dzikich ptaków do warunków życia w terenie zurbanizowanym, w tym także w okolicach lotnisk. Od roku 1980 do 2007 populacja gęsi kanadyjskiej na terenie USA i Kanady wzrosła z jednego do czterech milionów. Podobna sytuacja występuje w przypadku mew [7, 8]. Dzikie ptaki zmodyfikowały swoje zachowania i tolerują zarówno obecność człowieka, jak i urządzeń technicznych. Z tego powodu bardzo ciężko jest wyeliminować ich obecność w otoczeniu lotnisk. Są to miejsca najbardziej niebezpieczne, ponieważ największe prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji samolotu z ptakiem zachodzi podczas startu i lądowania zwłaszcza wczesnym rankiem i późnym popołudniem [9]. Statystycznie 72% zderzeń ma miejsce blisko ziemi na wysokości poniżej 170 m, 87% jest efektem kolizji na wysokości poniżej 600 m, zaś 92% to zajścia poniżej 1000 m.

Nieco więcej kolizji jest odnotowywanych podczas lądowania niż podczas startu – prawdopodobnie dlatego, że podczas tego manewru samolot emituje mniej hałasu [10]. Jednak to właśnie podczas startu zaraz po oderwaniu występuje najbardziej niebezpieczny moment lotu, w którym gwałtowna utrata mocy spowodowana kolizją lub zassaniem ptaka do silnika może spowodować katastrofę. Chociaż wypadki na niskich wysokościach zaistniałe w okolicach lotnisk należą do najczęstszych, to najbardziej katastrofalne w skutkach są kolizje z dużymi ptakami na dużych wysokościach daleko od lotnisk. W tych przypadkach energia uderzenia wywoływana masą ptaka, dużą rejsową prędkością samolotu oraz brakiem możliwości szybkiego lądowania niemal zawsze powoduje ogromne zniszczenia w strukturze płatowca i w konsekwencji prowadzi do nieuchronnej utraty samolotu i ofiar śmiertelnych.

Trzecią przyczyną paradoksalnie powodującą wzrost prawdopodobieństwa kolizji samolotów z ptakami jest postęp techniczny w konstrukcji samolotów. Wprowadzenie samolotów o napędzie odrzutowym szczególnie wpłynęło na pogorszenie wskaźników bezpieczeństwa, gdyż

kolizje z ptakami są niezwykle groźne dla tego rodzaju jednostek napędowych. Najczęściej dochodzi do mechanicznego uszkodzenia łopatek sprężarki, czy też łopatek wentylatora [11]. Współczesne samoloty są znacznie cichsze od swoich poprzedników i w większości mają jedynie dwa silniki. Dzięki nowoczesnym konstrukcjom płatowca i silników zarówno człowiek, jak i ptaki oraz inne zwierzęta lądowe obecnie znacznie słabiej słyszą zbliżający się samolot. Charakterystyczna dla nowoczesnych konstrukcji mniejsza liczba silników to większe prawdopodobieństwo całkowitej utraty mocy w wyniku uszkodzenia przez *FOD* ruchomych elementów zespołu napędowego. Ze względu na mniejszą liczbę silników współczesne samoloty są bardziej wrażliwe na tego rodzaju zagrożenia niż ich wielosilnikowe starsze odpowiedniki. Nowoczesne silniki odrzutowe są znacznie bardziej efektywne niż konstrukcje pochodzące z trzech ostatnich dekad XX w. Cechą charakterystyczną nowych rozwiązań są znacznie większe wloty powietrza, co powoduje, że ich czołowa powierzchnia jest bardziej podatna na ptasią ekspozycję lub inne rodzaje ciał obcych. Średnica wentylatora w niektórych konstrukcjach, takich jak silnik GE 90-92B osiąga wartość 3,4 metra [12]. Dla dwuprzepływowych wentylatorowych silników odrzutowych stosowanych w samolotach pasażerskich i transportowych, odporność na zderzenia z ptakami związana jest głównie z wytrzymałością łopatek wentylatora. W samolotach wojskowych, których silniki są zabudowane w kadłubie, istotne jest prawidłowe uformowanie kanału dolotowego. Ptak może wytracić znaczną część swojej energii poprzez zderzenia ze ścianami tego kanału ze względu na skomplikowany kształt osi kanału i jego przekrojów poprzecznych [13],[14].

Także zamocowanie silników ma wpływ na poziom zagrożenia ze strony ptaków. Zebrane dane wskazują, że silniki zamocowane na ogonie (np. w samolotach DC-10, MD-11) charakteryzują się nieco mniejszym narażeniem niż silniki znajdujące się w gondolach pod skrzydłami, ponieważ są częściowo chronione przez skrzydła samolotu [6].

Silniki nie są jedynymi elementami statku powietrznego zagrożonymi kolizją z *FOD*. Do poważnych uszkodzeń dochodzi także na dziobie, w oknach kabiny pilotów, krawędziach natarcia skrzydeł, stateczników, kłapach, podwoziu oraz gondoli silnika [15]. Każda szkoda powstała w tych obszarach może bezpośrednio wpływać na sterowność i właściwości lotne samolotu. Niemniej jednak silniki są elementami częściej podlegającymi uszkodzeniom niż wynikałoby to tylko z ich powierzchni czołowej. W ich przypadku nawet wróbel może powodować odkształcenie plastyczne krawędzi natarcia łopatek wentylatora, naruszając jego aerodynamikę. Uderzenie gęsi wywołuje całkowite pęknięcia rdzenia łopatki lub jej rozerwanie, co powoduje dalsze nieodwracalne zniszczenia w układzie napędowym.

Skutki zderzeń z ptakami stanowią realne zagrożenie dla życia załogi statku i pasażerów, a ich poważne konsekwencje stają się coraz bardziej znaczące. Dzieje się tak, ponieważ nowoczesne samoloty pasażerskie przewożą na swoim pokładzie coraz więcej osób i nawet drobne uszko-

dzenie spowodowane ciałem obcym może łatwo wywołać niezwykle tragiczny łańcuch wydarzeń.

Od czasów pionierskich lotnictwa prawdopodobieństwo wystąpienia kolizji z ptakiem oraz bezwzględna liczba wypadków stale wzrasta. Zgodnie z informacjami FAA w 2008 roku na terenie USA zarejestrowano 7516 zdarzeń, zaś ogólna liczba udokumentowanych przypadków pomiędzy 1990 r. a 2008 r. wynosi 89727 [16]. Ponadto tylko w 2011 r. U.S. Air Force dodatkowo poinformowała o 4500 zdarzeń *FOD* zarejestrowanych dla amerykańskich samolotów wojskowych [7],[8],[17]. W ciągu ostatnich 19 lat liczba wypadków lotniczych związanych z ptakami zwiększyła się ponad czterokrotnie [18], co potwierdzają także dane krajowe np. z USA (ryc. 1).

Wiąże się to z ogromnym wzrostem zagrożenia bezpieczeństwa pasażerów. Od 1990 r. Federalna Agencja Awiacji zbiera raporty dotyczące martwych ptaków znalezionych w elementach struktury samolotów. Według raportów w ciągu 19 lat wystąpiło ponad 100 tys. podobnych incydentów [20].

Informacje dotyczące kolizji samolotów z ptakami z całą pewnością są niepełne i dodatkowo zależą od regionu świata i państwa, w którym występują. Dane z niektórych obszarów są jedynie szacunkowe. Szacuje się, że nawet w USA jedynie co piąty przypadek jest oficjalnie rejestrowany, a kolizja statku powietrznego z ptakiem zachodzi średnio raz na dwa tysiące lotów. Średnio na 10 tys. lotów przypada od 8-19 zdarzeń w zależności od regionu świata.

Należy zauważyć, że pomimo tak dużej liczby zdarzeń samolotów z ptakami poważne uszkodzenia kadłuba lub silników powoduje jedynie 14-15% wypadków z udziałem ptaków. Znacznie rzadsze, ale o wiele bardziej

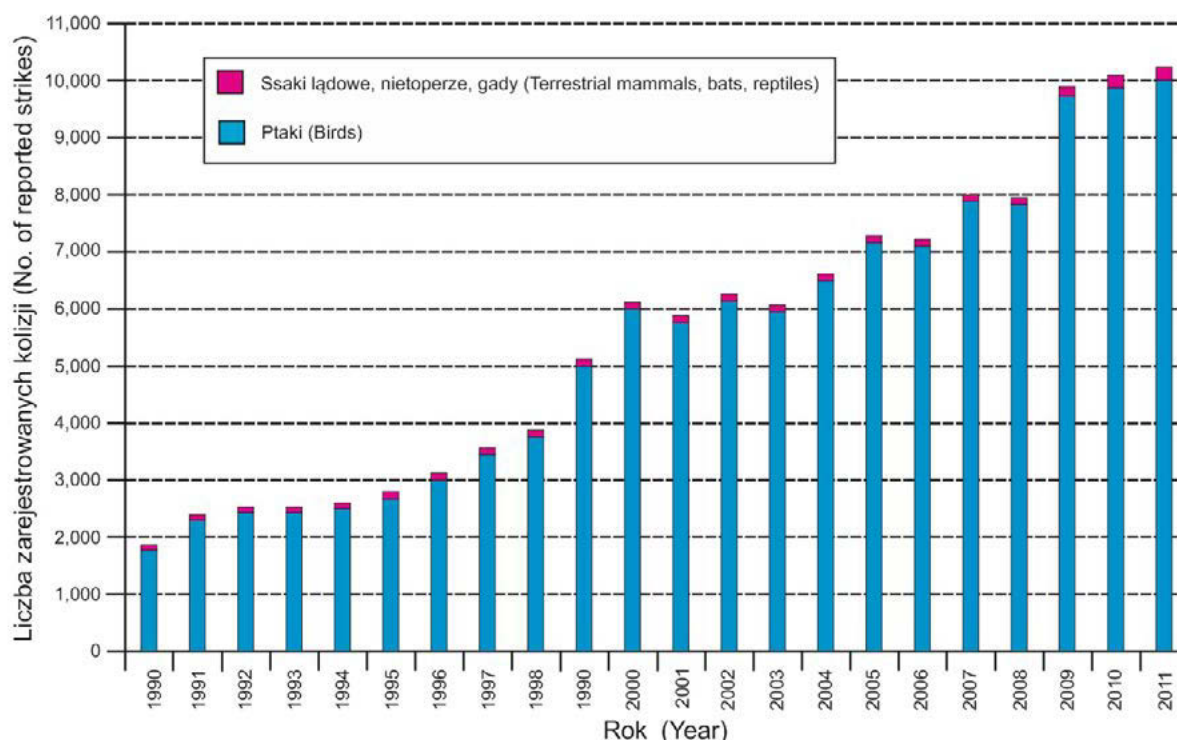
destruktywne są zdarzenia ze zwierzętami lądowymi. Ze względu na większą masę ssaki powodują znaczne uszkodzenia struktury płatowca w aż 60% zdarzeń, które zachodzą na pasie startowym. W latach 1990-2005 na terenie lotnisk USA zarejestrowano 652 kolizje samolotu z sarnami oraz 198 zdarzeń z udziałem kojotów [21]. Zagrożenie na pasie startowym stanowią także gady. W latach 1990-2011 w Stanach Zjednoczonych odnotowano 137 kolizji statków powietrznych z krokodylami [19]. Bez wątpienia to jednak ptaki stanowią podstawowy problem w konflikcie pomiędzy kierowanymi statkami powietrznymi i dziką przyrodą.

3. Straty materialne i niematerialne

Spektakularne wypadki spowodowane ptakami, o ile są wydarzeniami stosunkowo rzadkimi, to jednak ogólnie stanowią w lotnictwie problem charakteryzujący się wysokim poziomem ryzyka. W przypadku konstrukcji lotniczych każde uderzenie ciała obcego w strukturę płatowca lub w silnik obniża jego zdolność do przenoszenia obciążeń eksploatacyjnych i może stanowić bezpośrednią przyczynę katastrofy.

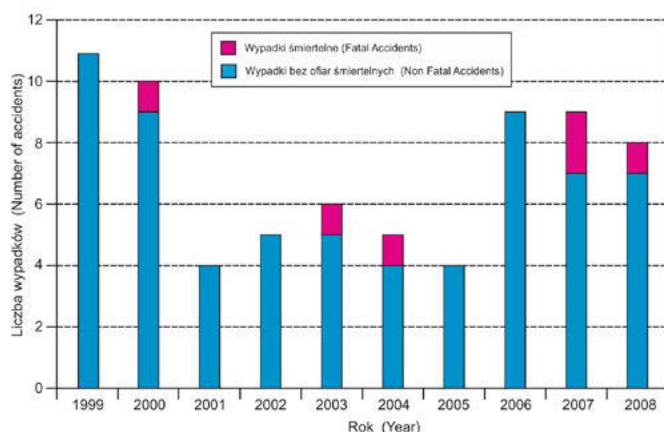
W okresie od 1912 do 2008 r. w co najmniej 103 wypadkach cywilnych samolotów spowodowanych ptakami zginęło 276 osób w 54 katastrofach ze skutkami śmiertelnymi. Światową statystykę poważnych wypadków lotniczych spowodowanych kolizją z ptakami w pierwszej dekadzie XXI wieku obrazuje rycina 2.

Całkowitemu zniszczeniu uległo 108 samolotów [23, 24]. Dotychczas w największej katastrofie samolotu cywilnego Lockheed Electra L-188, spowodowanej zdarzeniem z ptakami w dniu 4 października 1960 r. zginęły 62 osoby. W szóstej sekundzie po starcie do trzech turbośmi-



Ryc. 1. Liczba zarejestrowanych kolizji samolotów z ptakami w USA w latach 1990-2007 [19]

Fig. 1. Number of reported wildlife strikes with civil aircraft, USA, 1990-2011 [19]



Ryc. 2. Światowa liczba wypadków spowodowanych kolizją statku powietrznego z ptakiem w latach 1999-2008 [22]

Fig. 2. Number of accidents due to a bird strike worldwide (1999-2008) [22]

O znaczącym wzroście zagrożenia świadczy liczba 195 ofiar śmiertelnych zarejestrowanych jedynie od roku 1988.

Duże odrzutowe samoloty pasażerskie i transportowe w całym okresie istnienia z powodu ptaków uległy 15 tragicznym katastrofom, w których zginęło 188 osób, a 42 zaginęły. W tej grupie maszyn jeden wypadek śmiertelny wynikający z kolizji z *FOD* zdarza się średnio co 1,4 mln godzin lotu. Z tych samych przyczyn samoloty o masie poniżej 5700 kg uległy 32 wypadkom, w których zginęło 70 osób, a 56 uznano za zaginione. W tym czasie kolizje z ptakami przyczyniły się do 7 katastrof helikopterów cywilnych, które pochłonęły 18 ofiar, a zniszczeniu uległo 9 maszyn.

Mała liczba wypadków w grupie helikopterów, pomimo niskiego pułapu lotu tych statków powietrznych, wynika z mniejszych prędkości przelotowych i większego hałasu generowanego przez silnik i rotor. Przewiduje się jednak, że trendy związane z budową cichszych i szybszych helikopterów spowodują w przyszłości wzrost tragicznych kolizji o 60%, zwłaszcza po uderzeniu dużego ptaka w okno kabiny pilotów.

Szczególnie w lotnictwie wojskowym ze względu na niestandardowo niski pułap lotu oraz jednosilnikowe konstrukcje myśliwców prawdopodobieństwo tragicznej w skutkach kolizji z ptakiem jest bardzo wysokie [3]. Większość najnowszych wypadków maszyn wojskowych zdarzyła się podczas lotów z dużymi prędkościami, co w decydującym stopniu zwiększało rozmiar zniszczeń i redukowało szanse przeżycia lub bezpiecznego lądowania.

Pierwsze zarejestrowane straty sił powietrznych dotyczą jeszcze samolotów z silnikami tłokowymi wykorzystywanymi w służbie *RAF* (*Royal Air Force*), które przed 1950 r. z powodu ptaków straciły 39 maszyn. Potwierdzona utrata pierwszego samolotu o napędzie odrzutowym miała miejsce w 1952 r. Był nim dwusilnikowy myśliwiec Meteor, w którym wystąpiła nienaprawialna awaria powstała wskutek zassania ptaka do silnika i wywołanego w ten sposób pożaru [25]. Istnieją jednakże nie w pełni udokumentowane raporty informujące, że pierwszym odrzutowcem zniszczonym na skutek kolizji z ptakiem był niemiecki myśliwiec Messerschmitt Me 262 Schwalbe –

pierwszy użyty bojowo samolot myśliwski o napędzie odrzutowym – 28 października 1944 roku.

Lotnictwo brytyjskie w swojej historii zanotowało 108 poważnych wypadków z udziałem ptaków. Wypadkiem poważnym jest nazywane zdarzenie kończące się nienaprawialną awarią samolotu, jego stratą lub ofiarami śmiertelnymi. Spośród tych wypadków w *RAF* 39 zdarzyło się przed rokiem 1950, 44 w latach 1950-1979 i 25 w latach 1980-2004. W latach 1980-2008 tylko w lotnictwie wojskowym USA zginęło siedmiu pilotów, a czternaście maszyn uległo zniszczeniu w wyniku uderzenia ptaka w statek powietrzny [25],[26].

Liczba kolizji samolotów wojskowych z ptakami ma tendencję wzrostową, nawet jeżeli w latach 1990-2000 w wielu krajach nastąpiła znacząca redukcja lotów. W tym czasie w siłach powietrznych wielu państw wystąpiło wiele przypadków utraty jedno- i dwusilnikowych myśliwców odrzutowych i samolotów treningowych oraz trzykrotna strata samolotów czterosilnikowych. Katastrofy te pochłonęły ogółem 58 ofiar śmiertelnych.

Także w Polsce np. w 2007 roku odnotowano 16 zderzeń samolotów cywilnych z ptakami, zaś w 2006 roku zarejestrowano 15 kolizji w lotnictwie wojskowym [11].

Wraz z rozwojem technologii problemy utraty maszyn z powodu ptasich kolizji zaczęły dotyczyć także samolotów bezałogowych. Potwierdza to zdarzenie z 19 lipca 2011 r., gdy amerykański dron został zniszczony w Pakistanie w trakcie lotu nad rafinerią po przypadkowym zderzeniu z ptakiem [16].

O ile utrata sprzętu chociaż niezmiernie kosztowna jest jednak wymierna i relatywnie łatwo odtwarzalna, o tyle straty ludzkie oprócz oczywistych ludzkich tragedii osobistych w kategoriach wojskowych stanowią zasoby bardzo trudne do uzupełnienia. Całkowite straty ludzkie w lotnictwie wojskowym, których przyczyny wiążą się z *FOD*, są trudne do precyzyjnego oszacowania. Według danych udostępnionych przez 32 państwa Europy centralnej i zachodniej oraz Kanadę, USA, Izrael, Australię i Nową Zelandię w latach 1950-1999 miały miejsce 283 poważne wypadki zakończone utratą samolotu [25]. W tej liczbie 63 były wypadkami tragicznymi, które pochłonęły 141 ofiar śmiertelnych stanowiących 25 załóg pokładowych. Z wymienionych 283 wypadków maszyn wojskowych 179 to jednosilnikowe myśliwce z napędem odrzutowym (wśród których 141 było pilotowanymi jednoosobowo), 40 myśliwców dwusilnikowych oraz 17 szkolnych samolotów odrzutowych jednosilnikowych i 17 dwusilnikowych.

Kraje, których lotnictwo wojskowe w tych latach poniosło największe straty sprzętu spowodowane kolizją z ptakami, to Wielka Brytania (66 strat), USA (62), Niemcy (34), były ZSRR (26) i Kanada (18). O ile dane dostarczone z krajów zachodnich są wiarygodne, o tyle informacje pochodzące z byłego ZSRR są z całą pewnością niekompletne.

Kolizje motorowych statków powietrznych z ptakami są związane nie tylko z bezpieczeństwem załóg pokładowych i pasażerów, ale także z ogromnymi kosztami, które muszą ponosić przedsiębiorstwa w związku z naprawą uszkodzonych maszyn lub utratą wpływów.

Bird Strike Committee USA informuje, że ptaki oraz inne przyczyny związane z *FOD* powodują roczne straty wynoszące ponad 600 milionów dolarów w całej cywilnej i wojskowej sferze transportu lotniczego. Zakres przestojów wywołanych z tego powodu wśród samolotów cywilnych waha się od 95 000 do 580 000 godzin rocznie przy założeniu, że jedynie co piąty przypadek jest zgłaszany w USA [27]. W lotnictwie wojskowym wydarzenia z udziałem ptaków generują w *US Air Forces* roczne koszty na poziomie 50÷80 mln dolarów (włączając straty samolotów), zaś według danych *United Kingdom Royal Air Force* (RAF) opracowanych przez *RAF Inspectorate of Flight Safety* roczne koszty lotnictwa brytyjskiego w tym obszarze wynoszą 23,3 mln USD. Wojskowe statystyki podają także, że ptaki chociaż czasami nie stanowią bezpośredniej przyczyny katastrofy, to często leżą u jej źródła, ponieważ zmuszają pilota do wykonania niebezpiecznych manewrów w celu ominięcia przeszkody. W *US Air Forces* zanotowano siedem wypadków zakończonych katastrofą spowodowanych próbą uniknięcia zderzenia i gwałtownym omijaniem ptaka [28].

W skali światowej straty lotnictwa cywilnego spowodowane kolizjami z ptakami wynoszą 1,3 mld dolarów rocznie, co generuje dodatkowe koszty około 64,50 USD na każdy lot. Stanowi to duży problem zarówno dla linii lotniczych, jak i firm ubezpieczeniowych wypłacających znaczne odszkodowania. Przykładowo jeden wypadek kończący się jedynie wymianą silnika wywołuje dodatkowe koszty średnio na poziomie 5 mln USD. Ale już w przypadku samolotu Boeing 777 nakłady na wymianę silnika PW4098 każdorazowo przekraczają 15 mln dolarów. Bezpośrednie koszty napraw to jedynie niewielka część kosztów całkowitych. Ogromne znaczenie mają nieprzewidywalne opóźnienia wynikające z przymusowego uziemienia uszkodzonego samolotu. Zakłada się, że każde pierwotne opóźnienie samolotu, który uległ kolizji, wywołuje cztery wtórne opóźnienia lub wtórne odwołania kolejnych samolotów. Każde opóźnienie pierwotne wywołuje straty równe 75 tys. USD, co w następstwie pociąga koszty opóźnienia lub odwołania wtórnego wynoszące 35 tys. USD przypadające na każdą pojedyńczą zmianę planu lotów. Duża amerykańska linia lotnictwa cywilnego tylko w jednym roku zarejestrowała 1326 kolizji z ptakami. Całkowity koszt naprawy uszkodzonego sprzętu wyniósł w tej firmie 6,2 mln USD. Koszty wynikające z opóźnień i odwołań oszacowano na poziomie 46,45 mln USD. Ogółem roczne straty przedsiębiorstwa z tego powodu wyniosły 52,650 mln USD, co w przeliczeniu daje wskaźnik 39,71 USD na jedną kolizję. Obliczenia przeprowadzane alternatywną metodą określiły 64,50 USD jako dodatkowe koszty związane z każdą ptaśią kolizją samolotu.

4. Ograniczanie ryzyka

Służby lotnicze oraz producenci samolotów podejmują działania zmierzające do ograniczenia poziomu ryzyka wywołanego przez ptaki. W celu zapobiegania skutkom kolizji zasadnicze znaczenie mają trzy podstawowe kierunki działania.

Pierwszym stosunkowo najprostszym do wprowadzenia jest działanie prewencyjne polegające na ograniczaniu prędkości lotu samolotów na małych wysokościach. Współczesne samoloty bez trudu na małych wysokościach rozwijają prędkości 320-340 węzłów względem powietrza [*knots indicated airspeed* (KIAS)]. Od 2003 roku w USA i Kanadzie wprowadzono zakaz przekraczania prędkości 250 węzłów do wysokości 10 000 stóp (3000 m). Do tej grupy dołączył Meksyk i teraz zakaz obowiązuje w całej Ameryce Północnej [29]. Ograniczenia te zostały również w późniejszym okresie wprowadzone na terenie wielu innych państw (całkowicie lub na wydzielonych obszarach). Działanie zapewnia szybkie i łatwe do obliczenia efekty bezpośrednie, ponieważ zwiększenie prędkości o 20% z 250 do 300 KIAS powoduje 44% wzrostu energii podczas kolizji z ptakiem. Oznacza to, że gęś o masie 5 kg na wysokości 90000 stóp przy prędkości 250 KIAS wywołuje uderzenie z siłą 36 000 kg zaś przy prędkości 300 KIAS siła uderzenia wzrasta do 50 000 kg. Wysokość 10 000 stóp jest poziomem znajdującym się powyżej szlaków migracji większości ptaków, które w swoich przelotach przemieszczają się zazwyczaj w korytarzu na wysokościach pomiędzy 5 000 a 7 000 stóp. Poziom 10 000 stóp został określony jako bezpieczny także ze względu na ograniczenia wzajemnej kolizji między statkami powietrznymi.

Drugim działaniem zmierzającym do zmniejszenia w lotnictwie zagrożenia wywołanego przez ptaki, jest odpowiednia kontrola lotnisk i terenów przyległych w celu ograniczenia liczby ptaków. Prowadzone są operacje, np. za pomocą środków chemicznych, mających za zadanie likwidację wysokiej roślinności sprzyjającej rozwojowi ptasich siedlisk. Utrzymanie niskiego poziomu trawy, likwidacja drzewostanu oraz pobliskich żerowisk występujących w postaci rozlewisk lub składowisk odpadów utrudnia przebywanie ptakom w okolicach lotnisk. Niestety ptaki szybko adoptują się do nowego środowiska i skuteczność tych działań jest ograniczona. Podobnie w przypadku innych działań odstraszających, polegających na stosowaniu hukowych środków pirotechnicznych, broni palnej, środków akustycznych, instalacji oświetleniowych czy środków chemicznych w postaci gazów, pestycydów i herbicydów ich skuteczność z czasem maleje, ponieważ ptaki przyzwyczajają się do zmiany środowiska i przestają reagować na powtarzające się bodźce.

Stwierdzono także, że koszenie wysokiej trawy powoduje wzrost dostępu ptaków do miejsc bogatych w zasoby pokarmu (głównie bezkręgowce i gryzonie), do których dotychczas dostęp był utrudniony. Usunięcie barier wizualnych w postaci roślinności powoduje polepszenie komfortu żerującym. Na przykład na lotnisku w Dęblinie koszenie trawy latem powoduje silny wzrost liczebności: krukowatych (gawron, kawka, sroka), siewkowatych (czajka, kulik wielki) oraz mew (śmieszka). Pokosy zwabiają również szpaki i dzierzby. Koszenie ułatwia żerowanie bocianom białym oraz ptakom szponiastym wyspecjalizowanym w chwytaniu gryzoni (myszolewy, puśtułki, błotniaki) [30]. W związku z komplikacjami, jakie może powodować koszenie trawy, obecnie zaleca się sia-

nie specjalnych gatunków traw o wysokościach uniemożliwiających żerowanie ptactwa na terenie lotniska.

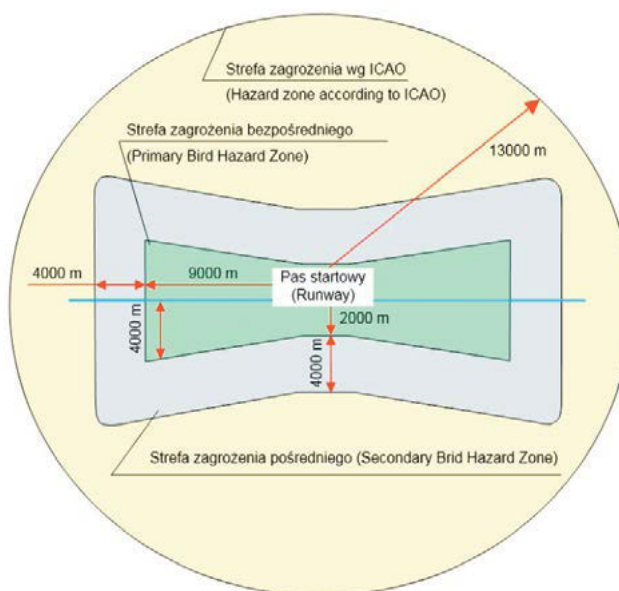
Najnowszą skuteczną metodą stosowaną w nocy i o zmierzchu jest odstraszenie ptaków za pomocą promieni lasera emitowanych w postaci wielometrowych wiązek przez obracające się głowice. Pomimo dużej różnorodności technik ograniczania obecności ptaków na lotniskach każda z nich jest działaniem kosztownym. Wg danych *Royal Air Force Strike Command* roczne koszty pielęgnacji trawy lotnisk wojskowych są szacowane na poziomie 80 -250 tys. USD. Roczne utrzymanie służb odpowiedzialnych za odstraszenie ptaków na jednym lotnisku w USA wynosi średnio od 25-150 tys. USD. W Wielkiej Brytanii RAF oszacował koszty programu kontroli ptaków na lotniskach w kwocie 200 tys. USD rocznie na jedno lotnisko. Działania te przynoszą jednak wymierne efekty.

Przykładem skuteczności programów kontroli ptaków jest projekt wdrożony na lotnisku Kennedy'ego w USA. Pierwotnie dochodziło tam do 300 przypadków kolizji rocznie, które kosztowały linie lotnicze wykorzystujące lotnisko 11,4 mln USD [31]. Po uruchomieniu projektu z udziałem biologów, ekip strzeleckich oraz sokolników liczba zderzeń samolotów z ptakami została ograniczona do tego stopnia, że stosunek oszczędności do kosztów wyniósł 39:1. Na innym amerykańskim lotnisku notującym rocznie 170 kolizji, po wprowadzeniu ekip strzeleckich liczba zderzeń po roku wynosiła jedynie 50 zarejestrowanych przypadków. 170 kolizji powodowało dodatkowe 4,6 mln USD kosztów dla linii lotniczych, natomiast program strzelecki kosztował 120 tys. USD. W przeliczeniu koszt jednego zderzenia to kwota 27 tys. USD. Zatem program zwrócił się już po eliminacji pięciu zderzeń.

Bardzo obiecującą metodą płoszenia ptaków jest wykorzystywanie do tego celu psów rasy Border Collie. Metoda została opracowana i wdrożona w 1999 r. w USA na lotnisku *Southwest Florida International Airport*. Do tej pory program ten wprowadzono na trzech komercyjnych lotniskach w USA i dwóch w RPA (Durban i Johannesburg) oraz w trzech bazach wojskowych (*Dover AFB*, *Cold Lake AFB*, *Israeli Air Force*) [32]. Metoda ta po raz pierwszy została także zastosowana na łódzkim lotnisku im. W. Reymonta. W efekcie zredukowano o ok. 30% liczbę obserwowanych ptaków (kosów i wron) oraz ograniczono o ok. 50% liczbę obserwowanych ptaków brodzących [33],[34].

Elementem zmniejszania ryzyka kolizji statków powietrznych z ptakami jest określenie stref bezpieczeństwa wokół lotnisk. Są to strefy zarezerwowane dla ruchu lotniczego zawierające korytarze startu i lądowania [35]. Nad tymi obszarami lądujący samolot znajduje się na wysokości od ok. 150 do 300 m (strefa podejścia: od 3 do 6 km od progu pasa drogi startowej) oraz poniżej 150 m (strefa lądowania: od progu pasa drogi startowej do 3 km, czyli do początku strefy podejścia). Strefy rozciągają się także na ok. 2 km po bokach pasa drogi startowej [36]. Pod względem bezpieczeństwa lotniczego najistotniejsza jest strefa podejścia znajdująca się na przedłużeniu pasa startowego. Jest to obszar, w którym odnotowuje się 80-85% kolizji z ptakami. Wprowadzony podział bazuje na swia-

towych danych o udziałach liczby kolizji z ptakami odnotowanych na poszczególnych wysokościach. Najważniejsza jest strefa zagrożenia bezpośredniego rozciągająca się do pułapu 500 m i odległości do około 9 km od progu pasa startowego. Wg wymagań ICAO oraz standardów IBSC optymalna strefa bezpieczeństwa obejmuje także trzynastokilometrowy okrąg wokół lotniska [37],[38].



Rys. 3. Strefa zagrożenia [36],[37],[38]

Fig. 3. Hazard zone [36],[37],[38]

Podział na strefy związany jest z koniecznością identyfikacji miejsc koncentracji ptaków oraz siedlisk mogących przyciągać ptaki [39]. Dodatkowo zwraca się jednak uwagę na konieczność analizy warunków lokalnych, uwzględniającej obecność zbiorników wodnych czy też wysypisk śmieci oddalonych o ponad 13 km, poza strefą lotniska, które mogą mieć wpływ na bezpieczeństwo operacji lotniczych.

Trzecim rodzajem działań zmierzających do poprawy bezpieczeństwa lotów jest budowa płatowców i silników w sposób zmniejszający ryzyko katastrofalnych uszkodzeń wywołanych na skutek kolizji z ptakami. Działania te są regulowane za pomocą przepisów odpowiednich władz lotnictwa cywilnego określających właściwe wymagania i wytyczne dla producentów.

Agencjami odpowiedzialnymi za przygotowywanie odpowiednich przepisów i koordynację działań są *US Federal Aviation Administration* (FAA), *European Joint Aviation Authorities* (JAA) oraz *European Aviation Safety Agency* (EASA).

Zarówno amerykańskie przepisy lotnicze FAR (*Federal Aviation Regulations*), jak i europejskie JAR (*Joint Aviation Requirements*) i CS (*Certification Standards*) definiują minimalne normy, wymagania i procedury regulujące zasady projektowania, produkcji, obsługi technicznej, użytkowania sprzętu lotniczego oraz licencjonowania personelu. W grudniu 1991 r. ECC (*European Community Commission*) przyjęła wymagania JAR jako wyłączne źródło przepisów lotnictwa cywilnego obowiązujące w Unii Europejskiej. Rezultatem współpracy FAA

i JAA było przyjęcie tej samej numeracji co w FAR podstawowych wymagań JAR. Również nadzór lotniczy Rosji (MAK) zdecydował się na tworzenie własnych przepisów AP (*Aviacjonnyje Prawila*) opartych na przepisach FAR, wprowadzając podobne zasady harmonizacji pomiędzy MAK i FAA, które funkcjonują pomiędzy JAA i FAA.

Każda z organizacji lotniczych w ramach opracowanych przez siebie przepisów zawarła odpowiednie wymagania określające niezbędny poziom odporności konstrukcji płatowców i silników na zderzenie z ptakiem.

Szyby czołowe, owiewki lub wiatrochrony kabiny pilotów oraz konstrukcja podpierająca te elementy muszą wytrzymać uderzenie ptakiem o masie 1,8 kg bez skutków penetracji, przy prędkości samolotu względem ptaka określonej wzdłuż toru lotu równej prędkości rejsowej V_C na poziomie morza (FAR/JAR/CS 25.775).

Dla krawędzi natarcia skrzydeł lub usterzenia ogonowego wymagane jest, aby nawet w przypadku penetracji poszycia nie powstały uszkodzenia krytyczne w innych elementach struktury skrzydła i usterzenia. Samolot poruszający się z prędkością rejsową V_C po uderzeniu ptakiem o masie 1,8 kg w krawędź natarcia skrzydła lub ptakiem o masie 3,6 kg w krawędź natarcia usterzenia ogonowego musi bezpiecznie kontynuować lot i wykonać lądowanie (FAR/JAR/CS 25.571, 25.631).

Struktura wiropłata musi być tak zaprojektowana, aby zapewnić bezpieczne kontynuowanie lotu i lądowanie po zderzeniu z ptakiem o ciężarze 1 kg przy prędkości względem ptaka wzdłuż toru lotu równej maksymalnej prędkości w locie poziomym V_H lub prędkości dopuszczalnej V_{NE} na wysokościach do 8000 stóp (FAR/JAR/CS 29.631).

Dla silników turbinowych i turbowentylatorowych pochłonięcie małego ptaka o masie do 0,9 kg przy prędkości wzdłuż toru lotu równej V_C na poziomie morza lub $0.85V_C$ na wysokości 8000 stóp nie może spowodować spadku mocy większego niż 25%. Dla dużych ptaków o masie 1,8 kg musi zostać udowodnione, że silnik może być bezpiecznie wyłączony z odcięciem zasilania. Wlot silnika musi również wytrzymać uderzenie ptaka o masie 1,8 kg bez uszkodzenia elementów krytycznych (FAR/JAR/CS 25.571, 33.76).

Zgodnie z przytoczonymi przepisami należy empirycznie udowodnić zdolność do kontynuowania lotu samolotów cywilnych i wojskowych za pomocą demonstracji dokumentujących spełnienie wymagań. Dlatego też przed dopuszczeniem do eksploatacji nowego typu samolotów konieczne jest wykonanie określonych w normach badań odporności na uderzenie elementów konstrukcji płatowca.

Badania prowadzone są na specjalnie zaprojektowanych do tego stanowiskach, umożliwiających miotanie ptaków lub ich sztucznych odpowiedników o odpowiedniej masie z wymaganą prędkością w kierunku badanej struktury [40-45]. Jest to tzw. „próba ptaka” (*bird test*) wykonywana zgodnie z zaleceniami zawartymi w przepisach FAR.

5. Wnioski

Kolizje samolotów z ptakami są nierozzerwalnie związane zarówno z historią, jak i rozwojem awiacji w przeszłości. Chociaż zazwyczaj powodują jedynie drobne uszkodzenia, zawsze będą stanowić ogromne zagrożenie dla bezpieczeństwa lotów. Mimo wykorzystywania wielu metod zapobiegawczych oraz zaawansowanego zarządzania środowiskiem przyrodniczym wypadki z udziałem ptaków będą zdarzać się nadal, zwłaszcza że lotniska stają się coraz bardziej ruchliwe i zatłoczone, a częstotliwość lotów wzrasta z każdym rokiem. Zmiany środowiskowe wywołujące ewolucję w zachowaniu ptaków oraz wzrost ich liczebności spowodują nieuchronne zwiększenie zainteresowania ptasiej populacji terenami wokół lotnisk. Coraz więcej ptaków będzie zasiedlać tereny, gdzie ich obecność spowoduje nasilenie niebezpiecznych sytuacji w ruchu powietrznym. Porty lotnicze muszą być w stałej gotowości, wykorzystując coraz nowsze techniki odstraszenia i monitoringu ptaków oraz zwierząt naziemnych. Piloci i kontrolerzy lotów muszą być świadomi zagrożeń, które może wywołać kolizja statku powietrznego z ptakiem i stosować się do stale doskonalonych procedur umożliwiających redukcję ryzyka i konsekwencji wynikających z zagrożenia ptasim kolizją. Kolizje te są problemem globalnym i dotyczą wszystkich podmiotów związanych z lotnictwem, włączając pilotów, mechaników, linie lotnicze, operatorów lotnisk, kontrolerów ruchu, personel pokładowy, personel zarządzania środowiskiem, władze lotnicze, a także – a może przede wszystkim – producentów i konstruktorów statków powietrznych. Skoro zmiany w przyrodzie są nieuniknione i odstraszenie ptaków z czasem będzie zadaniem coraz trudniejszym o malejącą efektywność, oznacza to, że największy potencjał w zachowaniu standardów bezpieczeństwa lotów tkwi w rozwoju bezpiecznych konstrukcji płatowców i silników. Wszystkie części struktury samolotów i helikopterów muszą być projektowane tak, aby rozpraszać energię uderzenia i odchyłać trajektorię uderzającego obcego obiektu w celu ochrony konstrukcji płatowca i silników w przypadku kolizji z ptakiem. W celu spełnienia tych wymagań wytrzymałościowe własności szyb, owiewek, wiatrochronów, skrzydeł, łopatek turbin, usterzenia ogonowego oraz podwozia muszą być weryfikowane za pomocą intensywnych testów prowadzonych doświadczalnie i na drodze symulacji cyfrowej. Równie istotnym i być może kluczowym zagadnieniem jest doskonalenie i rozwój pokładowych oraz naziemnych systemów umożliwiających monitoring i predykcję ptasich zachowań – systemów wspomagających personel naziemny i załogi statków powietrznych w podejmowaniu właściwych decyzji wykorzystujących radarową kontrolę ruchu.

Literatura

1. *Sharing the skies. An Aviation Industry Guide to the Management of Wildlife Hazard*, Transport Canada, 2004.
2. Thorpe J., *Fatalities and destroyed civil aircraft due to bird strikes, 1912-2002* International Bird Strike Committee, Warsaw 2003.
3. Heimbs S., *Computational methods for bird strike simulations: A review*, "Computers and Structures", Vol. 89, Issues 23-24, 2011, pp. 2093-2112.

4. Zbrowski A., *Bezpieczeństwo samolotów w aspekcie zagrożenia kolizją z ptakami*. „Problemy Eksploatacji”, Issue 2, 2012, pp. 215-228.
5. Meguid S, Mao R, Ng T., *FE Analysis of geometry effects of an artificial bird striking an aeroengine fan blade*, “International Journal of Impact Engineering”, Vol. 35 Issue 6, 2008, pp. 487-498.
6. *Aircraft Technology Engineering & Maintenance*, Vol. 107, August-September 2010.
7. Cleary E., Dolbeer R., Wright S., *Wildlife Strikes to Civil Aircraft in the United States 1990-2005*, Bird Strike Committee Proceedings, 2006.
8. Dolbeer R., i inni, *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.
9. Airolidi A., Cacchione B., *Modelling of impact forces and pressures in Lagrangian bird strike analyses*, “International Journal of Impact Engineering”, Vol. 32, 2006, pp. 1651-1677.
10. Hou J.P., Ruiz C., *Soft body impact on laminated composite materials*, “Composites Part A: Applied Science and Manufacturing”, Issue 1, 2007, pp. 505-515.
11. Szczeciński S., Balicki W., Głowacki P., *Uszkodzenia silników turbinowych wywołane zderzeniami z ptakami*, „Przegląd Sił Powietrznych”, Issue 2, 2009, pp. 15-21.
12. *The GE90 – An Introduction*, [dok. elektr.] http://www.stanford.edu/~cantwell/AA283_Course_Material/GE90_Engine_Data.pdf [dostęp 01.04.2014].
13. Boguszewicz P., Sala S., *Wloty powietrza turbinowych silników odrzutowych i ich wpływ na właściwości lotne samolotów oraz zagrożenia bezpieczeństwa latania*, Prace Instytutu Lotnictwa, Vol. 213, Warszawa 2011, s. 101-111.
14. Balicki W., Chachurski R., Głowacki P., Kozakiewicz A., Szczeciński J., Szczeciński S., *Wloty powietrza turbinowych silników odrzutowych i ich wpływ na właściwości lotne samolotów oraz zagrożenia bezpieczeństwa latania*, Prace Instytutu Lotnictwa Vol. 213, Warszawa 2011, s. 47-54.
15. Heimbs S., *Bird Strike Simulations on Composite Aircraft Structures*, SIMULIA Customer Conference, Barcelona, May 17-19, 2011, s. 73-86.
16. 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 6, 2012, pp. 498-505.
17. Airolidi A., Cacchione B., *Modelling of impact forces and pressures in Lagrangian bird strike analyses*, “International Journal of Impact Engineering”, Vol. 32 Issue 10, 2006, pp. 1651-1677.
18. Bird Strike Damage&Windshield Bird Strike Final Report, European Aviation Safety Agency, 2009.
19. Wildlife strikes to civil aircraft in the United States 1990-2011, Report of The Associate Administrator Of Airports Office of Airport Safety and Standards Airport Safety & Certification Washington, DC, 2012.
20. 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.
21. DeVault T., Kubel J., Glista D., Rhodes O., *Mammalian hazards at small airports in Indiana: impact of perimeter fencing*, “Human-Wildlife Conflicts”, Vol. 2 Issue 2, 2008, pp. 240-247.
22. Maragakis I., *Bird population trends and their impact on Aviation safety 1999-2008*, European Aviation Safety Agency, 2009.
23. Thorpe J., *Fatalities and destroyed civil aircraft due to bird strikes 1912-2002*, Bird Strike Committee Proceedings. Warsaw, Poland, May 2003.
24. Thorpe J., *Update on fatalities and destroyed civil aircraft due to bird strikes with appendix for 2006-2008*, Bird Strike Committee Proceedings, Brazil, November 2008.
25. Richardson W., West T., *Serious birdstrike accidents to U.K. military aircraft, 1923 to 2004: Numbers and circumstances*, Bird Strike Committee Proceedings, Athens, May 2005.
26. Klich E., *Bezpieczeństwo lotów*, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji – PIB, Radom, 2011.
27. Allan J., Orosz A., *The costs of birdstrikes to commercial aviation*, Bird Strike Committee Proceedings, USA/Canada, Calgary, 2001.
28. Richardson W., *Serious birdstrike-related accidents to military aircraft of ten countries: Preliminary analysis of circumstance*, Bird Strike Committee Proceedings, Vienna, 1994.
29. Eschenfelder P., *High speed flight at low altitude: hazard to commercial aviation*, Bird Strike Committee Proceedings, Vancouver, 2005.
30. Ćwiklak J., Grzegorzewski M., Grzywaczewski G., Kitowski I., Jaferniki H., *Ptaki jako zagrożenie dla bezpieczeństwa lotów*, „Logistyka”, Issue 3, 2012, pp. 38-390.
31. Allan J., *The costs of bird strikes and bird strike prevention*, Human Conflicts with Wildlife: Economic Considerations, 8-1-2000, pp. 146-153.
32. Froneman, A. and Rooyen, M., *The successful implementation of a border collie bird scaring program at Durban International Airport, South Africa*, International Bird Strike Committee, Warsaw 2003, [dok. elektr.] http://www.int-birdstrike.org/Warsaw_Papers/IBSC26%20WPAE1.pdf [dostęp 17.03.2014].
33. *Implementacja metody Border Collie na łódzkim lotnisku*, [dok. elektr.] http://www.ulc.gov.pl/_download/lotniska/komitet_zderzenie_ze_zwierzetami/BC-%C5%81%C3%B3d%C5%BA.pdf [dostęp 18.03.2014].
34. *Łódź Lublinek: Border Collie odstraszy ptaki*, http://www.latajznami.pl/branzowe,5710,lodz_lublinek_border_collie_odstraszy_ptaki.html [dostęp 05.04.2014].
35. Skakuj M., Kitowski I., Łukasik D., *Wpływ ruchu lotniczego na ptaki. Część I*, „Ornis Polonica”, Vol. 55, 2014, pp. 48-68.
36. Sowden R., Kelly T., Dudley S., *Airport Bird Hazard Risk Assessment Process*, Transport Canada, 2007.
37. *Podręcznik Służb Portu Lotniczego, część 3. Kontrola i zmniejszanie zagrożeń ze strony zwierząt*, International Civil Aviation Organization, 2012.
38. *Standards for Aerodrome Bird/Wildlife Control. Recommended Practice No. 1* International Bird Strike Committee, 2006.
39. Skakuj M., Szmit P.: *Ptaki, lotniska, samoloty - określenie konfliktu*, [dok. elektr.] http://www.ulc.gov.pl/_download/bezpieczenstwow_lotow/biuletyny/2012/opracowanie_0612.pdf [dostęp 08.04.2014].
40. Zbrowski A., Majcher A.: *Mechatronic System for Impact Tests for Aero Structures*, “Solid State Phenomena. Mechatronic Systems and Materials IV”, Vol. 198, 2013, pp. 366-371.
41. Zbrowski A., Samborski T., Zacharski S., *Badania odporności zderzeniowej szybkich środków transportu z małymi obiektami*, „Pomiary Automatyka Robotyka PAR”, Vol. 11, 2012, pp. 59-67.
42. Zbrowski A., *Działo pneumatyczne do testów zderzeniowych*, „Problemy Eksploatacji”, Issue 3, 2012, pp. 133-144.
43. 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.
44. Zbrowski A., *Instrumentarium badawcze do testów zderzeniowych konstrukcji lotniczych*, BiTP, Vol. 35 Issue 3, 2014, pp. 61-71.
45. Zbrowski A., Samborski T., Zacharski S., *The method for high-energy throwing of the objects in impact testing*, “TTS Technika Transportu Szybowego”, Issue 9, 2012, pp. 619-627.

dr inż. Andrzej Zbrowski – w 1993 roku ukończył studia na Wydziale Mechanicznym Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Radomiu. W roku 2000 uzyskał stopień doktora na Wydziale Samochodów i Maszyn Roboczych Politechniki Warszawskiej. Adiunkt w Instytucie Technologii Eksploatacji – PIB w Radomiu. Kieruje Zakładem Doświadczalnym. Koncentruje się na zagadnieniach związanych z budową maszyn, konstrukcjami mechatronicznymi urządzeń badawczych oraz systemami bezpieczeństwa technicznego. Jest autorem lub współautorem ponad 250 publikacji naukowych, 71 uzyskanych patentów oraz 160 zgłoszeń patentowych. Brał udział w realizacji 55 projektów badawczych, ponadto kierował 15 projektami badawczymi, zamawianymi, celowymi, rozwojowymi i własnymi.

mgr inż. **Grzegorz KRAJEWSKI**¹
mgr inż. **Wojciech WĘGRZYŃSKI**¹

Przyjęty/Accepted/Принята: 04.05.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 06.11.2014;
Opublikowany/Published/Опубликована: 31.12.2014;

WYKORZYSTANIE NARZĘDZI INŻYNIERII BEZPIECZEŃSTWA POŻAROWEGO W PROJEKTOWANIU I ODBIORZE SYSTEMÓW WENTYLACJI POŻAROWEJ GARAŻY ZAMKNIĘTYCH²

**The use of Fire Safety Engineering in the Design and Commissioning
of Car Park Fire Ventilation Systems**

**Использование инженерных решений пожарной безопасности
в проектировке и приёме систем противопожарной вентиляции
закрытых гаражей**

Abstrakt

Cel: Przedstawienie wiedzy związanej z zastosowaniem narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego na etapie projektu i odbioru systemów wentylacji pożarowej, ze szczególnym uwzględnieniem elementów układu równań będącego podstawą metody CFD, modeli fizycznych wykorzystywanych w obliczeniach oraz warunków brzegowych związanych z pożarem.

Wprowadzenie: Projektowanie systemów wentylacji pożarowej garaży zamkniętych jest procesem skomplikowanym i wieloetapowym. Z uwagi na brak jednoznacznych krajowych wytycznych i jednocześnie postawienie w przepisach techniczno-budowlanych wymagań funkcjonalnych związanych z oceną skuteczności działania systemu proces ten jest trudny. Weryfikacja i ocena projektu wymaga szczegółowej wiedzy nie tylko z zakresu podstaw prawnych, ale również z zakresu wykorzystania nowoczesnych narzędzi inżynierskich takich jak metoda obliczeniowej mechaniki płynów (CFD) czy metod oceny skuteczności działania instalacji z wykorzystaniem gorącego dymu. Aby osoby mające styczność ze wspomnianymi analizami były w stanie samodzielnie ocenić podstawowe zagadnienia im przedstawiane, niezbędne jest zamknięcie podstawowej wiedzy z analizowanego zakresu w zwięzłe ramy, z jednoczesnym przedstawieniem bazy literaturowej, w której należy szukać odpowiedzi na trudniejsze pytania.

Metodologia: W pracy przedstawione zostały wyniki analizy literatury tematu, badań własnych autorów publikacji przeprowadzonych w ramach projektu rozwojowego NR 04 0003 06 „Kontrola dymu i ciepła w garażach” oraz prac realizowanych w ramach tematów statutowych Instytutu Techniki Budowlanej oraz działalności bieżącej Zakładu Badań Ogniwych ITB.

Wnioski: Wykorzystanie nowoczesnych narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, jakimi są analizy z wykorzystaniem metody obliczeniowej mechaniki płynów (CFD) oraz metoda gorącego dymu jest dzisiaj powszechną procedurą towarzyszącą niemalże każdemu projektowi systemu wentylacji pożarowej garażu zamkniętego. Przedstawiane wyniki analiz są często trudne w interpretacji i niejednoznaczne. Osoby prowadzące weryfikację tych projektów, funkcjonariusze PSP odpowiadający za odbiór i inne podmioty biorące udział w procesie projektowania muszą mieć świadomość źródła pochodzenia przyjętych założeń i uproszczeń i być w stanie zweryfikować podstawy ich zastosowania. Dopiero takie, w pełni świadome, wykorzystanie narzędzi, którymi dysponujemy, daje pewność, że wyniki analiz są bliskie rzeczywistości, a wnioski z nich płynące poprawne.

Słowa kluczowe: wentylacja pożarowa, garaże zamknięte, wentylacja kanałowa, wentylacja strumieniowa

Typ artykułu: artykuł przeglądowy

Abstract

Aim: Presentation of technical know-how associated with the application of Fire Safety Engineering (FSE) tools during the design and commissioning stage of ventilation systems in enclosed car parks. Specific focus is placed on the presentation of differential equations

¹ Instytut Techniki Budowlanej, ul. Filtrowa 1, 00-611 Warszawa / Building Research Institute, Warsaw, Poland / w.wegrzynski@itb.pl;

² Wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage contribution: W. Węgrzyński – 60%, G. Krajewski – 40%;

which form the basis of the Computational Fluid Dynamics (CFD) technique, physical models used in computation and boundary conditions associated with fire incidents.

Introduction: The design of fire ventilation systems in enclosed car parks is a long, complicated and multi-staged process. The absence of clear national guidelines and simultaneous functional requirements, stipulated in technical construction regulations about effectiveness of the operating system, make the task more difficult. Evaluation of the design requires explicit knowledge, not only about standards and legal requirements, but also about the application of most up to date engineering tools, such as the computation method of fluid dynamics CFD or performance evaluation of installations with the application of heated smoke. Individuals tasked with previously mentioned responsibilities should be suitably equipped to address basic issues. It is essential to encapsulate fundamental knowledge of relevant elements within a succinct framework. Simultaneously, appropriate literature should be identified and made accessible to assist with a search for answers to more difficult questions.

Methodology: The article includes an analysis of relevant literature, studies conducted by authors under the auspices of a development grant nr. 04 0003 06 "Smoke and heat control in car parks" as well as statutory tasks performed by the Building Research Institute (BRI) and finally ongoing activities of the Fire Research Department of BRI.

Conclusions: The use of modern FSE tools, such as CFD analysis or hot smoke performance evaluation are common procedures in current times. They are performed for almost every design of smoke and heat exhaust system in enclosed car parks. Interpretation of analysis results is often difficult and ambiguous. Individuals responsible for verification of the design, State Fire Service staff responsible for commissioning or others who participate in the project design have to understand the source of assumptions and simplifications which are made and be in a position to verify the basis for their application. Only such cognisant use of FSE tools will give confidence that evaluation results are close to reality and subsequent conclusions are correct.

Keywords: fire ventilation, enclosed car parks, smoke and heat exhaust systems, jet-fan ventilation

Type of article: review article

Аннотация

Цель: Представление знаний, связанных с использованием инженерных решений пожарной безопасности на этапе проекта и приёма систем противопожарной вентиляции, с особым учётом элементов системы уравнений, лежащей в основе метода CFD, физических моделей используемых в вычислениях и граничных условий, связанных с пожаром.

Введение: Проектирование систем противопожарной вентиляции закрытых гаражей является сложным и многоступенчатым процессом. Из-за отсутствия чётких национальных руководящих принципов и одновременного наличия в правилах технических и строительных функциональных требований, связанных с оценкой эффективности работы системы, данный процесс является сложным. Верификация и оценка проекта требует специализированных знаний не только в сфере правовых основ, но также в сфере использования современных инженерных решений, таких как вычислительная гидродинамика (CFD) или методы оценки эффективности работы установки с использованием горячего дыма. Чтобы люди, контактирующие с упомянутыми исследованиями могли самостоятельно оценить основные представленные им вопросы, необходимо закрыть основную информацию из анализируемой сферы в определённых рамках, и одновременно представить литературную базу, в которой нужно искать ответы на сложные вопросы.

Методология: В работе представлены результаты анализа литературы на данную тему, собственных исследований авторов публикации, проводимых в рамках исследовательского проекта NR 04 0003 06 „Контроль дыма и тепла в гаражах”, а также работ, проводимых в соответствии с установленным Институтом Строительной Техники (ITB) законом, а также текущей деятельности Отдела Огневых Испытаний Института Строительной Техники (ITB).

Выводы: Использование современных инженерных решений в области пожарной безопасности, таких как анализ с использованием метода вычислительной гидродинамики (SFD), а также метод горячего дыма, является сегодня популярной процедурой, которая сопровождает почти каждый проект системы противопожарной вентиляции закрытого гаража. Представляемые результаты анализов часто очень сложные для интерпретации и неоднозначны. Люди, осуществляющие проверку этих процессов, сотрудники ГПС, ответственные за приём и другие субъекты, участвующие в процессе проектирования должны знать источник происхождения принятых предположений и упрощений и быть в состоянии проверить основы их применения. Только такое сознательное использование инструментов, которыми мы обладаем, даёт уверенность, что результаты анализов ближе к реальности, а выводы, вытекающие из них – корректны.

Ключевые слова: противопожарная вентиляция, закрытые гаражи, канальная вентиляция, потоковая вентиляция

Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Problematyka projektowania i odbioru systemów wentylacji pożarowej garaży zamkniętych, choć na pierwszy rzut oka dobrze opisana w literaturze tematu i pozornie prosta do zastosowania w praktyce, nieustannie przysparza wielu problemów środowisku związanemu z bezpieczeństwem pożarowym. Odpowiedzi na wiele podstawowych pytań związanych ze wspomnianymi instalacjami miały dostarczyć realizowany w latach 2009-2012 projekt NR 04 0003 06 pt. „Kontrola dymu i ciepła w garażach” [1], oraz inne prace naukowo-badawcze realizowane w Zakładzie Badań Ogniwych Instytutu Techni-

ki Budowlanej [2],[3],[4],[5]. Wymagania stawiane systemom wentylacji pożarowej, w tym także systemom wentylacji pożarowej garaży zamkniętych, sformułowane w §270 rozporządzenia MI w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, mają charakter funkcjonalny [6],[7]. Oznacza to, że ustawodawca nie stawia wymagań formalnych związanych z parametrami wykorzystywanego systemu, lecz stawia cel jego zastosowania, a na projektancie spoczywa obowiązek zaprojektowania systemu, który umożliwi jego spełnienie, razem z przedstawieniem wiarygodnego dowodu potwierdzającego jego skuteczność. Wyma-

gania stawiane systemom odnoszą się nie tylko do bezpieczeństwa mogących przebywać w przestrzeni garaży, ale także w stosunku do bezpieczeństwa ekip ratowniczo-gaśniczych. Dowód ich spełnienia może mieć charakter obliczeń analitycznych opartych na wiarygodnej metodologii przedstawionej w dokumencie normatywnym lub stanowić efekt wykorzystania nowoczesnych narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego omawianych w niniejszej publikacji.

2. Podział systemów wentylacji pożarowej garaży zamkniętych

Systemy wentylacji pożarowej można podzielić ze względu na cel ich działania oraz ze względu na rodzaj urządzeń wykorzystywanych do osiągnięcia celu. Systemy wentylacji pożarowej wykorzystywane w ochronie garaży dla samochodów osobowych, ze względu na cel, który z ich wykorzystaniem można zrealizować, dzieli się na [8]:

- wentylację oddymiającą (ang. *SHEVS – Smoke and Heat Exhaust Ventilation*) – system, którego zasadą działania jest usuwanie dymu z warstwy dymu zgromadzonej pod stropem i utrzymanie wolnej od dymu przestrzeni, w której mogą ewakuować się ludzie;
- systemy kontroli dymu i ciepła – system, którego zasadą działania jest utrzymanie dymu w wyznaczonym obszarze pomiędzy źródłem ognia a miejscem jego usuwania w taki sposób, aby zapewnić łatwy dostęp do źródła ognia dla ekip ratowniczych;
- systemy oczyszczania z dymu (ang. *Smoke Clearance, dilute*) – system, którego zadaniem jest usuwanie dymu i mieszanie dymu z napływającym powietrzem kompensacyjnym w celu zmniejszenia jego temperatury i toksyczności.

Ze względu na rodzaj wykorzystywanych urządzeń systemy dzieli się na systemy wentylacji przewodowej (kanałowej) będące zazwyczaj systemami wentylacji oddymiającej oraz strumieniowej pracujące zazwyczaj jako systemy kontroli dymu i ciepła. Obydwa rodzaje urządzeń mogą zostać wykorzystane jako systemy oczyszczania z dymu, przy czym w praktyce większość systemów tego typu to systemy wentylacji strumieniowej.

3. Projektowanie systemów wentylacji pożarowej garaży zamkniętych

Podstawowe zasady działania poszczególnych systemów przedstawiono na ryc. 2. W opracowaniu nie będą poruszane zagadnienia związane z projektowaniem systemów wentylacji pożarowej, ich szczegółowe omówienie można odnaleźć w innych publikacjach autorów opracowania [9],[10],[11],[12] oraz w dokumentach normatywnych:

- BS 7346-7:2006 [13];
- NFPA 92:2012 [14];
- NFPA 204:2012 [15];
- NEN 6098:2010 [16];
- NBN S 21-208-2 [17];
- VDI 6019 Blatt 1 : 2006 [18];
- VDI 6019 Blatt 2 : 2009 [19];
- AS 4391 – 1999 [20];
- FSE3:2008 [21].

Podstawowe zasady projektowania systemów wentylacji pożarowej w garażach zamkniętych będą także przedmiotem opracowania *Wytyczne projektowania, weryfikacji i odbioru systemów wentylacji pożarowej* nr 493/2015 opracowywanych w Zakładzie Badań Ognio-ITB, których publikację przewidziano na I kwartał 2015 r. [22]

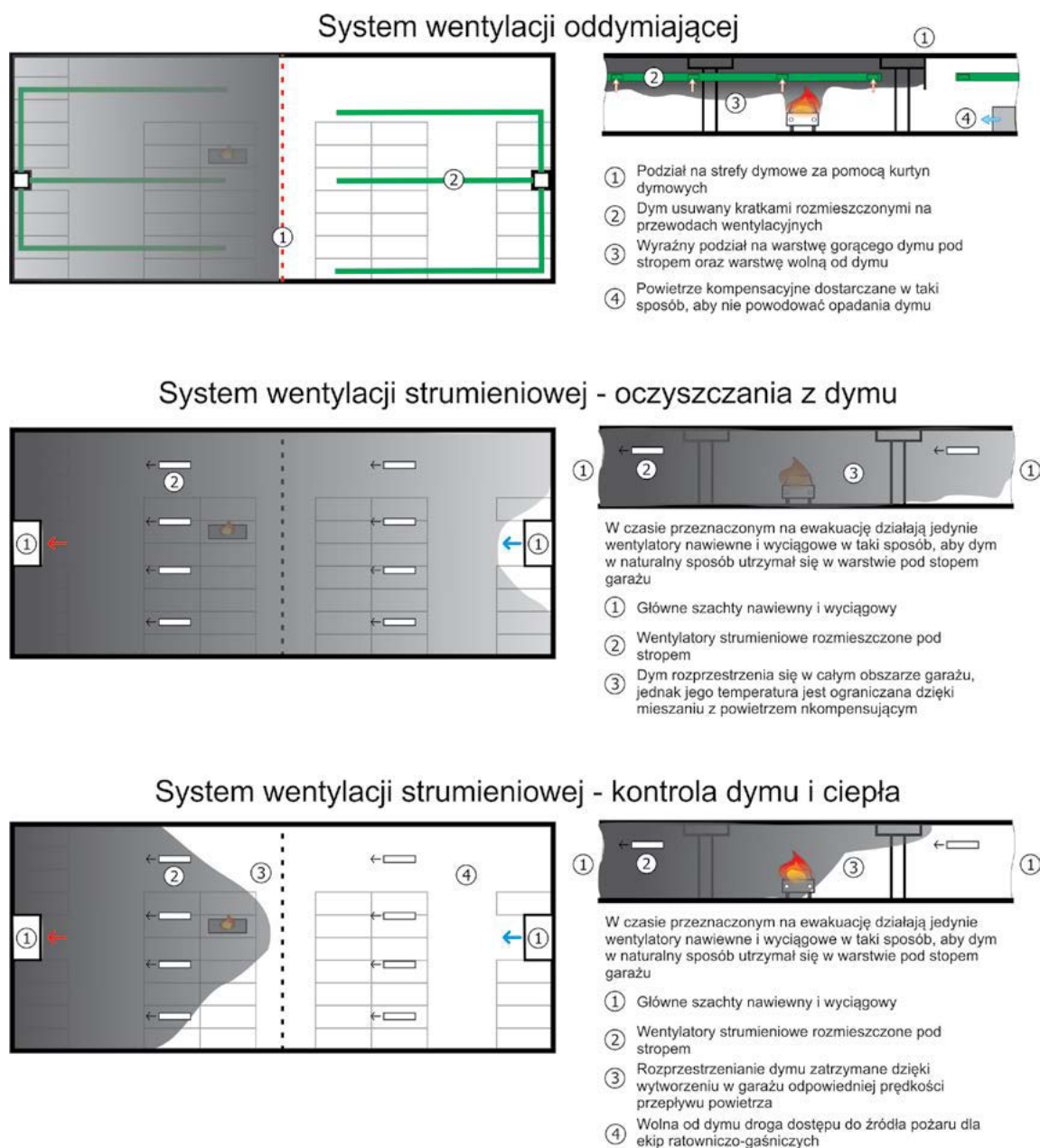
Typ systemu	Wentylacja oddymiająca	Kontrola dymu i ciepła	Oczyszczanie z dymu	Zabezpieczenia dróg ewakuacji
Rodzaj urządzeń	Mechaniczna (przewodowa)	Wentylacja strumieniowa	Mechaniczna (przewodowa)	Zabezpieczenie przed zadymieniem - grawitacyjne
	Grawitacyjna	Systemy "cross ventilation"	Wentylacja strumieniowa	Zabezpieczenie przed zadymieniem - mechaniczne
			Systemy "cross ventilation"	Zabezpieczenie przed zadymieniem - mieszane
				Zapobieganie zadymieniu - nadciśnienie

Ryc. 1. Podział systemów wentylacji pożarowej z uwagi na typ oraz rodzaj wykorzystanych urządzeń, z zaznaczeniem systemów najczęściej wykorzystywanych w garażach zamkniętych

Fig. 1. Fire ventilation systems based on their purpose and the type of solution, most popular systems used in car parks grayed out

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Ryc. 2. Podstawowe zasady działania systemów wentylacji pożarowej garaży zamkniętych [22]
Fig. 2. Principals of operation of basic fire ventilation systems in enclosed car parks [22]

Projektując system wentylacji pożarowej, należy pamiętać, że możliwa jest sytuacja, w której system wentylacji pożarowej o poprawnie dobranych parametrach działania z uwagi na specyficzne uwarunkowania architektoniczne może okazać się nieskuteczny [23]. Także dowolna wymiana wcześniej zaprojektowanego rodzaju systemu na inny (np. zmiana z przewodowej wentylacji oddymiającej na system wentylacji strumieniowej działający jako oczyszczanie z dymu) bez żadnego przeprojektowania szachtów lub innych kluczowych elementów systemu nie jest możliwa. W związku z powyższym dla każdego projektu systemu wentylacji pożarowej oraz istotnych zmian wprowadzanych w projekcie zaleca się przeprowadzenie analiz CFD rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w garażu w celu oceny skuteczności funkcjonowania każdego systemu wentylacji pożarowej, w trakcie której możliwa jest ocena skuteczności działania syste-

mu. Dodatkowo w celu weryfikacji skuteczności działania systemu w ukończonym obiekcie budowlanym przed oddaniem go do użytkowania zaleca się przeprowadzenie prób z gorącym dymem. W czasie prób oceniana jest współpraca systemu wentylacji pożarowej w obiekcie z innymi systemami bezpieczeństwa pożarowego w budynku, wraz z pełną weryfikacją poprawności realizacji scenariusza pożarowego.

4. Analizy numeryczne rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w garażu

Wykorzystanie mechaniki płynów w inżynierii bezpieczeństwa pożarowego stało się dziś nieodłącznym elementem większości projektów systemów wentylacji pożarowej. Przede wszystkim analiza przepływu dwóch płynów różniących się gęstością (temperaturą) to doskonałe pole do praktycznego zastosowania metody obliczenio-

wej mechaniki płynów (CFD, ang. *Computational Fluid Dynamics*). Nieustanny wzrost dostępnej mocy obliczeniowej komputerów osobistych spowodował obserwowany w ostatnich latach wzrost liczby zarówno podmiotów zajmujących się analizami numerycznymi w bezpieczeństwie pożarowym, jak i popularyzację samych analiz [24].

Pierwszym opisanym wykorzystaniem metody numerycznej w rozwiązywaniu równań opisujących przepływ płynu były prowadzone w latach 20. XX wieku prace Lewisa Richardsona, których przeznaczeniem było opracowanie modeli przewidywania pogody [25]. Rozwiązywanie zagadnień komputerowej mechaniki płynów polega na rozwiązywaniu układów równań różniczkowych opisujących analizowane zjawiska. Podstawowymi równaniami, rozwiązywanymi we wszystkich zadaniach, są równania opisujące pole ciśnienia i prędkości (równanie ciągłości) i równania ruchu Naviera-Stokesa. W przypadku analiz rozprzestrzeniania się dymu i ciepła rozwiązywane są dodatkowe równania zachowania – energii, promieniowania i transportu dymu. W publikacji poruszono zagadnienia związane z podstawowym układem równań metody CFD, modelowaniem pożaru, promieniowania i analizą wyników. Celowo pominięto zagadnienia związane z metodami dyskretyzacji czy schematami prowadzenia obliczeń. Więcej informacji na temat wykorzystania metody CFD w inżynierii bezpieczeństwa pożarowego zawarto w publikacjach [25-29], podczas gdy podstawy merytoryczne metody można odnaleźć w publikacjach [30-35].

4.1. Układ równań metody CFD na potrzeby analiz rozprzestrzeniania się dymu i ciepła

Podstawowy układ równań wykorzystywany w metodzie obliczeniowej mechaniki płynów wykorzystywanej w analizach na potrzeby bezpieczeństwa pożarowego w najprostszy sposób przedstawił McGrattan [25]:

- równanie zachowania masy, warunkujące przepływ w badanym obszarze. Zachowanie masy oznacza, że masa nie powstaje ani nie ginie w czasie obliczeń. Innymi słowy, zmiana gęstości w dowolnej objętości jest równa masowemu przepływowi przez jej granice. Dla rozwiązań związanych z bezpieczeństwem pożarowym równanie zachowania masy jest rozbudowane o równania transportu składników mieszaniny pozwalające określić istotne z punktu widzenia rozwiązania stężenia tlenu, paliwa oraz produktów spalania.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \rho \mathbf{u} = 0$$

Równanie masy może być także przedstawione jako równanie transportu składników mieszaniny, nazywane także równaniem zachowania składników:

$$\frac{\partial (\rho Y_i)}{\partial t} + \nabla (\rho Y_i \mathbf{u}) = \nabla \rho D_i \nabla Y_i + \dot{m}_i'''$$

- równanie zachowania momentu, będące wyrazem zachowania drugiego prawa ruchu Newtona. Siły powodujące przepływ płynu składają się z pola ciśnienia ∇p , tarcia (w formie tensora τ) oraz zewnętrznych sił f

(takich jak np. siła wyporu). Przedstawione równanie rozwiązywane jest dla każdego kierunku ruchu.

$$\frac{\partial (\rho \mathbf{u})}{\partial t} + \nabla (\rho \mathbf{u} \mathbf{u}) = -\nabla p + \mathbf{f} + \nabla \tau$$

- równanie zachowania energii, które określa, że entalpia w dowolnym punkcie zmienia się zależnie od strumienia energii wpływającego do objętości kontrolnej. Ponadto także wewnątrz objętości ciepło może być generowane w wyniku chemicznej reakcji spalania oraz być dostarczane w wyniku tarcia, oddziaływania ciśnienia, dyssypacji energii kinetycznej czy promieniowania. W zastosowaniach związanych z bezpieczeństwem pożarowym człon odpowiadający za oddziaływanie pola ciśnienia oraz dyssypację energii kinetycznej zazwyczaj pomija się.

$$\frac{\partial (\rho h)}{\partial t} + \nabla \rho h \mathbf{u} = \frac{Dp}{Dt} + \dot{q}''' - \nabla q + \epsilon$$

$$h = \int_{T_0}^T c_p dT$$

- aby przedstawiony układ równań był domknięty, niezbędne jest opisanie powiązań pomiędzy ciśnieniem i gęstością, co w przypadku zagadnień związanych z bezpieczeństwem pożarowym w wystarczającym stopniu opisuje równanie gazu doskonałego

$$p = \frac{\rho RT}{\bar{W}}$$

$$\bar{W} = \frac{1}{\sum \left(\frac{Y_i}{W_i} \right)}$$

Rozwiązywane w ramach analiz rozprzestrzeniania się dymu i ciepła zagadnienia charakteryzuje przepływ o dużej turbulencji. W związku z tym do opisu pola prędkości i ciśnienia przyjmuje znacznie bardziej skomplikowaną formę. W celu jego uproszczenia można wykorzystać np. metodę modelowania przepływu RANS (Reynolds Average Navier-Stokes). W metodzie tej turbulencja uwzględniana jest przez dodatkowe człony i równania wynikające z uśrednienia w czasie parametrów przepływu. Poza metodą RANS do modelowania przepływów wykorzystywane są metody: DNS (*Direct Navier-Stokes*), LES (*Large Eddy Simulation*) oraz DVM (*Discrete Vortex Methods*). W zagadnieniach inżynierii bezpieczeństwa pożarowego do modelowania przepływów turbulentnych najczęściej stosuje się model turbulencji k-ε w wersji „standard”. Szczegółowy opis modelu turbulencji k-ε znajduje się m.in. w pracach Błazik-Borowa [36], Launder i Sharma [37], [38] i Wilcox [39].

Drugi z popularnych modeli turbulencji to model LES (ang. *Large Eddy Simulation*), opierający się na teorii dużych wirów. Działanie tego modelu jest wyjątkowo wrażliwe na rozmiar siatki numerycznej wykorzystywanej w obliczeniach, przez co wymaga wykorzystania dokład-

niejszej siatki obliczeniowej oraz krótszego kroku czasowego obliczeń, w porównaniu do obliczeń z zastosowaniem modelu RANS [24]. Najistotniejszym parametrem charakteryzującym obliczenia z zastosowaniem metody LES jest tzw. filtr Smagorinskiego, czyli wielkość wirów, które w obliczeniach są pomijane. Wybór modelu przepływu turbulentnego, często sprowadzający się do wyboru oprogramowania, w którym prowadzone będą analizy numeryczne, ma kluczowe znaczenie przy rozwiązywaniu zagadnień związanych z przepływem wymuszonym przy oddziaływaniu pożaru, w szczególności w odniesieniu do systemów wentylacji strumieniowej. Model LES zaimplementowany np. w programie FDS w zależności od przyjętego wymiaru siatki może pomijać wiry istotnie wpływające na przepływ powietrza w pobliżu elementów wentylacji pożarowej. W związku z powyższym analizie z wykorzystaniem modelu turbulencji LES powinna towarzyszyć analiza *a posteriori* poprawności przyjętej siatki numerycznej poprzez np. sprawdzenie tzw. skali nierozwiązanej energii turbulencji (ang. *turbulence resolution*) [40],[41]. Wartość tego parametru nie powinna przekraczać 20% w obszarze w pobliżu elementów systemu wentylacji pożarowej. Dodatkowo z uwagi na powiązania pomiędzy modelem przepływu a modelem spalania, błędnie dobrany rozmiar siatki, a przez to złe rozwiązanie przepływu w pobliżu powierzchni dostarczającej paliwo może wpłynąć na generowaną w pożarze ilość ciepła oraz rozkład temperatury w kolumnie konwekcyjnej.

4.2. Modelowanie pożaru

Modelowanie procesów rozwoju pożaru i rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w obiektach budowlanych z wykorzystaniem komputerowej mechaniki płynów wymaga zdefiniowania modelu źródła pożaru oraz uzupeł-

nienia powyższej przedstawionego układu równań o równanie bilansu energii i równanie transportu dymu.

Źródło ciepła i dymu może być opisane z wykorzystaniem trzech dostępnych metod:

- powierzchniowe źródło ciepła i dymu, w którym energia oraz produkty spalania (dym, gazy toksyczne) uwalniane są z zadanej powierzchni odzwierciedlającej powierzchnię pożaru;
- objętościowe źródło ciepła i dymu, w którym energia oraz produkty spalania (dym, gazy toksyczne) uwalniane są wewnątrz określonej objętości odzwierciedlającej objętość pożaru;
- modele spalania, w których uwolnienie energii oraz powstanie dymu i innych produktów spalania jest efektem reakcji chemicznej. Paliwo jest uwalniane z zadanej powierzchni lub w zadanej objętości, a możliwość zajścia reakcji chemicznej warunkowana jest dostarczeniem minimalnej energii zapłonu, dostępnością paliwa i tlenu oraz stechiometrią reakcji, przy czym jeżeli wynikiem analizy ma być także stężenie tlenku węgla (II), wykorzystana reakcja chemiczna powinna być dwustopniowa.

Bez względu na rodzaj modelu użytkownik prowadzący obliczenia musi zdefiniować parametry [24]:

- mocy pożaru, czyli ilości ciepła powstającego w czasie, najczęściej przedstawianej w formie krzywej HRR (ang. *Heat Release Rate*), jest to wartość zmieniająca się w czasie;
- efektywnego ciepła spalania paliwa ΔH_c^{eff} , czyli parametru określającego, jaka ilość ciepła powstaje w spalaniu określonej masy paliwa, jest to wartość stała opisująca paliwo, uwzględniająca jego otoczenie;

Tabela 1.

Porównanie całkowitej wydzielonej energii [GJ] w czasie wybranych testów pożarowych samochodów osobowych w pełnej skali, na podstawie [42] oraz [43-52]

Table 1.

Comparison of total energy released in chosen full scale fire tests of cars, based on [42] and [43-52]

Jednostka badawcza / Testing unit	Rok / Rok prod. samochodu Year / Car date of production	Ilość po- jazdów / Number of cars	Szczytowe HRR / Peak HRR [MW]	Całkowita wydzielona energia / total energy released [GJ]
VTT	1994 / (1970 ¹)	1	1,5-2,0	3,0-3,9
FRS-BRE	1995 / (1982)	1	8,2	4,0
FRS-BRE	1995 / (1986)	1	4,4	4,95
CTICM	1997	1-2	1,7-10,0	2,1-8,9
MPA	1997 / (1980 ¹)	1	3,6	3,1
MPA	1997 / (1990 ¹)	1	1,7	3,2
MPA	1997 / (1990 ¹)	1	4,4	8,0
CTICM	2004 / (1994)	1	9,8	6,8
CTICM	2004 / (1994)	1	8,2	7,0
SP	2004	1	3,5	3,9
BRI	2008	1	2,0-3,5	4,8-5,0
BRE	2008	1	4,8	-

¹ nieznana data produkcji samochodu / unknown date of productions of the cars

- współczynnika generacji sadzy Ysoot określającego, jak dużo widocznego dymu powstaje ze spalenia określonej masy paliwa, jest to wartość stała opisująca paliwo, uwzględniająca jego otoczenie.

Przedstawione parametry źródła pożaru w odniesieniu do pożarów samochodów osobowych są odwzorowaniem wyników licznych badań nad ilością ciepła wydzielaną w pożarze pojazdu. Maksymalny strumień wydzielanego ciepła (ang. *heat release rate*, *HRR*) w dużej mierze zależy od sposobu prowadzenia badania (np. miejsce zapłonu) oraz momentu, w którym uszkodzeniu ulegnie zbiornik z paliwem, podczas gdy parametr całkowitej energii wydzielonej w trakcie pożaru samochodu zależy w największej mierze od całkowitej masy oraz rodzaju materiałów palnych znajdujących się w samochodzie. W ana-

lizach CFD parametrem wykorzystywanym będzie wartość HRR, jednak analiza całkowitej wydzielonej energii w pełniejszy sposób obrazuje zagrożenie, jakim jest pożar samochodu. Wartość całkowitej energii wydzielonej w badaniach prowadzonych nad samochodami osobowymi o podobnych gabarytach w latach 1994-2008 przedstawiono w tabeli 1. Wyniki te opracowano oparto na pracy Jannsens [42] oraz publikacjach podsumowujących przeprowadzone badania [42-52]. Na szczególne podkreślenie zasługują publikacje Van Oerle N. et al. [48] stanowiące podstawę merytoryczną przytoczonych w dalszej części publikacji krzywych HRR zalecanych do stosowania w analizach oraz publikacja BRE [52].

Z powyższego porównania wyników badań można wyciągnąć wniosek, iż nowoczesne samochody zawierają coraz większą ilość materiałów palnych. Szacowana

Tabela 2.

Źródło zapłonu oraz sposób wentylowania przedziału pasażerskiego w badaniach opracowane na podstawie [42] oraz [43-52]

Table 2.

Source of ignition and type of passenger compartment ventilation in fire tests, based on [42] and [43-52]

Nazwa jednostki badawczej / fire testing unit	Rok / Date	Czas trwania / lenght of the test [min]	Źródło zapłonu / Source of the ignition	Wentylacja przedziału pasażerskiego / Passenger compartment ventilation
VTT Building Technology	1994	69,8	1,5 l heptanu w tacy pod lewym przednim siedzeniem / 1.5 l of heptane in tray under left front seat	Lewe przednie drzwi uchylone z oknem otwartym, prawe okno uchylone o 5 cm / Left front window open wide, right window open for 5 cm
VTT Building Technology	1994	48,6	3 l heptanu w tacy pod komorą silnika / 3 l heptane in tray under the hood	Lewe przednie okno otwarte, pozostałe uchylone o 5 cm / Left front window open wide, other windows open for 5 cm
VTT Building Technology	1994	88,7	3 l heptanu w tacy pod komorą silnika / 3 l heptane in tray under the hood	Lewe przednie okno otwarte, pozostałe uchylone o 5 cm / Left front window open wide, other windows open for 5 cm
TU Braunschweig	1992	50,1	brak danych / no data	brak danych / no data
BRE	1995	38,6	400 ml benzyny w tacy w komorze silnika / 0.4 l gasoline in engine chamber	Okna kierowcy i pasażera otwarte / front windows open
CTICM	1997	20,9	1,5 l benzyny w tacy pod lewym przednim siedzeniem / 1.5 l of gasoline in tray under left front seat	no data
CTICM	1997	51,1	1,5 l benzyny w tacy pod lewym przednim siedzeniem / 1.5 l of gasoline in tray under left front seat	no data
CTICM	1997	42,8	1 l benzyny w tacy pod skrzynią biegów / 1 l gasoline in tray under gearbox	no data
SP	1998	25,2	0,2 rozpuszczalnika mineralnego na siedzeniu kierowcy / 0,2 of flammable liquid on drivers seat	no data
TNO	1999	17,6	no data	no data
TNO	1999	32,8	no data	no data
TNO	1999	27,7	no data	no data
MPA	1997	24,6	0,25 l izopropanolu pod przednim siedzeniem / 0,25 l iso-propane alcohol under front seat	Lekko uchylone okna / windows slightly open

Nazwa jednostki badawczej / fire testing unit	Rok / Date	Czas trwania / lenght of the test [min]	Źródło zapłonu / Source of the ignition	Wentylacja przedziału pasażerskiego / Passenger compartment ventilation
MPA	1997	56,9	0,25 l izopropanolu pod przednim siedzeniem / 0,25 l iso-propane alcohol under front seat	Lekko uchylone okna / windows slightly open
MPA	1997	47,4	0,25 l izopropanolu pod przednim siedzeniem / 0,25 l iso-propane alcohol under front seat	Lekko uchylone okna / windows slightly open
NIST	1999	38,8	2 l benzyny rozlane na przednim siedzeniu / 2 l of gasoline spilled on front seat	Otwarte okna kierowcy i pasażera / front windows open
NIST	1999	44,7	2 l benzyny rozlane na przednim siedzeniu / 2 l of gasoline spilled on front seat	Otwarte okna kierowcy i pasażera / front windows open
BRI	2008	48,4	Materiał zamoczony w metanolu / textile damped in methyl alcohol	Okna uchylone o 10 cm / windows open for 10 cm
BRI	2008	80,6	Materiał zamoczony w metanolu / textile damped in methyl alcohol	Okna uchylone o 10 cm / windows open for 10 cm
BRI	2008	46,9	Materiał zamoczony w metanolu / textile damped in methyl alcohol	Okna uchylone o 10 cm / windows open for 10 cm
BRI	2008	47,5	Materiał zamoczony w metanolu / textile damped in methyl alcohol	Okna uchylone o 10 cm / windows open for 10 cm
CTICM	2003	113,9	1,5 l benzyny w tacy / 1,5 l of gasoline in tray	Okno pasażera otwarte / passenger window open

w roku 1998 ilość tworzyw sztucznych w samochodzie osobowym wynosiła około 115 kg [53]. Do wartości tej należy dodać około 50 kg benzyny oraz innych cieczy palnych znajdujących się w pojeździe, co sumarycznie daje około 165 kg materiałów palnych w samochodzie. W pracy [54] przedstawiono dane pochodzące ze zezłomowanych pojazdów i określono, że masa elementów z tworzyw sztucznych w samochodach wynosi około 100 kg. Od czasu przeprowadzenia tych badań ilość materiałów palnych w pojazdach mogła wzrosnąć do około 150-200 kg [55]. Niestety w prowadzonych obecnie badaniach nad rozprzestrzenianiem się ognia w samochodach testowane są modele sprzed kilku lat. W trakcie prac BRE w latach 2007-2010 [52] przeprowadzono 11 pożarów testowych, w których wykorzystano 20 pojazdów wyprodukowanych w latach 1998-2004. W powyższym programie badawczym przyjęto, że w chwili badania samochody mogą mieć co najwyżej 5 lat bądź być wciąż produkowane w niezmienionej formie.

Średni czas trwania pożaru do samoistnego ugaszenia w analizowanych badaniach wynosił 48,3 minut. Najkrótszy odnotowany pożar trwał 17,6 minuty, a najdłuższy 113,9 minuty. Czas trwania eksperymentu w dużym stopniu zależał od źródła zapłonu oraz sposobu wentylacji przedziału pasażerskiego. Dane te dla opisywanych badań przedstawiono w tabeli 2.

Przy założeniach, że strumień wydzielanego ciepła w pożarze pojedynczego pojazdu jest stały w czasie, równy 4 MW, co odpowiada założeniom projektowym wykorzystywanym do projektowania instalacji wentylacji oddymiającej, a całkowite wydzielone ciepło równe 9500 MJ, co odpowiada pożarowi pojedynczego samochodu klasy 3 [45], całkowity oczekiwany czas spalania wyno-

si 39,6 minuty. Czas ten nie uwzględnia czasu niezbędnego na rozprzestrzenienie się ognia w obrębie samochodu oraz fazy wygaszania. Wartość ta jest zbliżona do wartości średniej równej 48,3 minuty pochodzącej z badań przedstawionych w tabeli 2.

Poza mocą pożaru, czasem jego trwania i całkowitą wydzieloną w pożarze energią, istotnym parametrem ważnym dla poprawnej analizy rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w garażach zamkniętych jest produkcja sadzy i toksycznych produktów spalania. Wartości tych parametrów opracowane na podstawie [56] przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3.

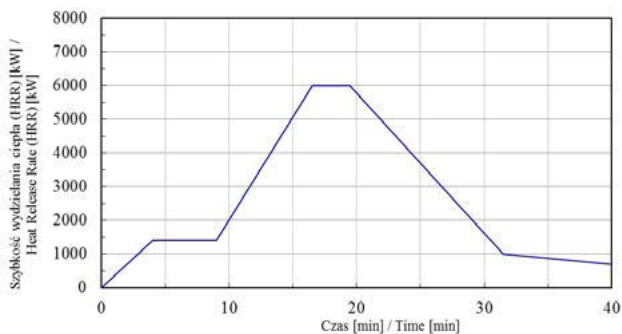
Wartości produkcji sadzy, CO₂ oraz CO dla wybranych tworzyw sztucznych, opracowano na podstawie [56]

Table 3.

Soot, CO₂ and CO yields for various plastics, based on [56]

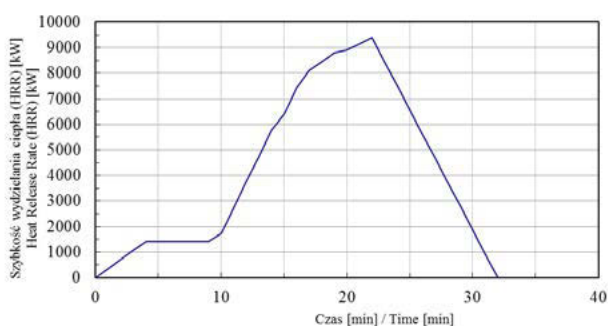
Material / Material	Produkcja / Production (g/g)		
	Sadza / Soot	CO ₂	CO
HDPE	0,035	b/d	b/d
PE	0,027	2,76	0,024
PP	0,046	2,76	0,024
PS	0,085	2,33	0,060
Pianka PS / PS Foam	0,128	2,32	0,061
Pianka PS (FR) / PS Foam (FR)	0,136	b/d	b/d
PMMA	0,010	2,12	0,01
ABS	0,066	b/d	b/d
ABS-PVC	0,124	b/d	b/d
PVC	0,076-0,112	0,46	0,063

Na potrzeby inżynierskich analiz rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w Zakładzie Badań Ogniowych ITB wykorzystywane są krzywe rozwoju pożaru jednego lub trzech samochodów osobowych zaczerpnięte z holenderskiej normy NEN 6098:2010 *Rookbeheersingssyste-men voor mechanisch geventileerde parkeergarages* [16] i przedstawione zostały na ryc. 3 i 4. Krzywe te są wynikiem programu badań nad rozwojem pożaru w garażach zamkniętych przeprowadzonego w 1999 roku przez holenderską organizację TNO [48].



Ryc. 3. Krzywa rozwoju pożaru pojedynczego samochodu osobowego przyjmowana do analiz CFD [16]

Fig. 3. HRR curve for a single vehicle used in CFD analysis [16]



Ryc. 4. Krzywa rozwoju pożaru trzech samochodów osobowych przyjmowana do analiz CFD [16]

Fig. 3. HRR curve for three vehicles used in CFD analysis [16]

4.3. Modele promieniowania cieplnego

Transport energii na drodze promieniowania jest kluczowy dla poprawnego rozwiązania przepływów w warunkach pożaru z uwagi na wysoką temperaturę oraz wysoką wartość współczynnika pochłaniania światła przez dym. Wykorzystywany model promieniowania powinien umożliwiać odwzorowanie strumienia promieniowania zwróconego od warstwy dymu w kierunku podłogi w celu oceny zagrożenia, jakie ono stwarza dla osób ewakuujących się oraz ekip ratowniczych.

Poprawne rozwiązanie transferu ciepła na drodze promieniowania jest trudne, ponieważ po pierwsze energia na tej drodze transportowana jest niemal natychmiast w całej badanej objętości, oraz po drugie energia wypromieniowywana jest z każdej objętości skończonej we wszystkich możliwych kierunkach. Zakładając, że gaz w objętościach kontrolnych jest ciałem szarym, najprostszymi modelem transportu ciepła na drodze promieniowania można przedstawić jako [25]:

$$s \nabla I(x, s) = \epsilon(x) [(I_b(x) - I(x, s))]$$

gdzie I jest intensywnością promieniowania, funkcją zarówno położenia (x), jak i kierunku (s). Założenie ciała szarego pozwala pominąć fakt, że intensywność promieniowania I jest także funkcją długości fali, tak jak współczynnik emisyjności ϵ i źródło I_b . Opis współczynnika emisyjności jest funkcją stężenia cząsteczek sadzy w danej objętości kontrolnej. Rozwiązanie promieniowania powinno odbywać się dla skończonej liczby kątów emisji. Liczba tych kątów jest olbrzymia, co w połączeniu z równie dużą liczbą objętości kontrolnych powoduje tak wysokie wymagania sprzętowe niezbędne dla poprawnego rozwiązania promieniowania. Alternatywą dla bezpośredniego rozwiązania promieniowania są modele „transportu promieniowania”, których przykładem jest model P1. W modelu P1 równanie strumienia ciepła na drodze promieniowania ma postać [57]:

$$\Gamma = -\frac{1}{3(\epsilon + \sigma) - C\sigma}$$

$$q_r = -\Gamma \nabla G$$

gdzie ϵ jest współczynnikiem emisyjności, σ jest współczynnikiem rozpraszania, G jest natężeniem promieniowania, a C współczynnikiem opisanym przyjmującym wartość od -1 do 1 wyznaczanym dla każdego elementu skończonego. Wartość dodatnia współczynnika C oznacza, że z objętości skończonej wypromieniowane jest więcej energii, niż otrzymuje ona na drodze promieniowania. Dzięki zastosowaniu modelu P1 przepływ energii na drodze promieniowania nie jest rozwiązywany dla wszystkich kątów emisji, ale raczej w formie równania transportu promieniowania pomiędzy objętościami skończonymi:

$$\nabla q_r + 4\pi \left(\epsilon \left(\frac{\sigma T^4}{\pi} + E_p \right) \right) - (\epsilon + \epsilon_o) G = 0$$

gdzie E_p to emisyjność zastępcza a ϵ_p to zastępczy współczynnik absorpcyjności, wyznaczany z wykorzystaniem kolejnego układu równań, przedstawionego w szczegółach w [57].

Bez względu na wykorzystywany model promieniowania, niezwykle ważne jest poprawne opisanie współczynnika absorpcji światła dla dymu. W większości zastosowań inżynierskich za poprawną wartość tego współczynnika dla dymu przyjmuje się od 0,4 do 0,7. Całkowita energia transportowana na drodze promieniowania powinna wynosić około 30%-40% energii powstałej w czasie pożaru, a jej wartość często opisuje się jako konwekcyjną moc pożaru.

4.4. Ocena wyników obliczeń numerycznych

Poprawne przedstawienie wyników analizy numerycznej jest równie trudne, jak poprawne przygotowanie

założeń do analizy. Proces *post-processingu* to nie tylko generacja obrazów ilustrujących wyniki przeprowadzonych obliczeń, ale przede wszystkim ich analiza. Należy pamiętać, że zjawiska przebiegają w trzech wymiarach, podczas gdy obrazy je ilustrujące są zazwyczaj generowane na arbitralnie wybranych płaszczyznach. Ocena wyników bazująca jedynie na wynikach z wybranych obszarów może prowadzić do skrajnych ocen, niedoszacowania lub przeszacowania zagrożenia. Wątpliwości z doбором płaszczyzny wynikowej potęguje kwestia wielkości pojedynczego elementu siatki obliczeniowej, który może mieć nawet kilkanaście-kilkadziesiąt centymetrów. Osoba prowadząca obliczenia numeryczne musi posiadać wiedzę dotyczącą schematów uśredniania i przedstawiania wartości otrzymanych w czasie obliczeń numerycznych wewnątrz objętości kontrolnych.

Kryteria oceny wyników obliczeń numerycznych różnią się dla etapów ewakuacji osób z budynku oraz eta-

pu prowadzenia działań ratowniczo gaśniczych. Wartości liczbowe kryteriów przedstawiono w tabeli 1. Więcej informacji dotyczących analizy wyników obliczeń numerycznych i stawianych kryteriów oceny analiz numerycznych można odnaleźć w publikacjach [25],[26],[27],[58-62].

Ponieważ wyniki analizy obliczeń numerycznych odnoszą się do chwil czasowych związanych z procesem ewakuacji, nierozłącznym elementem każdej analizy numerycznej rozprzestrzeniania się dymu i ciepła jest ocena tzw. czasów ewakuacji, w tym najważniejszego – Wybranego Czasu Bezpiecznej Ewakuacji (WCBE, ang. *RSET*). Analizy te mogą mieć charakter analityczny lub numeryczny, więcej informacji na ich temat można odnaleźć w publikacjach [62-65]. Wiedzę dotyczącą wykorzystania komputerowych modeli ewakuacji przedstawiono m.in. w publikacjach [62],[66-68].

Tabela 4.

Table 4.

Kryteria stawiane systemom wentylacji pożarowej

Assessment criteria

Kryterium / Criteria	Wentylacja oddymiająca / SHEVs	Kontrola dymu i ciepła / Smoke control	Oczyszczanie z dymu / Smoke clearance
W czasie ewakuacji / during evacuation			
Temperatura / Temperature	pod stropem / under the ceiling – 200°C na wysokości do 1,80 m / at the height of 1,80 m - 60°C		
Zadymienie / Visibility	dym utrzymujący się pod stropem kondygnacji, na wysokości do 1,80 m / smoke in a layer under ceiling, at the height of 1,80 m mass density of smoke not higher than – 0,105 g/m³ (zasięg widzialności znaków ewakuacyjnych świecących własnym światłem – 10 m / visibility of light emitting evacuation signs higher than 10 m)		
Promieniowanie / Radiation	mniej niż 2,5 kW/m² w kierunku podłogi / radiation lower than 2,5 kW/m² towards the floor		
W czasie prowadzenia działań ratowniczo gaśniczych / during the firefighting operation			
Temperatura / Temperature	na wysokości 1,50 m mniej niż 120°C w odległości ponad 15 m od źródła pożaru / at the height of 1,50 m less than 120°C in more than 15 away from the fire		
Zadymienie / Visibility	Na wysokości 1,50 m do 0,105 g/m³ (zasięg widzialności znaków ewakuacyjnych świecących własnym światłem – 10 m) w odległości do 15 m od źródła pożaru / At the height of 1,50 m up to 0,105 g/ m³ (visibility higher than 10 m for light emitting signs) further than 15 m away from the fire	Na wysokości 1,50 m do 0,105 g/m³ (zasięg widzialności znaków ewakuacyjnych świecących własnym światłem – 10 m) w odległości do 15 m od źródła pożaru / At the height of 1,50 m up to 0,105 g/ m³ (visibility higher than 10 m for light emitting signs) further than 15 m away from the fire	Strefa może być zadymiona / Smoke zone can be filled with smoke
Promieniowanie / Radiation	Do 15 kW/m² w odległości 5 m od źródła pożaru, 5 kW/ m² w odległości 15 m od źródła pożaru, 2,5 kW/m² w pozostałym obszarze Up to 15 kW/m² in 5 m away from fire, up to 5 kW/m² in 15 m away from fire 2,5 kW/m² further away		
Dostęp do źródła ognia / Access for firefighters	Dym w dwóch warstwach – źródło pożaru jest widoczne a dostęp do niego ułatwiony / smoke in two layers, source of fire visible and access to it is possible	Możliwy dostęp do źródła pożaru w odległości do 15 m od jego lokalizacji, drogą wolną od dymu / sufficiently free of smoke access to fire (15 m away)	Cały obszar strefy zadymiony – strefa pożarowa powinna być na tyle mała aby szybkie odnalezienie i lokalizacja pożaru były możliwe / zone filled with smoke, although its area should be small enough that firefighting operations will be possible

Źródło: Opracowanie własne.

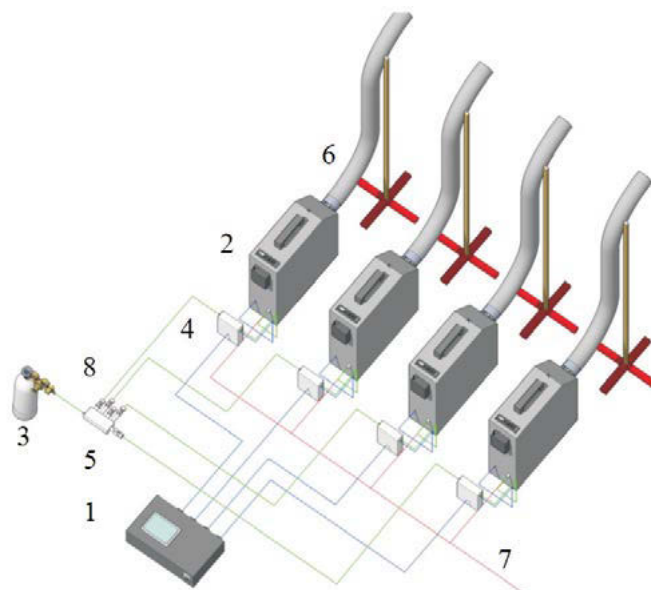
Source: Own elaboration.

5. Odbiór systemów wentylacji pożarowej

Skuteczny system wentylacji to nie tylko dobry projekt, ale także jego poprawne wykonanie, co oznacza pełną integrację systemu wentylacji pożarowej z innymi instalacjami bezpieczeństwa pożarowego w obiekcie. Takie współdziałanie może zostać zweryfikowane z wykorzystaniem prób z gorącym dymem. W trakcie prób imitujących rozwój rzeczywistego pożaru w budynku możliwa jest ocena przepływów powietrza wywołanych działaniem systemu w istniejącym obiekcie, lepsza regulacja bilansu powietrza nawiewanego poszczególnymi punktami nawiewnymi i przede wszystkim weryfikacja poprawności współpracy systemu wentylacji z systemem sygnalizacji pożaru wraz z oceną poprawności realizacji scenariusza pożarowego.

Standardy regulujące zakres odbiorów technicznych z uwagi na bezpieczeństwo pożarowe są przedmiotem prac wielu ośrodków na świecie. W Stanach Zjednoczonych organizacja *NFPA* opracowała wytyczne dotyczące procedur odbiorowych obiektów budowlanych [69]. Ponadto w wytycznych tej organizacji [15] oraz [70] można znaleźć zalecenia dotyczące odbioru systemów wentylacji pożarowej. W kanadyjskim ośrodku *CAN/ULC* trwają prace nad standardem dot. zintegrowanego odbioru systemów bezpieczeństwa pożarowego oraz bezpieczeństwa życia [71]. Wytyczne prowadzenia testów odbiorowych systemów wentylacji pożarowej z wykorzystaniem źródeł ciepła zawarto w dokumentach australijskich [20],[72] a następnie przywołano w wytycznych singapurskich [21]. W Europie najbardziej zaawansowaną procedurę odbioru systemów wentylacji pożarowej zawarto w wytycznych niemieckich [18]. Obecnie trwają także zaawansowane prace nad jednolitym standardem dotyczącym projektowania, wykonawstwa oraz odbioru systemów wentylacji pożarowej garaży zamkniętych w ramach prac grupy roboczej CEN TC 191/SC1/WG9 [73].

W trakcie prac prowadzonych w ramach projektu rozwojowego NR 04 0003 06 pt. „Kontrola rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w garażach” [1] przetestowano wiele rozwiązań generacji dymu, które mogłyby zostać wykorzystane do oceny skuteczności działania systemów bezpieczeństwa pożarowego. We wczesnej fazie projektu testowano różne typy świec dymowych i generatorów zimnego dymu. Ostatecznie opracowany zestaw urządzeń składa się z zestawu tac grzewczych z ciekłym paliwem, generatorów gorącego dymu odpornego na temperatury do 200°C oraz opcjonalnie urządzenia kontrolującego przebieg testu i integrującego wykorzystywane generatory dymu. Zaproponowana automatyzacja próby pozwoliła na całkowite uniezależnienie przebiegu testu od działań osób odpowiedzialnych za jego prowadzenie, co przedstawiono na ryc. 5.



1 – urządzenie integrujące / integrating device; 2 – generatory dymu / smoke generators; 3 – butla z gazem roboczym / working gas; 4 – regulatory przepływu / flow regulators; 5 – kolektor / collector; 6 – zestaw przewodów elastycznych / wiring; 7 – źródło prądu (230 V AC) / source of electricity; 8 – zawór redukcyjny / reduction valve

Ryc. 5. Schemat zestawu integrującego generatory dymu
Fig. 5. Scheme of smoke generators integrating device

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

5.1. Procedura prowadzenia testu z gorącym dymem

Liczba tac z paliwem oraz liczba generatorów dymu dobierana jest indywidualnie dla każdego obiektu. Maksymalna moc pożaru testowego wykorzystywanego w trakcie testów z gorącym dymem wynosi do 1 MW. Do oszacowania mocy pożaru testowego można wykorzystać wytyczne przedstawione w [17] i [20]. Prowadzone przez nas badania eksperymentalne wykazały, iż moc pożaru generowana z jednej tacy z paliwem o wymiarach 0,50 m na 0,50 m zależy przede wszystkim od ilości użytego paliwa i zmienia się w przedziale od 100 kW do 170 kW. Maksymalny czas spalania paliwa w pojedynczej tacy wynosi około 17 minut.

Przed przystąpieniem do testu z wykorzystaniem gorącego dymu analizowana jest dokumentacja powykonawcza systemów bezpieczeństwa pożarowego w budynku, ze szczególnym uwzględnieniem systemów wentylacji pożarowej. Najistotniejszym dokumentem opisującym zachowanie systemów automatyki pożarowej w budynku jest scenariusz pożarowy, a w trakcie próby weryfikowana jest poprawność realizacji jego założeń.

Bezpośrednio przed rozpoczęciem testu z wykorzystaniem gorącego dymu uruchamiana jest instalacja wentylacji bytowej do momentu ustabilizowania się przepływów powietrza w badanej strefie. Rozpoczęcie testu następuje w momencie zapłonu pierwszej tacy z ciekłym paliwem oraz uruchomienia pierwszego generatora dymu. Zgodnie ze scenariuszem prowadzenia testu dla danego obiektu w określonych odstępach czasu następuje zapłon kolejnych tac z paliwem oraz uruchamianie pozostałych

generatorów dymu. Mierzony jest czas od rozpoczęcia próby do detekcji pożaru przez system sygnalizacji pożaru w obiekcie.

System sygnalizacji pożarowej powinien automatycznie realizować zadania opisane w scenariuszu pożarowym dla danej strefy. Mierzone są czasy, w których nastąpiło osiągnięcie przez system wentylacji pożarowej zakładanej wydajności wyciągu oraz nawiewu powietrza kompensacyjnego, a także uruchomienie pozostałych elementów systemu. W przypadku systemów wentylacji pożarowej z wentylatorami strumieniowymi mierzone są czasy zwłoki od ogłoszenia alarmu pożarowego w badanej strefie pożarowej do momentu uruchomienia się wentylatorów strumieniowych. Czas trwania pojedynczej próby wynosi średnio od 12 do 20 minut [74].

W trakcie testów obserwuje się działanie wszystkich elementów automatyki pożarowej w budynku, takich jak bramy pożarowe, automatyczne kurtyny dymowe, przeciwpożarowe kłapy odcinające, dźwiękowy system ostrzegawczy czy oświetlenie awaryjne i ewakuacyjne. Ponadto prowadzone są obserwacje przepływu dymu w budynku, formowanie się dwóch warstw dymu czy wydzielenie przestrzeni niezadymionych w budynku. Często podczas próby uruchamiany jest przeciwpożarowy wyłącznik prądu w budynku bądź ręczne ostrzegacze pożarowe w sąsiednich do badanej strefach pożarowych.

Zaproponowana metoda może być wykorzystana w celu oceny skuteczności działania systemów bezpieczeństwa pożarowego każdego rodzaju obiektów budowlanych. Metoda jest całkowicie niebrudząca oraz nie powoduje uszkodzeń konstrukcji czy elementów wykończenia wnętrza, w związku z czym nakłady finansowe niezbędne do przeprowadzenia tego typu testów są niewielkie.

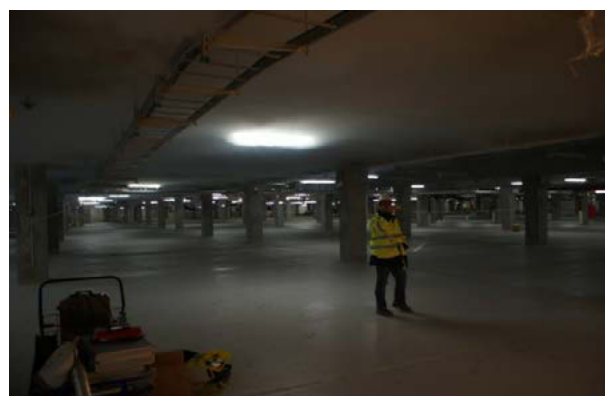
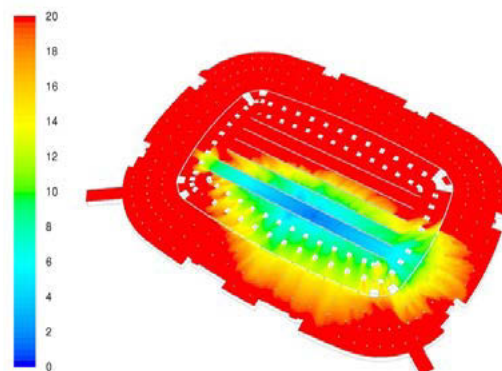
6. Porównanie wyników analiz numerycznych i prób z gorącym dymem

Analizy numeryczne z wykorzystaniem metody CFD oraz testy z gorącym dymem są narzędziami inżynierskimi pozwalającymi ocenić skuteczność funkcjonowania systemów wentylacji pożarowej na różnych etapach powstawania obiektów budowlanych od momentu ich koncepcji aż po etap ich wykonania w rzeczywistości. Pomimo jednoznacznych różnic między metodami, w szczególności w doborze wielkości pożaru testowego, jakościowa ocena systemu w obydwu metodach powinna być zbieżna. Elementy takie jak wydzielenie obszarów zadymionych (strefy dymowe) czy wpływ napływającego powietrza kompensacyjnego na mieszanie się warstwy dymu powinny mieć podobny przebieg w czasie prób z wykorzystaniem obydwu metod. To samo dotyczy wykonywanych pomiarów prędkości przepływu powietrza na zimno czy wyznaczenie przepływów w przestrzeni, z wyłączeniem miejsca w pobliżu źródła ognia powinny być do siebie zbliżone.

W celu zweryfikowania postawionej tezy przeprowadzono analizę porównawczą obliczeń numerycznych z wykorzystaniem metody CFD z testami systemów wentylacji pożarowej. Badania przeprowadzono z wykorzystaniem zestawu do przeprowadzania testów z gorą-

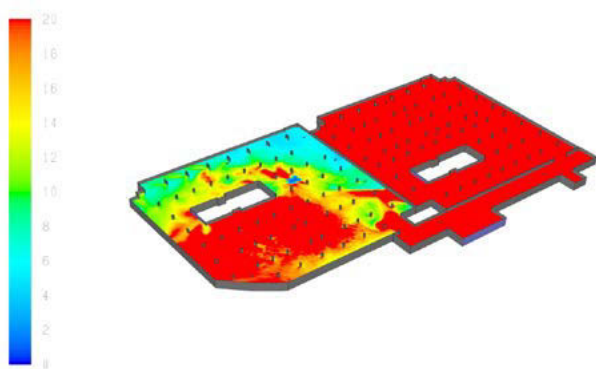
cym dymem dla czterech wytypowanych obiektów, o powierzchni od 1 250 m² do 26 650 m². Dodatkowo wykonano także analizę porównawczą rozkładu prędkości przepływu powietrza w osi wentylatora strumieniowego w oparciu o badania eksperymentalne przeprowadzone przez ośrodek TNO z Holandii [75] i Uniwersytet w Eindhoven [76] oraz obliczenia numeryczne wykonane w oprogramowaniu ANSYS Fluent oraz FDS.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że jakościowa ocena systemów wentylacji pożarowej z wykorzystaniem obydwu przedstawionych w artykule metod była podobna. Zaobserwowane w symulacjach zjawiska cofania się dymu czy mieszania dymu z napływającym powietrzem kompensacyjnym występowały w tych samych obszarach budynku, przy czym skala zjawiska w obydwu metodach była różna. Istotne różnice pomiędzy metodami występowały przy określaniu wysokości warstwy dymu czy prędkości przepływu dymu pod stropem, co może mieć związek z istotnymi różnicami w wielkości źródła pożaru – celowo ograniczanego w trakcie próby z gorącym dymem. Analiza porównawcza wyników badań prędkości przepływu powietrza wyrzucanego przez wentylator strumieniowy potwierdziła, że analizy numeryczne prowadzone w oprogramowaniu ANSYS Fluent z wykorzystaniem modeli przepływu turbulentnego k-ε znajdują zastosowanie w rozwiązywaniu zagadnień tego rodzaju.



Ryc. 7. Dym płynący w kierunku przeciwnym do wymuszonego działaniem szachtów przepływu powietrza, pomiędzy dwoma podciągami w obiekcie, zaobserwowany w obliczeniach numerycznych i podczas prób z gorącym dymem [1]

Fig. 7. View of a smoke flowing against the forced ventilation direction between two beams underneath the ceiling in CFD and in hot smoke tests [1]



Ryc. 8. Opadanie dymu w pobliżu ściany budynku zaobserwowane w obliczeniach numerycznych oraz podczas prób z gorącym dymem [1]

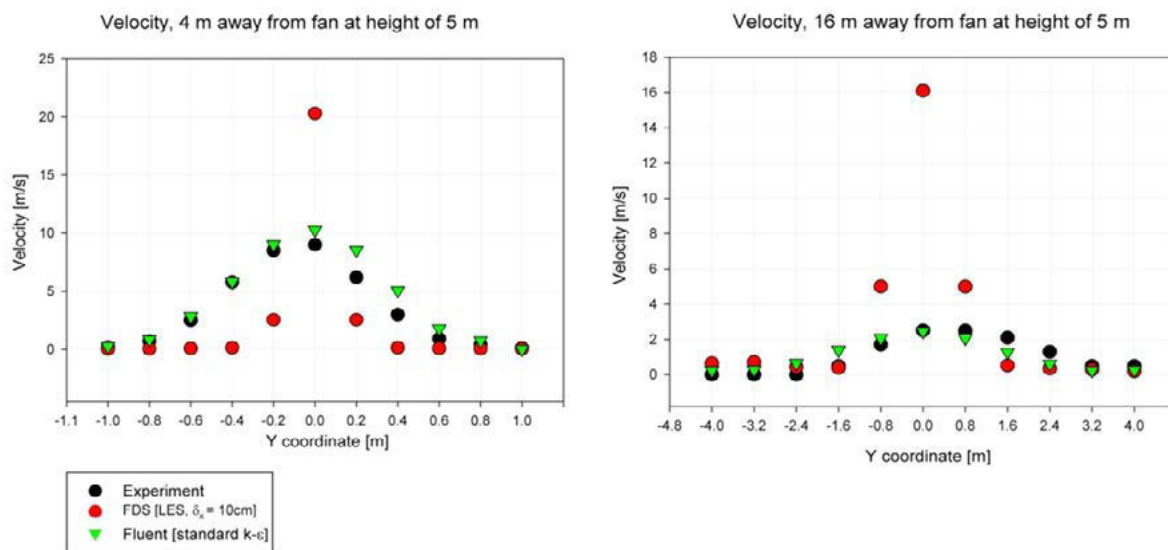
Fig. 8. Smoke falling observed in CFD calculations and hot smoke tests [1]

7. Podsumowanie

W pracy przedstawiono przegląd wiedzy oraz doświadczeń naukowych autorów opracowania w istotnych aspektach wykorzystania nowoczesnych narzędzi inżynierskich w projektowaniu i odbiorze systemów wentylacji pożarowej garaży zamkniętych. Liczymy, że korzy-

stając z przytoczonych źródeł, osoby, które chcą zgłębiać swoją wiedzę w omawianym zakresie, będą w stanie znaleźć odpowiedź na nurtujące je pytania. Znajomość źródeł wiedzy jest w dziedzinie, którą omawiano, szczególnie ważna, ponieważ rzetelny dowód skuteczności zaprojektowanego systemu wentylacji pożarowej jest dziś formalnym wymogiem przepisów prawa (§270 rozporządzenia [6]). Oczywiście dowód ten może przybrać formę opinii technicznej bądź ekspertyzy popartej np. analizą numeryczną rozprzestrzeniania się dymu i ciepła. W tym wypadku, oprócz przedstawienia wyników analizy i oceny własnej autora, niezbędne jest podanie szczegółowego opisu rozwiązywanych zależności (wybranych modeli i sub-modeli fizycznych), założeń dotyczących źródła pożaru i spalnego materiału czy kryteriów oceny wyników analizy. W obecnej chwili brakuje krajowych uregulowań w omawianym zakresie. Próbę wypełnienia tej luki podjęli autorzy opracowania w przygotowywanym do opublikowania dokumencie [22] i dostępnych już publikacjach [23],[24]. Ciekawe spostrzeżenia związane z wykorzystaniem metod numerycznych w inżynierii bezpieczeństwa pożarowego zawarto w publikacjach [25],[26], a interesującą próbę określenia wymagań stawianych oprogramowaniu podjęli autorzy opracowania [77].

W przypadku, gdy ocena skuteczności funkcjonowania musi być przeprowadzona dla istniejącego obiektu, alternatywą dla analiz numerycznych są próby z gorącym dymem. Przewagą tego typu działania jest przede wszystkim możliwość oceny współpracy badanego systemu z pozostałymi elementami automatyki pożarowej nierozłącznie powiązanymi z wentylacją pożarową. Ocena ilościowa systemu podczas próby z gorącym dymem jest niezwykle trudna (o ile w ogóle możliwa), jednak wnioski jakościowe płynące z obserwacji i pomiarów prowadzonych w czasie próby mogą być wystarczające do jednoznacznej oceny przydatności badanej instalacji na wypadek prawdziwego pożaru. Podobnie jak w przypadku ana-



Ryc. 9. Porównanie prędkości przepływu powietrza w wybranych punktach przestrzeni dla modelu turbulencji RANS k-ε, LES oraz badań eksperymentalnych [1]

Fig. 9. Comparison of air velocity in chosen points of space for turbulence models RANS k-ε, LES and obtained from experiment [1]

liz numerycznych brakuje jednoznacznych wytycznych opisujących w wyczerpujący sposób procedurę i wymagania stawiane próbom z gorącym dymem. Najlepszymi dostępnymi źródłami wiedzy w tym zakresie są normy [18] i [20] oraz publikacje podsumowujące bogate doświadczenia Zakładu Badań Ogniwych Instytutu Techniki Budowlanej w prowadzeniu tego typu prób [2],[74]. Próba usystematyzowania zagadnień związanych z odbiorem instalacji wentylacji pożarowej, w tym także z wykorzystaniem metody gorącego dymu, będzie podjęta w zapowiadanej wcześniej publikacji [22].

8. Wnioski

Wykorzystanie nowoczesnych narzędzi inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, jakimi są analizy z wykorzystaniem metody obliczeniowej mechaniki płynów (CFD) oraz metoda gorącego dymu jest dzisiaj powszechną procedurą towarzyszącą niemalże każdemu projektowi systemu wentylacji pożarowej garażu zamkniętego. Przedstawiane wyniki analiz są często trudne w interpretacji i niejednoznaczne. Osoby prowadzące weryfikację tych projektów, funkcjonariusze PSP odpowiadający za odbiór i inne podmioty biorące udział w procesie projektowania muszą mieć świadomość źródła pochodzenia przyjętych założeń i uproszczeń oraz być w stanie zweryfikować podstawy ich zastosowania. Dopiero takie w pełni świadome wykorzystanie narzędzi, którymi dysponujemy, daje pewność, że wyniki analiz są bliskie rzeczywistości, a wnioski z nich płynące poprawne.

Literatura

1. Sztarbała G. (kier. projektu), projekt rozwojowy pt. „Kontrola rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w garażach” NR 04 0003 06, Warszawa 2009-2012.
2. Sztarbała G., Węgrzyński W., Krajewski G., *Wykorzystanie metody gorącego dymu do oceny skuteczności funkcjonowania systemów bezpieczeństwa pożarowego w obiektach budowlanych*, Konferencja Bezpieczeństwo Pożarowe Obiektów Budowlanych, Warszawa, 2012.
3. Węgrzyński W., Krajewski G., *Wykorzystanie badań w skali modelowej do weryfikacji obliczeń CFD wentylacji pożarowej w tunelach komunikacyjnych*, Konferencja BiBT, Kraków 2014.
4. Węgrzyński W., *Przepływ dymu i ciepła w wielokubaturowym obiekcie budowlanym w warunkach pożaru*, „Budownictwo i Architektura”, Vol. 12 Issue 2, 2013, pp. 165-172.
5. Węgrzyński W., Krajewski G., *Wentylacja strumieniowa*, „Przegląd Pożarniczy”, Issue 4, 2014.
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz. U. nr 75, poz. 690) z późniejszymi zmianami.
7. Węgrzyński W., Krajewski G., *Doświadczenia z wykorzystania narzędzi inżynierskich do oceny skuteczności funkcjonowania systemów wentylacji oddymiającej*, „Materiały budowlane”, Issue 7, 2014, pp. 26-29.
8. Węgrzyński W., Krajewski G., Sulik P., *Systemy wentylacji pożarowej w budynkach*, „Inżynier Budownictwa”, Issue 9, 2014, pp. 54-59.
9. Krajewski G., Węgrzyński W., Głabski P., *Projektowanie systemów wentylacji pożarowej w obiektach budowlanych*, *Kurs organizowany przez Zakład Badań Ogniwych. Warszawa, Instytut Techniki Budowlanej*, 2014.
10. Węgrzyński W., Sztarbała G., Krajewski G., *Praktyczne aspekty zastosowania wentylacji strumieniowej w garażach zamkniętych*, „Budownictwo Górnicze i Tunelowe”, Issue 3, 2012, pp. 6-10.
11. Sztarbała G., Węgrzyński W., Krajewski G., *Kontrola rozprzestrzeniania się dymu i ciepła w garażach*, „Materiały Budowlane”, Issue 7, 2012, pp. 50-52.
12. Sulik P., Węgrzyński W., *Podział przestrzeni w budynku a rozprzestrzenianie się pożaru*, „Inżynier Budownictwa”, Issue 5, 2014.
13. BS 7346-7:2006 Components for smoke and heat control systems – Part 7: Code of practice on functional recommendations and calculation methods for smoke and heat control systems for covered car parks, BSI, 2006
14. NFPA 92:2012 – Standard for Smoke Control Systems, National Fire Protection Association, 2012.
15. NFPA 204:2012 – Standard for Smoke and Heat Venting, National Fire Protection Association, 2012.
16. NEN 6098:2010 Rookbeheersingssystemen voor mechanisch geventileerde parkeergarages.
17. NBN S 21-208-2 Brandbeveiliging in gebouwen - Ontwerp van rook- en warmteafvoersystemen (RWA) van gesloten parkeergebouwen.
18. VDI 6019 Blatt 1 Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden Brandverläufe, Überprüfung der Wirksamkeit, 2006.
19. VDI 6019 Blatt 2 Ingenieurverfahren zur Bemessung der Rauchableitung aus Gebäuden Ingenieurmethoden, 2009.
20. AS 4391 – 1999 Smoke management systems – Hot smoke test.
21. FSE3:2008 Fire safety requirements for ductless jet fan system in car parks, 2008.
22. Węgrzyński W., Krajewski G., *Wytyczne projektowania, weryfikacji i odbioru systemów wentylacji pożarowej*, Instytut Techniki Budowlanej, 2014.
23. Krajewski G., Węgrzyński W., *Wentylacja pożarowa garaży – błędy projektowe i wykonawcze*, „Materiały Budowlane”, Issue 10, 2014, pp. 141-143.
24. Węgrzyński W., Krajewski G., *Dobór modeli oraz warunków brzegowych a wynik analizy numerycznej rozprzestrzeniania się dymu i ciepła*, „Materiały Budowlane”, Issue 10, 2014, pp. 144-146.
25. McGrattan K., Miles S., *Modelling Enclosure Fires Using Computational Fluid Dynamics (CFD)*, [w:] *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 3rd Edition, Massachusetts, NFPA, 2008, s. 3-229 - 3-246.
26. Rudniak L., Sztarbała G., Krajewski G., *Zastosowanie obliczeniowej mechaniki płynów [CFD] do prognozowania rozprzestrzeniania dymu i transportu ciepła w obiektach budowlanych*, Inż. Ap. Chem. 2010, 49, 4, 66-67.
27. Sztarbała G., *An estimation of conditions inside construction works during a fire with the use of Computational Fluid Dynamics*, „Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences”, Vol. 61 Issue 1, 2013.
28. Karlsson B., Quintiere J., *Enclosure Fire Dynamics*, CRC Press, 2000.
29. Hadijosphocleous G., McCartney C., *Guidelines for the Use of CFD Simulations for Fire and Smoke Modeling*, „ASHRAE Transactions”, Vol. 111 Issue 2, 2005.
30. Flaga A., Błazik-Borowa E. i Podgórski J., *Aerodynamika smukłych budowli i konstrukcji prętowo-ciężnowych*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin, 2004.

31. Patankar S.V., *Numerical heat transfer and fluid flow*, McGraw-Hill Book Company, 1980.
32. Gryboś R., *Podstawy mechaniki płynów*, PWN, Warszawa 1998.
33. Ferziger J. H., Perić M., *Computational methods for fluid dynamics*, Springer, 2002
34. Chung T. J., *Computational fluid dynamics*, Cambridge University Press, 2002.
35. Kazimierski Z., *Podstawy mechaniki płynów i metod komputerowej symulacji przepływów*, Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, Łódź 2004.
36. Błazik-Borowa E., *Problemy związane ze stosowaniem modelu turbulencji k-ε do wyznaczania parametrów opływu budynków*, Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2008.
37. Launder B.E., Sharma B.I., *Mathematical Models of Turbulence*, Academic Press, 1972.
38. Launder B.E., Sharma B.I., *The Numerical Computation of Turbulence Flow*, "Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering", Issue 3, 1974, pp. 269-289.
39. Wilcox D.C., *Turbulence Modeling for CFD*, 3rd edition, DCW Industries Inc., 2006.
40. Pope S.B., *Ten questions concerning the large-eddy simulation of turbulent flows*, "New Journal of Physics", Issue 6, 2004.
41. McGrattan K. i inni, *Fire Dynamics Simulator User's Guide*, NIST Special Publication 1019, Sixth Edition, 2014.
42. Janssens M., *Development of a database of full-scale calorimeter tests of motor vehicle burns*, Southwest Research Institute, San Antonio, Texas 2008.
43. Mangs J., Keski-Rahkonen O., *Characterization of the Fire Behavior of a Burning Passenger Car. Part I: Car Fire Experiments*, "Fire Safety Journal", Vol. 23, 1994.
44. Shipp M., Spearpoint M., *Measurements of the severity of fires involving private motor vehicles*, "Fire and Materials", Vol. 19, 1995.
45. Joyeux D., *Natural Fires in Closed Car Parks – Car Fire Tests*, CTICM Report No. INC 96/294d DJ/NB, CTICM, Metz, 1997.
46. Steinert C., *Experimental Investigation of Burning and Fire Jumping Behavior of Automobiles*, VFDB, Vol. 49, 2000.
47. Stroup D. i inni, *Passenger Minivan Fire Tests FR 4011*, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg 2001.
48. Van Oerle N., Lemaire A., van de Leur P., *Effectiveness of Forced Ventilation in Closed Car Parks*, TNO Report No. 1999-CVB-RR1442, TNO, Delft 1999.
49. Santrock J., *Evaluation of Motor Vehicle Fire Initiation and Propagation, Part 3: Propagation in an Engine Compartment Fire in a 1996 Passenger Van*, NHTSA 1998 3588-119, General Motors Corporation, 2001.
50. CTICM Fire Tests on Cars, CTICM, Metz 2004.
51. Shintani Y. i inni, *Experimental Investigation of Burning Behavior of Automobiles*, 6th Asia-Oceania Symposium on Fire Science and Technology, Daegu, 2004, s. 618-629.
52. Fire Spread in Car Parks, BRE, Londyn 2010.
53. Persson B., Simonson M., *Fire emissions into the atmosphere*, "Fire Technology", Vol. 34 Issue 3, 1998, pp. 266-279.
54. Jekel L., Tam E. K. L., *Environmental Sustainability: Plastic's Evolving Role in the Automotive Life Cycle*, CSCE/ EWRI of ASCE Environmental Engineering Conference, Niagara 2002.
55. Lönnermark A., Blomqvist P., *Emissions from an automobile fire*, Chemosphere, Vol. 62, 2006, pp. 1043-1056.
56. Harper C.A., *Handbook of Building Materials For Fire Protection*, McGraw-Hill Book Company, Lutherville 2004.
57. ANSYS Fluent 13.0.0. Technical documentation.
58. Weng Poh., *Tenability criteria for design of smoke hazard management systems*, "Ecolibrium", Issue 8, 2011, pp. 32-37.
59. Weng Poh., *Tenability in Building Fires: Limits and Design*, "Fire Australia", Tom Spring 2010.
60. Purser David A., *Toxicity assessment of combustion products*, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd Edition, NFPA & SFPE, 2002, s. 2/83-2/171.
61. Narodowe Centrum Badań Jądrowych, *Poradnik metod ocen ryzyka związanego z niebezpiecznymi instalacjami procesowymi* [dok. elektr.] <http://manhaz.cyf.gov.pl/manhaz/przewodnik/default.htm> [dostęp 15 kwiecień 2014].
62. 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, behaviors and condition (Sub-system 6), BSI, 2004
63. CFEPA-E No 19:2009 Fire safety engineering concerning evacuation from buildings, CFEPA Europe, 2009.
64. Nelson Harold E., Mowrer Frederick W., *Emergency movement*, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition, NFPA & SFPE, 2002, s. 3-367 - 3-380.
65. Proulx G., *Movement of People: The Evacuation Timing*, SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, Third Edition, NFPA & SFPE, 2002, s. 3/342-3/366.
66. Węgrzyński W., *Komputerowa symulacja ewakuacji ludzi z budynków wysokich*, Konferencja Ochrony Mienia i Informacji, Warszawa 2013.
67. Kuligowski Erica D., Peacock Richard D., *A Review of Building Evacuation Models*, NIST TN – 1471, Washington 2005.
68. Kuligowski Erica D., Peacock Richard D., Hoskins Bryan L., *A Review of Building Evacuation Models*, 2nd Edition, NIST TN – 1680, Washington 2010.
69. NFPA 3: Recommended Practice on Commissioning and Integrated Testing of Fire Protection and Life, Safety Systems. 2012
70. NFPA 130: Standard for Fixed Guideway Transit and Passenger Rail Systems, 2010
71. CAN/ULC-S1001 First Draft, Proposed First Edition July 2011, Integrated Systems Testing of Fire Protection and Life Safety Systems, 2011.
72. AS 2665-2001: Smoke/heat venting systems –Design, installation and commissioning
73. prEN/TS 12101:11, Smoke and Heat Control System – Part 11: Design, Installation & Commissioning Requirements for Enclosed Car Parks, Draft Version, 2011.
74. Sztarbała G., Węgrzyński W., Krajewski G., *Zastosowanie gorącego dymu do oceny skuteczności działania systemów bezpieczeństwa pożarowego podziemnych obiektów*, Materiały konferencyjne Budownictwo Podziemne i Bezpieczeństwo w Komunikacji Drogowej i Infrastrukturze Miejskiej, Kraków 2012.
75. N.J. van Oerle A.D. Lemaire, P.H.E. v.d. Leur. *The effectiveness of thrust ventilation in closed car parks - Fire tests and simulation*, Report 1999-CVB-R1442/OEN/LRP, TNO, Delft 1999.
76. B.J.M. v.d. Giesen S.H.A. Penders, M.G.L.C. Loomans, P.G.S. Rutten, J.L.M. Hensen, *Modelling and simulation of a jet fan for controlled air flow in large enclosures*. 2011, "Environmental Modelling & Software", Vol. 26 Issue 2, 2011, pp. 191-200.

77. Fliszkiewicz M., Krauze A., Maciak T., *Możliwości stosowania programów komputerowych w inżynierii bezpieczeństwa pożarowego*, BiTP, Vol. 29 Issue 1, 2013, pp. 47-60.

mgr inż. Wojciech Węgrzyński – absolwent Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, doktorant w Instytucie Techniki Budowlanej. Od 2010 roku zatrudniony w Zakładzie Badań Ogniwych Instytutu Techniki Budowlanej. Obecnie pełni funkcję Kierownika Pracowni Kontroli Dymu, Sygnalizacji i Automatyki Pożarowej. Obszarem zainteresowań naukowych autora są zjawiska związane z przepływem dymu i wentylacją pożarową, rozwojem pożaru oraz narzędzia inżynierskie wykorzystywane w ich analizie.

mgr inż. Grzegorz Krajewski – pracownik Zakładu Badań Ogniwych Instytutu Techniki Budowlanej od 2007 r. Ukończył wydział Inżynierii Środowiska na Politechnice Warszawskiej. Specjalizuje się w zakresie analiz numerycznych z wykorzystaniem metody numerycznej mechaniki płynów (CFD), w szczególności w obszarze rozprzestrzeniania się dymu i ciepła oraz oddziaływania warunków środowiska zewnętrznego na obiekty budowlane (przepływy wewnętrzne, aerodynamika obiektów budowlanych). Współautor opracowań z projektów badawczo-rozwojowych oraz szeregu artykułów i publikacji naukowo-technicznych na konferencjach krajowych i zagranicznych o tematyce związanej z bezpieczeństwem pożarowym, inżynierią wiatrową oraz analizami numerycznymi.

RECENZENCI / REVIEWERS / РЕЦЕНЗЕНТЫ 2014

1. Abgarowicz Grzegorz, dr - Rządowe Centrum Bezpieczeństwa;
2. Abramowicz Marian, prof. dr hab. inż. - Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
3. Androsof A.S., dr - State Fire Academy of EMERCOM of Russia (Rosja);
4. Anszczak Marcin, st. kpt. dr - KW PSP w Białymstoku;
5. Antonov A.V., dr - Ukrainian Research Institute of Civil Protection (Ukraina);
6. Arestovich D.N., dr - Research Institute of Fire Safety and Emergencies (RIFSE) Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus (Białoruś);
7. Balanyuk V.M., dr - Lviv State University of Life Safety (Ukraina);
8. Banaszak Ewa, dr - Uniwersytet Wrocławski;
9. Borowski Jacek, bryg. mgr inż. - Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie;
10. Brongel Leszek, prof. nadzw. dr hab. n. med. - Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego;
11. Brzezińska Dorota, dr inż. - Politechnika Łódzka;
12. Byrdy Aleksander, dr inż. - Politechnika Krakowska;
13. Cherevich O.V., dr - Research Institute of Fire Safety and Emergencies (RIFSE) Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus (Białoruś);
14. Czupryński Andrzej, dr hab. - Akademia Obrony Narodowej;
15. Dunets R.B., prof. dr hab. - Lviv Polytechnic National University (Ukraina);
16. Eckes Konrad, prof. dr hab. inż. - Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie;
17. Fojutowski Andrzej, dr hab. inż. prof. ITD. - Instytut Technologii Drewna;
18. Gajda Stanisław, dr hab. inż. prof. nadzw. - Uniwersytet Opolski;
19. Goraj Zdobysław prof. dr hab. inż. - Politechnika Warszawska;
20. Gorshkov V.I., prof. dr hab. - Federal State Establishment All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (Rosja);
21. Grekov S.P., dr hab. - The "Respirator" Scientific Research Institute of Mine-Rescue Work and Fire Safety (Ukraina);
22. Grosset Ryszard, dr prof. UTH - Uczelnia Techniczno-Handlowa im. H. Chodkowskiej;
23. Grzegorzewski Marek, dr hab. inż. prof. nadzw. - Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych;
24. Halicka Anna, dr hab. inż. prof. PL - Politechnika Lubelska;
25. Harmata Władysław, dr hab. inż. prof. WAT - Wojskowa Akademia Techniczna;
26. Janik Paweł, st. bryg. dr inż. - Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej;
27. Jasztal Michał, mjr dr inż. - Wojskowa Akademia Techniczna;
28. Karabyn V.V., dr - Lviv State University of Life Safety (Ukraina);
29. Kaźmierczak Maciej, płk dr - Akademia Obrony Narodowej;
30. Khasanov I.R. dr hab., Federal State Establishment All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (Rosja);
31. Kielin Jan, mgr inż. - Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej – Państwowy Instytut Badawczy;
32. Klimovtsov V. M., dr - State Fire Academy of EMERCOM of Russia (Rosja);
33. Kolator Bronisław, dr hab. inż. prof. UWM - Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie;
34. Kopnyshev S.L., dr - State Fire Academy of EMERCOM of Russia (Rosja);
35. Kosowski Bogdan, prof. nadzw. dr hab. inż. - Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach;
36. Kovalev A.I., dr - Academy of Fire Safety named after Chernobyl Heroes (Ukraina);
37. Kovalyshyn V.V., prof. dr hab. - Lviv State University of Life Safety (Ukraina);
38. Kowalkowski Stanisław, płk dr hab. inż., prof. AON - Akademia Obrony Narodowej;
39. Kremenev O.G., dr - State Makeevka Scientific and Research Institute on Mining Safety (Ukraina);
40. Król Bernard, st. kpt. dr inż. - Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
41. Krzystała Edyta, dr inż. - Politechnika Śląska;
42. Kubicki Grzegorz, dr inż. - Politechnika Warszawska;
43. Kubowski Jerzy, dr inż.
44. Kushnir A.P., dr - Lviv State University of Life Safety (Ukraina);
45. Kustra Witold, kmdr dr - Akademia Obrony Narodowej;
46. Kuzyk A.D., dr hab. - Lviv State University of Life Safety (Ukraina);
47. Lorenz Witold dr inż. - Politechnika Wrocławska;
48. Łabędzki Józef, dr - Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
49. Machniewski Piotr, dr inż. - Politechnika Warszawska;
50. Maj Piotr, mgr inż. - Politechnika Warszawska;
51. Maranda Andrzej, prof. dr hab. inż. - Wojskowa Akademia Techniczna;
52. Martyn E.V., prof. dr hab. - Lviv State University of Life Safety (Ukraina);
53. Maślak Mariusz, dr hab. inż., prof. PK - Politechnika Krakowska;

54. Mazikowski Adam, dr inż. - Politechnika Gdańska;
55. Michalak Grzegorz, dr n. med. - Szpital Bielański;
56. Mizerski Andrzej, bryg. dr hab. inż. prof. SGSP - Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
57. Mnukhin A.G., dr hab. - State Makeevka Scientific and Research Institute on Mining Safety (Ukraina);
58. Mykhalichko B.M. - Lviv State University of Life Safety (Ukraina);
59. Nachlik Elżbieta, prof. dr hab. inż. - Politechnika Krakowska;
60. Navrotsky O.D., dr - Research Institute of Fire Safety and Emergencies (RIFSE) Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus (Białoruś);
61. Nitecki Jacek, bryg. lek. - KW PSP w Krakowie;
62. Nowakowski Mirosław, dr inż. - Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych;
63. Ornacka Katarzyna, dr - Uniwersytet Jagielloński;
64. Papierski Adam dr hab. inż. - Politechnika Łódzka;
65. Petrova M.A., dr - Lviv State University of Life Safety (Ukraina);
66. Pirszel Jacek, dr inż. - Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii;
67. Porowski Rafał, dr inż. - Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowazarowej - Państwowy Instytut Badawczy;
68. Półka Marzena, bryg. dr hab. prof. nadzw. - Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
69. Pszczółkowski Józef, dr hab. inż. prof. WAT - Wojskowa Akademia Techniczna;
70. Radziszewska-Wolińska Jolanta, dr inż. - Instytut Kolejnictwa;
71. Rak T.E., dr hab. - Lviv State University of Life Safety (Ukraina);
72. Rakowska Joanna, dr inż. - Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowazarowej - Państwowy Instytut Badawczy;
73. Rastushnyy R.T, dr - Lviv State University of Life Safety (Ukraina);
74. Ratajczak Dariusz, dr inż. - Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
75. Roguski Jacek, dr inż. - Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowazarowej - Państwowy Instytut Badawczy;
76. Rutkiewicz Artur, dr inż. - Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie;
77. Salamonowicz Zdzisław, st. kpt. dr inż. - Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
78. Semerak M.M, dr hab. prof. - Lviv State University of Life Safety (Ukraina);
79. Sivenkov A.B., dr - State Fire Academy of EMERCOM of Russia (Rosja);
80. Smolarczyk Leszek, mł. bryg. lek. - Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej;
81. Sobolewski Mirosław dr inż. - Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
82. Sowa Jerzy, dr inż. - Politechnika Warszawska;
83. Sowizdraniuk Piotr, st. kpt. dr - Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie;
84. Stempiński Szczepan, dr - Uniwersytet Szczeciński;
85. Surowik Dariusz, dr - Uniwersytet w Białymstoku;
86. Szelągowski Krzysztof, mgr inż. - Związek Ochotniczych Straży Pożarnych RP;
87. Trzos Arkadiusz, dr n. med. - Uniwersytet Jagielloński w Krakowie;
88. Tuśnio Norbert, st. kpt. dr inż. - Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
89. Voyevoda S.S., dr hab. prof. - State Fire Academy of EMERCOM of Russia (Rosja);
90. Wach Janusz, dr inż. - Politechnika Wrocławska;
91. Walusiak-Skorupa Jolanta, prof. dr hab. med. - Instytut Medycyny Pracy im. prof. dra J. Nofera;
92. Wasilewicz Michał, dr inż. - Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie;
93. Wąs Jarosław, dr inż. - Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie;
94. Weintrit Adam, dr hab. inż. kpt. ż.w., prof. AMG - Akademia Morska w Gdyni;
95. Widerski Tomasz, dr inż. - Politechnika Łódzka;
96. Wilczkowski Stefan, dr inż. - Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowazarowej - Państwowy Instytut Badawczy;
97. Wiśniewski Adam, prof. dr hab. inż. - Wojskowy Instytut Techniczny Uzbrojenia;
98. Wiśniewski Bernard, dr hab. prof. nadzw. WSPOL - Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie;
99. Witkowski Artur, dr - The University of Central Lancashire (Wielka Brytania);
100. Wróbel Ireneusz, dr inż. - Akademia Techniczno-Humanistyczna w Bielsku-Białej;
101. Zarzycki Jarosław, bryg. dr inż. - Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
102. Zbieć Marcin, dr inż. - Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie;
103. Zwęgliński Tomasz, mł. bryg. dr inż. - Szkoła Główna Służby Pożarniczej;

Wytczne dla Autorów

Maszynopis

Artykuły prosimy przysyłać 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 ochronie 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 przysyłają 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 BGN/PCGN.** 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 przysyłać 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 przysyłać 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. Więcej na temat obowiązującej etyki wydawniczej można przeczytać na stronie internetowej: <http://czytelnia.cnbop.pl/wytyczne-dla-autorow>.

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 nie rzetelności 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* (po prostu ślepa recenzja).** Po otrzymaniu przez Redakcję dwóch arkuszy recenzji autor informowany jest o ewentualnych uwagach i poprawkach recenzyjnych, 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 recenzyjnych wybiera artykuł rekomendowany uwadze Czytelników w danym numerze kwartalnika.

Zapraszamy Autorów, niezależnie od afiliacji, do nadsyłania swoich prac.

Artykuły należy przysyłać na adres:

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziarowej 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 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 bold-face 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 bold-face 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 BGN/PCGN.** 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> [accessed 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 of 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. More about publication ethics can be found on our website: http://czytelnia.cnbop.pl/en/guide_for_authors.

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 учетии 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 двукратную 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 нижеприведённых 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 приписует 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 русским и английским, 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

В. 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 BGN/PCGN.** 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:

Landsberg G.S., *Optika*, Nauka, Moscow 1976.

Раздел групповой работы:

Suchorab P., *Vliyaniye nefteproduktov na fiziko-mekhanicheskiye kharakteristiki betona*, in: *Udalenie neftyanykh veshchestv s dorog i pochv*, J. Rakowska (Ed.), CNBOP-PIB, Józefów 2012, 37-44.

Цитирование журналов:

Neplokhov I.G., *Razvitiye dymovykh pozharnykh izveshchateley*, „Grani bezopasnosti” Issue 5, 2008, pp. 22-25.

Цитирование публикации из цифровых источников:

Ciekanowski Z., *Motivatsiya i sistema otsenok*, BiTP Vol. 29, Issue 1, 2013, pp. 29-33 [electr. doc.] <http://czytelnia.cnbop.pl/czytelnia/31/348> [accessed: 2.05.2013].

Цитирование послеконференционных материалов:

Adamiec P., *Problemy przy spawaniu i naprawianiu części maszyn*, in: *Technologia maszyn. Zbiór referatów: III Naukowe Warsztaty Profesorskie – TM ,97, II Forum Prac Badawczych, 96 - Kształtowanie części maszyn przez usuwanie materiału*,

Karpiński T. (ed.), Politechnika Koszalińska, Koszalin 1997, 23–31.

Цитирование сообщений с исследований:

Tsentr Issledovaniya Obshchestvennogo Mneniya, *Soobshcheniye s issledovaniy: Aktual'nyye problemy i sobytiya* [electr. doc.] <http://badanie.cbos.pl/details.asp?q=a1&id=4809> [accessed: 06.05.2013].

Цитирование законов, стандартов, директив Евросоюза :

- 1) *Zakon ot 24 avgusta 1991 goda o Gosudarstvennoy Protivopozharnoy Sluzhbe* (Zakonodatel'nyy vestnik 2009 No. 12, st. 68).
- 2) PN-EN 54-4:2001 *Sistemy pozharnoy signalizatsii* - Chast' 4: Pitaniye.
- 3) *Direktiva Komissii 2009/149/EC ot 27 noyabrya 2009 g. kasayushchayasya direktivy 2004/49/ES Evropeyskogo parlamenta i Soveta odnositel'no obshchikh pokazateley bezopasnosti i obshchikh metodov rascheta zatrat avarii*.

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 1Mb).

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 e-майл). Авторы 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 исследований, которые являются результатом данной работы. Соав-

тором 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**, прилагаемом к статье 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 постановлениям 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. Больше информации об издательской этике можно найти на интернет-странице: <http://czytelnia.cnbop.pl/ru/node/49>.

Антиплагиатная система

Статьи поступающие в редакцию подвергаются оценке в антиплагиатной 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 равных научной степени 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 Авторы, независимо от принадлежности, представить свои работы.

Статьи следует направлять по адресу:

**Научно-Исследовательский Центр Противопожарной
Охраны им. Иосифа Тулишковского - Государственный
Исследовательский Институт**

ул. Надвисьяньска 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



DZIAŁ SZKOLEŃ

**Centrum Naukowo-Badawcze
Ochrony Przeciwpżarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowy Instytut Badawczy**

*zaprasza do udziału w szkoleniach
z zakresu ochrony przeciwpżarowej*

Oferta Działu Szkoleń na rok 2015

- ❖ Szkolenie dla projektantów, instalatorów i konserwatorów systemów sygnalizacji pożaru
- ❖ Szkolenie dla projektantów, instalatorów i konserwatorów dźwiękowych systemów ostrzegawczych
- ❖ Szkolenie dla projektantów i instalatorów systemów wentylacji pożarowej w obiektach budowlanych
- ❖ Szkolenie dla konserwatorów hydrantów zewnętrznych i wewnętrznych
- ❖ Szkolenie dla konserwatorów podręcznego sprzętu gaśniczego
- ❖ Szkolenie: oświetlenie awaryjne – projektowanie, instalacja i konserwacja
- ❖ Szkolenie: stałe urządzenia gaśnicze gazowe w ochronie przeciwpżarowej
- ❖ Szkolenie: stałe urządzenia tryskaczowe w ochronie przeciwpżarowej
- ❖ Szkolenie dla inspektorów ochrony przeciwpżarowej
- ❖ Szkolenie aktualizacyjne dla inspektorów ochrony przeciwpżarowej
- ❖ Szkolenie z zakresu prawidłowego sporządzania instrukcji bezpieczeństwa pożarowego
- ❖ Warsztaty doskonalące dla projektantów systemów sygnalizacji pożarowej
- ❖ Szkolenie: dobór przewodów i kabli elektrycznych niskiego napięcia
- ❖ Szkolenie: ochrona przeciwpżarowa w instalacjach elektrycznych
- ❖ Szkolenie: instalacje w strefach zagrożonych wybuchem
- ❖ Szkolenie: przygotowanie obiektów budowlanych w zakresie ochrony przeciwpżarowej do odbioru przez Państwową Straż Pożarną
- ❖ Szkolenie: obowiązki właścicieli, zarządców i użytkowników obiektów budowlanych z zakresu ochrony przeciwpżarowej

Serdecznie zapraszamy !!!

Bezpieczeństwo na lądzie, morzu i w powietrzu w XXI wieku

10 października 2014 roku w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowodziowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowym Instytucie Badawczym w Józefowie odbyła się konferencja naukowa poświęcona wybranym zagadnieniom bezpieczeństwa rozpatrywanego w aspekcie lądu, morza i powietrza

CNBOP-PIB wspólnie z Regionalnym Centrum Badań nad Bezpieczeństwem, Instytutem Lotnictwa oraz Akademią Marynarki Wojennej im. Bohaterów Westerplatte zorganizowało konferencję, której głównym celem była dyskusja nad bezpieczeństwem w kontekście trzech umownie przyjętych obszarów działań – na lądzie, morzu i w powietrzu. W konferencji udział wzięli przedstawiciele różnych środowisk naukowych oraz praktycy. Patronatu honorowego konferencji udzielił Komendant Główny PSP gen. bryg. Wiesław Leśniakiewicz, a także Rektor – Komendant Akademii Marynarki Wojennej kontradmirał dr inż. Czesław Dyrz.

W obliczu zmieniającego się katalogu zagrożeń uzasadnione wydaje się podejmowanie dyskusji nad zmianą rozumienia pojęcia bezpieczeństwa zmierzającą do przeciwdziałania zagrożeniom i minimalizowania skutków ich wystąpienia. Istnieje również potrzeba prowadzenia analiz, ocen i prognoz, które w realny sposób będą wpływać na poprawę bezpieczeństwa we wszystkich obszarach działalności człowieka. Badania bezpieczeństwa dotyczą rozwiązań teoretycznych oraz

praktycznych, jak również źródeł i przyczyn powstawania zagrożeń, także tych nie zawsze pozostających w bezpośrednich związkach. Konieczność prowadzenia badań w tym obszarze i edukacji społeczeństwa jest konsekwencją wyzwań i szans, jakie stawia przed człowiekiem współczesność.

Konferencja naukowa „Bezpieczeństwo na morzu, lądzie, powietrzu w XXI wieku” to kolejnym roku ważne wydarzenie, które odbyło się w murach naszego Instytutu – podkreślił bryg. dr inż. Jacek Zboina – CNBOP-PIB realizuje zadania na rzecz bezpieczeństwa państwa w zakresie ochrony przeciwpowodziowej i ochrony ludności. Wśród tych zadań oprócz ważnych dla naszej formacji badań, certyfikacji i dopuszczeń wyrobów znajdują się właśnie prace naukowe i badawcze ze wspomnianego obszaru. CNBOP-PIB jako jednostka organizacyjna PSP obok SGSP stanowi naukowo-badawcze i eksperckie zaplecze dla ochrony przeciwpowodziowej. Dlatego cieszy nas, że w konferencji wzięło udział tak wiele osób zarówno w charakterze prelegentów, jak i uczestników. Konferencję zaszczyliła swoją obecnością również pani Bogumiła Więckowska – starosta powiatu otwockiego.

W swoich referatach i wystąpieniach prelegenci skoncentrowali się na kilku obszarach ważnych z punktu widze-



bryg. dr inż. Jacek Zboina
p.o. Dyrektor CNBOP-PIB

nia zapewniania bezpieczeństwa takich jak: identyfikacja potencjalnych zagrożeń i ich przyczyn, wsparcie działań ratowniczych przez wdrażanie nowych technologii, dostosowanie prawodawstwa, kodeksów postępowania, tworzenie planów reagowania przy uwzględnieniu współczesnych zagrożeń oraz ustanowienie odpowiednich procedur reagowania. Działaniami wspierającymi muszą być właściwa selekcja przy rekrutowaniu do określonych zawodów, szkolenia i doskonalenie zawodowe personelu oraz edukowanie społeczeństwa, a na poziomie państwa właściwa alokacja środków finansowych na potrzeby zapewnienia szeroko rozumianego bezpieczeństwa.



Uczestnicy i prelegenci konferencji

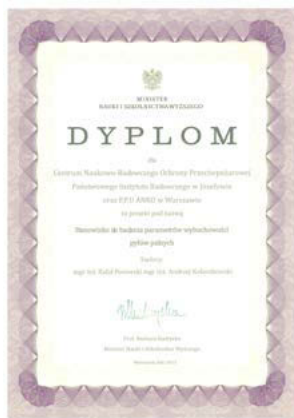
**Publikacja
zwarta dotycząca
tej tematyki
dostępna jest na
stronie Cnbop.pl**



Opracowanie:
mgr Julia Pinkiewicz

**Osiągnięcia Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego na targach, wystawach
i konkursach krajowych i międzynarodowych w 2013 roku**

DYPLOMY MINISTRA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO



Na XX Jubileuszowej Gieldzie 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-Badawczemu Ochrony Przeciwpowarowej im. Józefa Tuliszkowskiego - Państwowy Instytut Badawczy, Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej „Błachownia” 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. CHEMKON-FEKT otrzymały za projekt „Innowacyjny środek do usuwania zanieczyszczeń i skażeń z infrastruktury drogowej:

ZŁOTY MEDAL Z WYRÓŻNIENIEM W KONKURSIE EUREKA

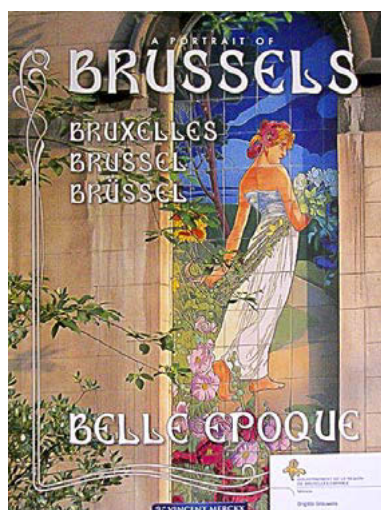


MEDAL EUROPEJSKIEJ IZBY FRANCUSKICH WYNALAZCÓW



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 WYNAŁAZCZOŚCI 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 PRYZYCNANY PRZEZ WIIPA



ZŁOTY LAUR INNOWACYJNOŚCI 2013



Naczelna Organizacja Techniczna NOT nagrodziła konsorcjum: Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej im. Józefa Tuliszkowskiego - Państwowy Instytut Badawczy, Instytut Ciężkiej Syntezy Organicznej „Błachownia” 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 „Błachownia” 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



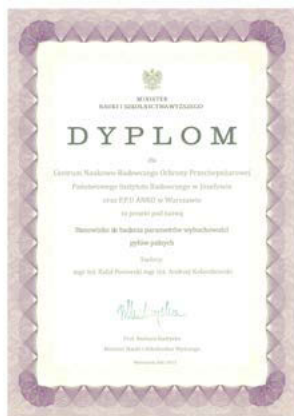
THE LAUREL OF INNOVATION 2013



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 „Błachownia” in Kędzierzyn-Koźle 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. СНЕМ-КОНФЕКТ получило поощрительную премию похвальный отзыв за „Обезжиривающее средство для удаления нефтепроизводных веществ с промышленных поверхностей” финансируемый 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 Р.Р.Н. 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 ROV 000401/ID4/3 под названием „Разработка инновационного средства предназначенного для удаления нефтепроизводных веществ с промышленных поверхностей” финансируемого Национальным центром исследований и развития был награждён медалями:

СЕРЕБРЯНОЙ МЕДАЛЬЮ



МЕДАЛЬЮ И ПОХВАЛЬНОЙ ГРАМОТОЙ ПРИЗНАНОЙ ВСЕМИРНОЙ АССОЦИАЦИЕЙ ПО ЗАЩИТЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ



ЗОЛОТОЙ ЛАВР ИННОВАЦИОННОСТИ 2013



Главная техническая организация NOT наградила Консорциум: CNBOP-PIB, Институт тяжелого органического синтеза „Блаховня” Кендзежин-Козле и Р.Р.Н. 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 Przeciwpowarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowy Instytut Badawczy
Najważniejsze wydarzenia



1972

Utworzenie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ochrony Przeciwpowarowej (OBROP) w Józefowie-Dębinie 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 **plk poż. Włodzimierz STRUŚ**

1977

Dyrektor OBROP w latach 01.01.1977–31.07.1980 **plk poż. mgr inż. Zbigniew GRZYNCZEL**

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 **plk 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 Przeciwpowarowej (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 **plk 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 SZCZYGIEL**



1997

Nadanie CNBOP imienia Józefa Tuliszowskiego 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 znówelizowanego art. 7 ustawy o ochronie przeciwpożarowej i rozporządzenia 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 Przeciwożarowych** 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 Przeciwożarowych, 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 Aprobata 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 Przeciwożarowej **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 **ml. 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 Przeciwpowodziowej **ml. 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 Przeciwpowodziowej 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 **plk. poż. Włodzimierz STRUŚ**

1977

The Director of OBROP between 01.01.1977 and 31.07.1980 **plk. poż. Zbigniew GRYNCEL, 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. plk. 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 fire-fighting 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 **plk. 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 Minister 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 of 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. Władysław 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 competition 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 **ml. 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 **ml. 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 tele-informatic 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 Влодзимеж 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), на 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 ЦИГЕЛ**

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 № АВ 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 № АС 063** выдан Польским Центром Аккредитации).

2001

Получение аккредитации Польского центра исследований и сертификации тремя следующими исследовательскими лабораториями:

Отдел лаборотрия технической противопожарной защиты получил сертификат аккредитации № L 305/1/2000 (позже сертификат аккредитации № **АВ 305** выдан Польским Центром Аккредитации),

Лаборатория огнетушительных средств и подручного оборудования, № L 306/1/2000 (позже Отдел лаборотрия технической противопожарной защиты, сертификат аккредитации № **АВ 305** выдан Польским Центром Аккредитации),

Лаборатория автомобилей и оборудования получила сертификат аккредитации № L307/1/2000 (позже Отдел лаборотрия технического оборудования противопожарной службы, сертификат аккредитации № **АВ 059; АВ060** 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 исследовательско-экспериментальное учреждение соответственно Закона от 25 июля 1985 года о исследовательско-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, выполняющего 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 В.

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 исследовательско-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 бригаида, кандидата наук, инженера Эугениуша В. Рогуского**, 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 (Обвешение № 8 от 31 марта 2009) издаваемый от 2006 года ежеквартальник CNBOP „Безопасность и Пожарная Техника” был вписан в список пунктированных журналов (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 исследовательско-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 бригадира, 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 В (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 „**Мультимедийные 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 В 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 В, ежеквартальник CNBOP-PIB „Безопасность 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