ISSN 1895-8443
Vol. 39 Issue 3
September 2015

CNBOP-PIB

BiTP

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza
Safety & Fire Technique

Wydawnictwo CNBOP-PIB

Vol. 39 Issue 3, 2015

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 2015

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza
BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015
X rok wydawania

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny
bryg. dr inż. Dariusz Wróblewski
Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy

Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego
Redaktor Działu Organizacja i Zarządzanie Strategiczne
dr inż. Eugeniusz W. Roguski

Redaktor Działu Badania i Rozwój
mł. bryg. dr inż. Joanna Rakowska – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy

Redaktor Działu Technika i Technologia
dr Tomasz Węsierski – Szkoła Główna Służby Pożarniczej

Redaktor Działu Certyfikacja, Aprobaty i Rekomendacje
bryg. dr inż. Jacek Zboina – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy

Redaktor Działu Partnerstwo dla Innowacyjności na Rzecz Bezpieczeństwa
st. bryg. mgr inż. Krzysztof Biskup – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy

Redaktor Działu Studium Przypadku – Analiza Zdarzeń Rzeczywistych
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
prof. dr hab. Bernard Wiśniewski – SGSP, Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie

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

Redaktor Działu Ratownictwo i Medycyna Katastrof
dr n. med. Magdalena Witt – Uniwersytet Medyczny w Poznaniu

Sekretarz Redakcji, Redaktor Językowy – język polski
mgr Julia Pinkiewicz

Redaktor Językowy – język angielski
Jan Stanisław Łopata

Redaktor Językowy – język rosyjski
mgr inż. Julia Mazur

Redaktor Statystyczny
dr Tomasz Węsierski

Przygotowanie do wydania:
mgr Anna Golińska
Elżbieta Muszyńska

© by Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej *im. Józefa Tuliszkowskiego* Państwowego Instytutu Badawczego
Nakład 150 egzemplarzy

Wersja papierowa jest wersją pierwotną.

RADA NAUKOWA

prof. Bogdan Z. Długogórski,
Murdoch University in Perth, Australia

prof. dr inż. Aleš Dudáček,
Vysoká Škola Báňská – Technická Univerzita Ostrava (Technical University of Ostrava), Czechy

prof. 范维澄 (Fan Weicheng),
中国科学技术大学 (State Key Laboratory of Fire Science – University of Science and Technology of China), Chiny

gen. major dr Виктор Иванович Климкин (Wiktor Iwanowicz Klimkin),
Oversight and Prevention Department of EMERCOM of Russia

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

prof. dr inż. Venkatesh Kodur,
Michigan State University (Stany Zjednoczone)

prof. Jesús Ignacio Martínez Paricio,
Universidad Complutense de Madrid (The Complutense University of Madrid), Hiszpania

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

dr hab. inż. Lech Starczewski – prof. WITPiS,
Wojskowy Instytut Techniki Pancernej i Samochodowej (Military Institute of Armoured and Automotive Technology), Polska

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

ISSN 1895-8443

DOI: 10.12845

Projekt okładki:
Barbara Dominowska

Redakcja:
ul. Nadwiślańska 213; 05-420 Józefów k/Otwocka tel. 22 769 32 20
e-mail: **kwartalnik@cnbop.pl**
Czytelnia.cnbop.pl

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

Kwartalnik „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" jest publikowany w darmowym i otwartym dostępie tzn. każdy użytkownik ma prawo czytać, kopiować, drukować, rozpowszechniać, cytować i przeszukiwać zasoby otwarte, w tym pełne teksty artykułów, z zachowaniem praw autorskich ich twórców.
Użytkownik korzysta z zamieszczonych w Kwartalniku artykułów zgodnie z obowiązującymi przepisami o dozwolonym użytku, podając na kopii utworu informację o źródle i autorze/ach.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
9 pkt

IC Journals Master List
5,33 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.

Safety & Fire Technique/Безопасность и Пожарная Техника
BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015
The X[th] year of publishing/X год публикации журнала

EDITORIAL COMMITTEE/РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

Editor-in-Chief/Главный Редактор
bryg. Dariusz Wróblewski, PhD/бригадир Дариуш Врублевски, д-р инж.
Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland/Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт, Польша

Chairman of Editorial Committee/Возглавляющий Редакционного Совета
Section Editor: Organization and Strategic Management/
Редактор Отдела: Организация и Стратегическое Руководство
Eugeniusz W. Roguski, PhD/Эугениуш В. Рогуски, д-р инж.

Section Editor: Research and Development/
Редактор Отдела: Исследования и развитие
mł. bryg. Joanna Rakowska, PhD / Иоанна Раковска, д-р инж. – Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland/Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт, Польша

Section Editor: Technique and Technology/
Редактор Отдела: Техника и технология
Tomasz Węsierski, PhD/Томаш Веньсерски, д-р – The Main School of Fire Service (SGSP), Poland / Главная Школа Пожарной Службы (SGSP), Польша

Section Editor: Certification, Approvals and Recommendations/
Редактор Отдела: Сертификация, одобрения и рекомендации
bryg. Jacek Zboina, PhD/бригадир Яцек Збоина, д-р инж. – Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland/Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт, Польша

Section Editor: Partnership for Safety Innovation/
Редактор Отдела: Партнерство для развития в целях безопасности
st. bryg. Krzysztof Biskup, M.Eng./старший бригадир Кшиштоф Бискуп, магистр инж. – Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland/Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт, Польша

Section Editor: Case Study – Analysis of Actual Events/
Редактор Отдела: Анализ реальных событий
nadbryg. Janusz Skulich/надбригадир Януш Скулих – Government Centre for Security, Poland/Правительственный центр безопасности, Польша

Section Editor: Training and Knowledge Promotion/
Редактор Отдела: Обучение и пропагандирование знаний
st. bryg. Grzegorz Stankiewicz, PhD/старший бригадир Григорий Станкевич д-р инж. – The Fire Service College of the State Fire Service in Poznan, Poland

Section Editor: Best Practice in Action/
Редактор Отдела: С практики для практики
nadbryg. w st. spocz. Maciej Schroeder/надбригадир в отставке Мацей Шредер

Section Editor: Humanities and Social Sciences for Safety/Редактор Отдела: Гуманистические и общественные науки на благо безопасности
prof. Bernard Wiśniewski/ проф. Бернард Висьневски – The Main School of Fire Service (SGSP), Police Academy in Szczytno/Главная Школа Пожарной Службы (SGSP), Высшая школа полиции в г. Щитно

Section Editor: People Involved in Firefighting/Редактор Отдела: Лица пожарной охраны
Jan Kielin, M.Eng. / Ян Киелин, магистр инж.– Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland/Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт, Польша

Section Editor: Rescue and Disaster Medicine / Редактор Отдела: Служба спасения и медицина катастроф
Magdalena Witt, MD / Магдалена Витт, д-р мед. наук – Medical University in Poznań, Poland / Медицинский университет в г. Познань, Польша

Editorial Secretary, Language Editor – Polish Language/ Секретарь Редакции, языковой редактор – польский язык:
Julia Pinkiewicz, M.A./ Юлия Пинкевич

Language Editor – English Language/языковой редактор – английский язык:
Jan Stanisław Łopata / Ян Станислав Лопата, магистр

Language Editor – Russian Language/языковой редактор – русский язык:
Yuliya Mazur, M.Eng./ Юлия Мазур, магистр инж.

Statistical Editor/Статистический редактор:
Tomasz Węsierski, PhD/Томаш Венсерски, д-р

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

EDITORIAL ADVISORY BOARD/НАУЧНЫЙ СОВЕТ

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

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

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

gen. mayor Viktor Ivanovich Klimkin, PhD/ген. майор Виктор Иванович Климкин, д-р
Oversight and Prevention Department of EMERCOM of Russia / Департамент надзорной деятельности и профилактической работы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий

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

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

prof. Jesús Ignacio Martínez Paricio/проф. Гесус Игнасио Мартинес Парицио
The Complutense University of Madrid, Spain/Мадридский Университет в г. Комплутенс, Испания

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

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

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

ISSN 1895-8443

DOI: 10.12845
© by Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute
Publishing House (Wydawnictwo CNBOP-PIB)/Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны им. Иосифа Тулишковского – Государственный Исследовательский Институт, Польша
Circulation/Тираж: 150 copies/экземпляров
Paper version constitutes a primary version of the journal.
Печатная версия ежеквартальника является первичной версией.

Cover design/Проект обложки:
Barbara Dominowska/Барбара Доминовска

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

The quarterly journal *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza/Safety & Fire Technique* is addressed to fire protection managers, state and local government employees, researchers and tutors from universities and research institutes interested in the issues of fire protection, civil protection and crisis management. Articles in the quarterly go through a peer review process.
Журнал «Безопасность и Пожарная Техника» является журналом, который адресован к руководящим кадрам противопожарной охраны, работникам государственных и местных исполнительных органов власти, занимающихся проблематикой кризисного управления, работникам научно-педагогических университетов и исследовательских институтов, заинтересованных этой проблематикой. Журнал содержит только рецензированные статьи.
The Quarterly "Safety & Fire Technique" is published in free and open access, i.e., each user can read, copy, print, spread, cite and search open resources, including full texts of articles, respecting the copyright of its authors. A user can take advantage of articles published in the Quarterly in accordance with binding law on permitted use, indicating on the copy of the material information about the source and authors. Ежеквартальник BiTP „Безопасность и Пожарная Техника" публикуется в открытом и бесплатном доступе т.е. каждый пользователь вправе 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/5,33 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 результатам их научной деятельности..

SPIS TREŚCI

POSTACIE POŻARNICTWA

Nietuzinkowy oficer 15
Jacek Zboina, Beata Wojtasiak, Stanisław Mazur

ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE STRATEGICZNE

Zarządzanie kryzysowe a teoria organizacji i zarządzania 23
Zbigniew Ścibiorek

BADANIA I ROZWÓJ

Fotele tapicerowane jako źródło zagrożenia pożarowego sal kinowo-widowiskowych 31
Mariusz Krzysztof Kopański

Metody badawcze w ocenie odporności środków ochrony indywidualnej na działanie termicznych czynników zewnętrznych 43
Jacek Roguski, Maciej Błogowski, Daria Kubis

Szacowanie możliwości utraty nośności konstrukcji budowlanej w warunkach pożaru 59
Urszula Garlińska, Paweł Michalak, Tomasz Popielarczyk

Metody oceny środków pianotwórczych do gaszenia pożarów w portach morskich 67
Joanna Rakowska, Katarzyna Radwan, Bożenna Porycka

Przestrzenna analiza zagrożeń na podstawie danych historycznych 77
Jarosław Prońko, Jan Kielin, Beata Wojtasiak

Klasyfikacja zdarzeń na podstawie danych historycznych 93
Jarosław Prońko, Jan Kielin, Beata Wojtasiak

Ocena wilgotności igieł sosny zwyczajnej jako czynnika zagrożenia pożarowego, poprzez pomiar przenikalności elektrycznej 111
Kuzyk A.D., Tovaryanskiy V.I.

Określenie temperatury samonagrzewania się węgla w zależności od zawartości tlenku węgla i ubytku tlenu na odcinku awaryjnym 119
Grekov S.P., Pashkovskiy P.S., Orlikova V.P.

Graniczna odporność ogniowa konstrukcji budowlanych z betonu w zależności od jego wilgotności 129
Novak S.V.

Przegląd technologii wytwarzania hełmów strażackich oraz możliwości podniesienia poziomu bezpieczeństwa przez nie gwarantowanego 137
Łukasz Dul

TECHNIKA I TECHNOLOGIA

Nowoczesne metody wykrywania materiałów wybuchowych w służbie bezpieczeństwa publicznego 149
Marzena Szczurek

Pomiary zrozumiałości mowy dźwiękowych systemów ostrzegawczych 161
Urszula Garlińska, Paweł Michalak, Stanisław Pawłowski, Tomasz Popielarczyk

RATOWNICTWO I MEDYCYNA KATASTROF

Wpływ wybranych elementów czasu reakcji systemu ratownictwa medycznego na efektywność udzielania pomocy ofierze wypadku komunikacyjnego 173
Arkadiusz Trzos, Katarzyna Długosz

Wytyczne dla Autorów 186
Nagrody CNBOP-PIB 200
Najważniejsze wydarzenia 207

TABLE OF CONTENT
СОДЕРЖАНИЕ

PEOPLE INVOLVED IN FIREFIGHTING
ЛИЦА ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

Unique Officer
Необычный офицер 15
Jacek Zboina, Beata Wojtasiak, Stanisław Mazur

ORGANIZATION AND STRATEGIC MANAGEMENT
ОРГАНИЗАЦИЯ И СТРАТЕГИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО

Crisis Management – Contrast with Organization and Management Theory
Антикризисное управление и теория организации и управления 23
Zbigniew Ścibiorek

RESEARCH AND DEVELOPMENT
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗВИТИЕ

Upholstered Seats in Cinemas and Theatres – Source of Fire Hazard
Кресла с мягкой обивкой как источник пожарной угрозы в кинозалах и аудиториях 31
Mariusz Krzysztof Kopański

Testing Methods Used to Evaluate the Endurance of Personal Protective Clothing Against External Thermal Influences
Методы исследований в оценке устойчивости средств индивидуальной защиты к воздействию внешних термических факторов 43
Jacek Roguski, Maciej Błogowski, Daria Kubis

Assessment of the Potential Loss of a Building Load Bearing Capacity as a Consequence of a Fire
Оценка вероятности потери грузоподъёмности строительной конструкции в условиях пожара 59
Urszula Garlińska, Paweł Michalak, Tomasz Popielarczyk

Methods for Evaluating Firefighting Foam Used at Seaports
Методы оценки пенообразующих средств для тушения пожаров в морских портах 67
Joanna Rakowska, Katarzyna Radwan, Bożenna Porycka

Spatial Analysis of Hazards Based on Historical Data
Пространственное размещение угроз на основе исторических данных 77
Jarosław Prońko, Jan Kielin, Beata Wojtasiak

Classification of Incidents on the Basis of Historical Data
Классификация событий на основе исторических данных 93
Jarosław Prońko, Jan Kielin, Beata Wojtasiak

Fire Hazards Caused by Dielectric Permittivity – Evaluation of Pine Needles Moisture Content
Оценка влажности хвои сосны обыкновенной как фактора пожарной опасности по измерению ее диэлектрической проницаемости 111
Kuzyk A.D., Tovaryanskiy V.I.

Identification of Temperature for Self Heating of Coal Caused by the Ratio of Carbon Oxide and Decreasing Oxygen Levels Along a Section Exposed to a Catastrophe
Определение температуры самонагревания угля по соотношению оксида углерода и убыли кислорода на аварийном участке 119
Grekov S.P., Pashkovskiy P.S., Orlikova V.P.

Fire Resistance Limits of Concrete Constructions Influenced by the Moisture Content of Concrete
Зависимость предела огнестойкости строительных бетонных конструкций от влажности бетона 129
Novak S.V.

A Review of Manufacturing Technologies and Potential for Improving the Safety Level Guaranteed by Firefighting Helmets
Обзор технологии производства пожарных шлемов и возможности повышения уровня гарантируемой ими безопасности 137
Łukasz Dul

TECHNIQUE AND TECHNOLOGY
ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Modern Methods of Detecting Explosive Materials in the Service of Public Safety
Современные методы обнаружения взрывчатых материалов в службе общественной безопасности 149
Marzena Szczurek

Measurement of Speech Intelligibility for Voice Alarm Systems
Измерение разборчивости речи в системах звукового оповещения 161
Urszula Garlińska, Paweł Michalak, Stanisław Pawłowski, Tomasz Popielarczyk

RESCUE AND DISASTER MEDICINE
СЛУЖБА СПАСЕНИЯ И МЕДИЦИНА КАТАСТРОФ

Influence of Selected Elements Affecting Response Time for the Emergency Medical System and the Effectiveness of Administering Aid to Victims of Road Traffic Accidents
Влияние отдельных элементов времени реакции системы неотложной медицинской помощи на эффективность предоставления помощи жертвам ДТП **173**
Arkadiusz Trzos, Katarzyna Długosz

Guide for authors / Правила для авторов **186**
CNBOP-PIB Achievements / Достижения CNBOP-PIB **200**
Major events / Самые важные события **207**

CNBOP-PIB, wrzesień 2015

Szanowni Czytelnicy,

W bieżącym, trzydziestym dziewiątym numerze kwartalnika naukowego „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" przygotowaliśmy dla Państwa 15 artykułów naukowych, w których poruszone zostały aktualne zagadnienia związane z ochroną przeciwpożarową oraz z szeroko rozumianym bezpieczeństwem.

Wydanie otwiera artykuł pt. *Nietuzinkowy Oficer* opublikowany w sekcji Postacie Pożarnictwa. Opracowanie przybliża życiorys oraz najważniejsze osiągnięcia zawodowe pana Jana Kielina, jednego ze współtwórców systemu ochrony przeciwpożarowej. Lekturę tej biografii polecamy wszystkim osobom zainteresowanym historią polskiego pożarnictwa oraz postaciami zaangażowanymi w jego rozwój.

Polecamy Państwu również artykuł pt. *Pomiary zrozumiałości mowy dźwiękowych systemów ostrzegawczych* (DSO), w którym opisano działanie tych niezwykle ważnych urządzeń. Mają one ogromne znaczenie w przypadku konieczności powiadomienia użytkowników obiektu o zagrożeniu oraz przeprowadzenia sprawnej i bezpiecznej ewakuacji. W pracy przybliżono zagadnienia związane ze zrozumiałością komunikatów głosowych nadawanych przez DSO, która jest podstawowym parametrem decydującym o skuteczności tych urządzeń. Szczególną uwagę zwrócono na wybór właściwej metody pomiaru zrozumiałości oraz wskazanie różnic między nimi. Na podstawie badań literaturowych autorzy trafnie określili kierunki rozwoju zmierzające do poprawy jakości wykonywanych instalacji DSO.

W bieżącym numerze znajdą Państwo także 10 artykułów naukowych w dziale Badania i Rozwój. W tym numerze są to artykuły z obszaru pożarnictwa, w których opisane zostały wyniki badań m.in. palności i odporności ogniowej materiałów, bezpieczeństwa pożarowego budowli oraz skuteczności gaśniczej środków pianotwórczych.

Wśród wyżej wymienionych prac znalazły się również artykuły omawiające zagadnienia ochrony przeciwpożarowej realizowane przez naukowców z Ukrainy. Jednym z nich jest praca pt. *Określenie temperatury samonagrzewania się węgla w zależności od zawartości tlenku węgla i ubytku tlenu na odcinku awaryjnym*. Autorzy z instytutu „Respirator" w Doniecku przedstawili w niej wyniki badań procesu utleniania węgla w niskiej temperaturze. Artykuł porusza aktualny problem, jakim jest zapobieganie pożarom w kopalniach. Wyniki tej pracy mogą mieć znaczący wpływ na bezpieczeństwo pożarowe prac górniczych. Nie mniej interesująca jest praca autorów z Lwowskiego Uniwersytetu Bezpieczeństwa Życia, w której omówiono kwestię bezpieczeństwa pożarowego lasu. W pracy zaproponowano nową metodę badania wilgotności igieł sosny, na podstawie której można przeprowadzić szybką ocenę bezpieczeństwa pożarowego obszarów zalesionych.

Serdecznie zapraszamy do zapoznania się ze wszystkimi artykułami zamieszczonymi w bieżącym wydaniu. Mamy nadzieję, że lektura kolejnego numeru BiTP będzie dla Państwa interesująca.

Komitet Redakcyjny

CNBOP-PIB, September 2015

Dear Readers,

In the present, 39th issue of the scientific quarterly journal "Safety & Fire Technique" we prepared for you 15 articles which tackle current issues concerning fire protection and broadly understood safety.

This issue opens with an article entitled *Unique Officer* in the section People Involved in Firefighting. The paper familiarizes our readers with the biography and the most important professional achievements of Jan Kielin, one of the co-founders of the fire protection system. We especially suggest reading it to those who are interested in the history of the Polish firefighting system and the personalities involved in its development.

We recommend to your attention an article entitled *Measurement of speech intelligibility for voice alarm systems* which describes the work of these extremely important appliances. They play a vital role in alarming building users about a threat and organizing an evacuation process. In the paper, issues concerning ineligibility of voice messages broadcast by voice alarm systems were described, which is the main parameter deciding about the effectiveness of these devices. Special attention was drawn to the choice of an appropriate method of measuring speech intelligibility and differences between various methods. On the basis of a literature review the authors successfully indicated directions for the development aimed at boosting the quality of installed voice alarm systems.

In this issue you will also find 10 articles in the Research and Development section. The articles concern fire protection and present results of research into i.a. flammability, fire resistance of materials, fire safety of buildings and extinguishing effectiveness of firefighting foam.

Among them there are articles on fire protection issues written by researches from Ukraine. One of them is *Identification of temperature for self heating of coal caused by the ratio of carbon oxide and decreasing oxygen levels along a section exposed to a catastrophe*. Authors from the Scientific and Research Mining Institute "Respirator" in Donetsk presented the results of their research on the coal oxidizing process in low temperature. Their work tackles the current problem of preventing fires in mines. The results can have great influence on the work safety in mines. Another, not less interesting foreign article, was written by authors from Lviv State Univeristy of Life Safety. It discusses the issue of forest fire protection. Its authors proposed a new method of assessing humidity of pine needles which will allow to carry out a quick evaluation of fire safety of forests.

We would like to encourage you to read all the articles present in the current issue of BiTP journal. We hope that you will find reading this issue interesting.

Editorial Committee

CNBOP-PIB, сентябрь 2015

Уважаемые Читатели,

В текущем 39 номере научного ежеквартального журнала „Безопасность и Пожарная Техника" мы подготовили для Вас 15 научных статей, которые затрагивают вопросы, связанные с пожарной защитой и широко понимаемой безопасностью.

Этот номер открывает статья под названием *Необычный офицер*, опубликованная в разделе Лица Пожарной Охраны. Данная статья знакомит читателей с жизнью и самими важными профессиональными достижениями господина Яна Келина, одного из соучредителей системы пожарной охраны. Всех заинтересованных историей польской пожарной охраны, а также людьми, связанными с её развитием, рекомендуем прочитать эту статью.

Предлагаем Вам также статью под заголовком *Измерение разборчивости речи в системах звукового оповещения*, в которой авторы описали работу этих чрезвычайно важных устройств. Они имеют огромное значение в случае необходимости оповещения пользователей объекта об угрозе или при проведении эффективной и безопасной эвакуации. В работе были представлены вопросы, связанные с разборчивостью голосовых сообщений систем звукового оповещения, которая является основным параметром, определяющим эффективность этих устройств. Особое внимание было уделено выбору соответствующего метода измерения разборчивости речи и определению различий между ними. На основе литературных исследований авторы правильно определили направления развития, направленного на повышение качества производимых инсталляций систем звукового оповещения.

В текущем номере Вы найдёте также 10 научных статей в разделе Исследования и Развитие. В этом номере это статьи из области пожарной охраны, в которых описаны результаты исследований, кроме всего прочего, возгораемости и огнеустойчивости материалов, пожарной безопасности зданий и огнетушащей эффективности пенообразующих средств.

Среди вышеупомянутых работ находятся также статьи, затрагивающие вопросы пожарной охраны, написанные учеными из Украины. Одной из них является статья под названием *Определение температуры самонагревания угля по соотношению оксида углерода и убыли кислорода на аварийном участке*. Авторы из Института „Респиратор" в Донецке представили результаты исследования процесса самонагревания угля при низкой температуре. Статья затрагивает актуальную проблему – предупреждение пожаров в шахтах. Результаты этой работы могут значительно повлиять на пожарную безопасность горных работ. Не менее интересной является статья авторов из Львовского Государственного Университета Жизнедеятельности, в которой рассматривается вопрос пожарной безопасности лесов. В статье предложен новый метод исследования влажности хвои сосны, на основе которой можно провести быструю оценку пожарной безопасности лесных массивов.

Мы приглашаем Вас ознакомиться со всеми статьями, находящимися в текущем номере. Надеемся, что следующий (новый) номер BiTP будет для Вас интересным.

Редакционный Совет

Tomasz Małecki
Prezes Zarządu Lubelskiego Parku Naukowo-Technologicznego

Szanowni Państwo,

Rozwój nauki napędza myśl technologiczną — innowacyjną, kreatywną i ponad schematami. Takie myślenie wspiera Lubelski Park Naukowo-Technologiczny i taką wiedzę można otrzymać z kwartalnika naukowego „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza". W obu przypadkach chodzi o wspieranie przepływu wiedzy i technologii pomiędzy jednostkami naukowymi a przedsiębiorcami.

Promocja wiedzy pomaga naukowcom przekształcać wyniki badań naukowych i prac rozwojowych w biznes. Temu też ma służyć zainicjowany przez LPNT Polski Klaster Badań i Rozwoju Internetu Rzeczy, którego Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej jest członkiem. Wspólnymi siłami chcemy, by innowacje z dziedziny Internet of Things wpłynęły na wzrost poziomu bezpieczeństwa powszechnego. Kwartalnik od lat pełni funkcję platformy wiedzy dla naukowców, inżynierów, praktyków i teoretyków związanych z szeroko rozumianym bezpieczeństwem. Mamy nadzieję, że wypracowane w Klastrze rozwiązania, okażą się dla nich pomocne i przydatne.

W związku z powyższym, wszystkim zainteresowanym tematyką szeroko rozumianego bezpieczeństwa polecam lekturę kwartalnika naukowego „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza".

PREZES ZARZĄDU
Tomasz Małecki

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.1

bryg. dr inż. **Jacek Zboina**[1]
mgr **Beata Wojtasiak**[1]
st. bryg. w st. sp. **Stanisław Mazur**

Przyjęty/Accepted/Принята: 31.07.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 01.09.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Nietuzinkowy oficer[2]

Unique Officer

Необычный офицер

ABSTRAKT

Do grona osób zasłużonych dla polskiego pożarnictwa niewątpliwie należą między innymi płk poż. w st. sp. Władysław Pilawski i gen. brygadier w st. sp. Feliks Dela. Sylwetki tych wyjątkowych osobistości zostały już zaprezentowane czytelnikom na łamach BiTP w dziale Postacie Pożarnictwa. Kolejną wybitną osobą, której postawa i dorobek zawodowy zdecydowanie zasługują na uwagę, jest st. bryg. w st. sp. mgr inż. pożarnictwa Jan Kielin – redaktor tego działu i wieloletni pracownik Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowego Instytutu Badawczego. Jest on współtwórcą systemu ochrony przeciwpożarowej i niekwestionowanym inicjatorem wielu rozwiązań organizacyjnych w zakresie systemu kształcenia i doskonalenia zawodowego kadr dla systemu ratowniczego. Jan Kielin uosabia najlepsze cechy strażaka, mianowicie profesjonalizm zawodowy i wysokie walory osobiste, co sprawia, że jest i będzie wzorem dla współczesnych i przyszłych pokoleń oficerów. W aktualnym numerze BiTP autorzy podjęli próbę przybliżenia czytelnikom sylwetki Jana Kielina – oficera Państwowej Straży Pożarnej, jej współtwórcy, innowatora i niestrudzonego wizjonera. Zaprezentowanie czytelnikom tej wybitnej postaci to nie jedyne wyróżnienie dla autorów, ale także możliwość codziennej pracy i nauki wynikającej z bezpośrednich kontaktów i wspólnie realizowanych przedsięwzięć w różnych płaszczyznach działalności ze st. bryg. w st. sp. mgr. inż. pożarnictwa Janem Kielinem.

Słowa kluczowe: Jan Kielin, postacie pożarnictwa, ochrona przeciwpożarowa, Państwowa Straż Pożarna, Krajowy System Ratowniczo-Gaśniczy

ABSTRACT

Among people of merit in the Polish Fire Service, undoubtedly, amongst others, are Colonel (Retired) Władysław Pilawski and Brigadier General (Retired) Felix Dela. Personal profiles of these exceptional individuals were revealed to readers previously in the pages of BiTP, under the section titled People Involved in Firefighting. Another prominent figure, whose attitude and extensive professional achievements decidedly merits attention is that of Colonel (Retired) Jan Kielin MEng – Editor for this section and a long time employee of Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute. He is the co-founder of the fire protection system and an undisputed initiator of many organizational solutions in the field of education and training of personnel for the rescue system. Jan Kielin embodies the best characteristics of a firefighter – professionalism and personal qualities, and is a role model for today's and future generations of officers. In the current issue of BiTP, authors introduce readers to the personal profile of Jan Kielin – an officer of State Fire Service, its co-founder, innovator and an indefatigable visionary. The introduction of readers to this outstanding personality is not the only distinction for the authors. Of equal importance is the daily working relationship and learning opportunities gained from direct contact in jointly realised undertakings with Colonel (Retired) and master engineer of firefighting Jan Kielin.

Keywords: Jan Kielin, people involved in firefighting, fire protection, State Fire Service, National Firefighting and Rescue System

[1] Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, Józefów; / Scientific and Research Centre for Fire Protection National Research Institute, Poland; bwojtasiak@cnbop.pl;

[2] Wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage Contribution: J. Zboina – 40%, B. Wojtasiak – 30%, S. Mazur – 30%;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.1

АННОТАЦИЯ

К числу людей, заслуженных офицеров пожарной охраны, несомненно, принадлежат полковник пожарной службы в отставке Владислав Пилявский и генерал-бригадир в отставке Феликс Дэля. Их образы были уже представлены читателям на страницах журнала „Безопасность и Пожарная Техника" в разделе Лица Пожарной Охраны. Следующая знаменитая личность, профессиональная деятельность и многие достижения которой без сомнений заслуживают нашего внимания, является старший бригадир в отставке магистр-инженер пожарной охраны Ян Келин – редактор этого раздела и многолетний сотрудник Научно-Исследовательского Центра Противопожарной Охраны – Государственного Исследовательского Института. Он является соучредителем системы пожарной охраны и, бесспорно, инициатором многих организационных решений в сфере профессионального обучения и совершенствования знаний персонала системы спасения. Ян Келин воплощает в себе наилучшие черты пожарного – профессиональное отношение и высокую личную культуру. Он пример для современных и будущих поколений офицеров. В текущем номере ежеквартального журнала „Безопасность и Пожарная Техника" авторы попробовали познакомить читателей BiTP с Яном Келиным – офицером Государственной Пожарной Службы Польши, ее соучредителем, инноватором и безустанным визионером. Возможность представить читателям этого великого человека – это не единственная награда для авторов статьи, так как у них есть возможность повседневного сотрудничества, работы и учёбы благодаря непосредственному общению и совместной реализации мероприятий в разных сферах деятельности с Яном Киелиным.

Ключевые слова: Ян Келин, лица пожарной охраны, пожарная охрана, Государственная Пожарная Служба, Национальная Спасательно-Гасящая Система

1. Wstęp

Jan Kielin urodził się 11 maja 1945 r. w Solcu-Zdroju. Pochodzi z rodziny rolniczej, jak na owe czasy – bardzo postępowej. Jego ojciec specjalizował się w produkcji tytoniu i cebuli na nasiona. Produkcja specjalistyczna była opłacalna, ale też wymagała specyficznego prowadzenia upraw. To zaś oznaczało konieczność ciągłego uzupełniania wiedzy rolniczej i sporego wysiłku fizycznego. Większość prac wykonywało się ręcznie, co dzisiaj jest nie do pomyślenia. Dostęp do techniki był niewielki. Dopiero gdy zelektryfikowano wioskę, technika odważniej wkroczyła do gospodarstw wiejskich.

2. W Niepokalanowie

Jan Kielin rozpoczął swoją edukację od Szkoły Podstawowej w Zborowie, a następnie wstąpił do Seminarium Duchownego w Niepokalanowie. Do podjęcia nauki w Niepokalanowie zainspirowały go książki, które przywoził ze sobą wujek – franciszkanin. Poziom nauki w niepokalanowskim seminarium był wysoki, a nauczyciele wymagający. Równocześnie nauczano trzech języków obcych, ale główny nacisk kładziony był na łacinę. Nauka tego języka kształtowała też logiczne myślenie i logikę postępowania. Z biegiem lat wielu kolegów opuściło szkolne szeregi. Młody Jan Kielin wytrwał prawie do końca. Dwa lata w stroju świeckim, potem trzy w habicie. Czas pobytu w Niższym Seminarium Duchownym sam uważa za bardzo ważny, bo otrzymał w nim solidną podbudowę intelektualną. Tam poznał przyszłego kapelana krajowego strażaków – Jerzego Kołodziejczaka, który był w klasie dwa lata wyżej. Jan Kielin maturę zdawał już jako świecki uczeń zaocznego liceum ogólnokształcącego. To był okres wytężonej nauki w życiu młodego człowieka.

3. W Warszawie

Żeby móc kontynuować naukę w jedenastej klasie w systemie zaocznym w Warszawie i zarobić na utrzymanie, Jan Kielin w 1964 r. podjął pracę w Hucie Warszawa, w Dziale Eksportu. Następnie w 1965 r., w Zakładach Metalowych Wola, czyli w popularnej w Warszawie Nowotce, pracował jako tokarz. Umiejętność obsługi tokarki zdobył z książkowego *Poradnika tokarza*. Zarówno w Hucie, jak i w Nowotce, po raz pierwszy w praktyce zetknął się z techniką. W bezpośrednim kontakcie zagadnienia techniczne zaczęły go coraz bardziej interesować. Po maturze, którą zdał w 1965 r., zamierzał studiować na elitarnej w owych czasach uczelni, jaką była Szkoła Główna Planowania i Statystyki, popularny SGPiS. Przymierzał się do ekonometrii. Tam wymagano dobrej znajomości przedmiotów ścisłych, a on z nimi nie miał problemów. Nauka jednak kosztowała, trzeba było samemu zarobić na życie. Wtedy dowiedział się, że w Szkole Oficerów Pożarnictwa można zdobyć interesujący, ściśle związany z techniką zawód, a podchorążowie mają bezpłatne wyżywienie, zakwaterowanie i umundurowanie. To zdecydowało, że porzucił myśl o SGPiS i podjął naukę w SOP. Jak się okazało, ta decyzja przesądziła o jego losach zawodowych. Przedmioty nauczania okazały się atrakcyjne, zgodne z jego zainteresowaniami. Z nauką Jan Kielin nie miał problemów, po pierwszym semestrze znalazł się w czołówce studentów X turnusu. Dyscyplina koszarowa także nie sprawiała mu kłopotów, bo lata nauki w zamkniętym środowisku zakonnym przygotowały go do tego. Szczególnym zainteresowaniem podchorążego Jana Kielina cieszyły się wykłady i ćwiczenia prowadzone przez kadrę IV cyklu – poświęcone taktyce wykorzystania sprzętu gaśniczego i ratowniczego. Dziesięciomiesięczną praktykę zawodową odbył w jednostkach ochrony przeciwpożarowej na terenie województwa szczecińskiego. Po promocji zamierzał podjąć służbę w ochronie przeciwpożarowej Ministerstwa Obrony Narodowej. Nauka w Niższym Seminarium Duchownym okazała się wtedy jednak wówczas przeszkodą nie do przebycia.

4. W krakowskiej szkole

Jan Kielin podjął więc służbę w Szkole Podoficerów Pożarnictwa w Krakowie. Wówczas w SPP było tylko siedem etatów oficerskich. Równolegle prowadzone były dwa kursy,

planowano uruchomienie trzeciego, przed kadrą oficerską pełniącą tam służbę stawiano więc wyzwania. Jak się później okazało – ze szkoleniem kadr pożarniczych Jan Kielin związał się na całe aktywne życie zawodowe. Pomógł mu w tym wyborze o rok starszy w służbie ppor. poż. Feliks Dela, który namówił go do podjęcia pracy w krakowskiej szkole. Tam też zawiązała się przyjaźń młodych wówczas oficerów, która trwała przez ich całe życie zawodowe. Obaj zaczynali od stanowisk dowódców kompanii. Ppor. poż. Jan Kielin korzystał z rad bardziej doświadczonego kolegi. Dzięki jego życzliwej pomocy szybko wdrożył się w tajniki bycia dowódcą i pracy dydaktyczno-wychowawczej. W szkole pełnił służbę przez 3 lata (1968–1971).

Kolejne doświadczenia zawodowe zdobywał w 1971 r. w resortowej służbie ochrony przeciwpożarowej, na stanowisku inspektora ochrony przeciwpożarowej w Kombinacie Przemysłu Kabli. Było to dla niego kolejne doświadczenie, ale nie widział tam interesujących możliwości rozwoju zawodowego.

5. Na stanowisku kierownika Służby Szkolenia

Po rozmowie z komendantem wojewódzkim straży pożarnych w Krakowie – płk. poż. Mieczysławem Feliksem, rozpoczął pracę w tamtejszej Komendzie Wojewódzkiej Straży Pożarnych. W latach 1971–1975 kierował Służbą Szkolenia. W tym samym czasie podjął studia na I turnusie zaocznym w Wyższej Oficerskiej Szkole Pożarniczej, a jego specjalnością był obszar zapobiegania pożarom. Szczególną uwagę poświęcał czynnej i biernej technice ochrony przeciwpożarowej. Na ten temat napisał także pracę dyplomową.

6. Powrót do krakowskiej szkoły

W 1975 r. wrócił do Szkoły Chorążych Pożarnictwa w Krakowie, gdzie był wykładowcą podstaw profilaktyki pożarowej. Był to przedmiot obszerny godzinowo, realizowany przez trzy semestry. Jako jedyny oficer z wyższym wykształceniem został w SChP kierownikiem Wydziału Szkolenia. Wykłady z profilaktyki prowadził w dalszym ciągu.

W 1975 r. uzyskał uprawnienia rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych i podjął dodatkową pracę jako rzeczoznawca w Biurze Projektowym MOSTOSTAL w Krakowie. Tam w praktyce zmierzył się z technikami biernej i czynnej ochrony przeciwpożarowej obiektów i procesów technologicznych. Kontakty z ówczesną techniką odbywały się również na innej płaszczyźnie. W tym też roku stał się posiadaczem pierwszego w życiu samochodu – Syreny L, z dźwignią biegów w podwoziu, z półradialnymi oponami. W ciągu czterech i pół roku przejechał nią ponad 90 tysięcy kilometrów. Był to samochód awaryjny, ale od czego są zainteresowania techniczne i umiejętność radzenia sobie z tym ówczesnym cudem polskiej techniki. J. Kielin odważył się nawet na samodzielną wymianę przegubów. Z zablokowaną skrzynią biegów już sobie nie mógł poradzić, a pierwsza tego rodzaju awaria zdarzyła się po przejechaniu 3 tys. km w drodze na urlop z Krakowa na Wybrzeże.

W grudniu 1981 roku otrzymał propozycję objęcia funkcji zastępcy komendanta krakowskiej szkoły. Ze względów osobistych i rodzinnych nie przyjął jej. W 1981 r. podjął natomiast studia magisterskie w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Krakowie, które ukończył z dyplomem magistra pedagogiki w 1983 r. Pracę magisterską poświęcił metodyce szkolenia pożarniczego. Temat ten mógł być rozwinięty w ewentualnej rozprawie doktorskiej, ale liczne inne zajęcia, również te związane z utrzymaniem rodziny, uniemożliwiły mu pracę naukową. Być może stopień naukowy doktora pedagogiki zmieniłby przebieg jego zawodowej kariery.

W Szkole Chorążych Pożarnictwa udało mu się zrealizować kilka przedsięwzięć, dotyczących między innymi usprawnienia procesu planowania zajęć dydaktycznych. Tutaj też przygotował nowoczesną jak na owe czasy salę audiowizualną, pierwszą, jeśli chodzi o szkoły pożarnicze w Polsce. Przez długi czas była chlubą krakowskiej Szkoły Chorążych Pożarnictwa, obiektem zainteresowania pożarniczej kadry dydaktycznej.

7. Komendant WOSzP w Wieliczce

W 1984 r. otrzymał propozycję objęcia stanowiska komendanta Wojewódzkiego Ośrodka Szkolenia Pożarniczego w Wieliczce. Obiekty ośrodka wymagały pilnej modernizacji. Nowy komendant musiał poświęcić sporo czasu i energii na zorganizowanie prac remontowych, co w tamtym czasie, przy ciągłym niedostatku materiałów budowlanych i wykwalifikowanych ekip, nie było łatwym zadaniem. Brakowało także wykwalifikowanej kadry pedagogicznej. W gronie, które zastał, nie było ani jednego oficera, a ośrodek prowadził kursy dla starszych podoficerów oraz dla kierowców mechaników I i II stopnia. Poważnym wyzwaniem było również szkolenie junaków odbywających służbę wojskową w straży pożarnej. Były to trudne kursy i wymagały merytorycznie przygotowanej kadry. Jej pozyskanie stało się priorytetem nowego komendanta, który okazał się specjalistą w rozwiązywaniu spraw trudnych. Mimo powszechnie odczuwanych braków kadry oficerskiej ośrodek w Wieliczce wkrótce stał się jednostką dysponująca najlepszą wówczas kadrą oficerów i chorążych.

W ośrodku, w ciągu dwóch lat, J. Kielin wymienił na nowe wszystkie pojazdy pożarnicze. Uważał, że słuchacze kursów powinni się szkolić na najnowszym sprzęcie. Zakupił nowoczesny komputer oraz drukarkę laserową – pierwszą w województwie. Ten sprzęt odegrał później bardzo dużą rolę w procesie kształtowania jednostek PSP. Był czas, kiedy jednostki ratownicze zaczęto wyposażać w urządzenia hydrauliczne. Staraniem Jana Kielina pierwszy z dwóch zestawów tego sprzętu, które przekazano dla województwa krakowskiego, trafił do WOSzP w Wieliczce. W samochodach pożarniczych nie przewidziano jednak na ten sprzęt miejsca. Komendant ośrodka postanowił zaadaptować więc pojazd marki Żuk. Zaprojektowano odpowiednie uchwyty i wskazano miejsca ich zamocowania, bo cenne urządzenia nie mogły leżeć w samochodzie luzem. Samochód został wstawiony do podziału bojowego i był – z powodzeniem, jako prototyp – wykorzystywany podczas akcji ratowniczo-gaśniczych.

Jako oficer zainteresowany problematyką techniki pożarniczej, Jan Kielin, wspólnie z grupą oficerów ze środowiska krakowskiego, czynnie wspierał grupę warszawską

BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 15–22

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.1

starającą się o powołanie organizacji technicznej skupiającej ludzi służby pożarniczej zainteresowanych tą problematyką. Starania okazały się owocne. Powstało Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Pożarnictwa, które dzisiaj jest jedną z najprężniej działających organizacji w ramach federacji Naczelnej Organizacji Technicznej, która chlubi się między innymi własnym czasopismem, cieszącym się uznaniem środowisk związanych z ochroną przeciwpożarową. Był uczestnikiem zjazdu założycielskiego stowarzyszenia, przez I kadencję członkiem Zarządu Głównego, zaś przez dwie kadencje prezesem Oddziału Krakowskiego SITP. Pod egidą stowarzyszenia z okazji jubileuszu działalności Wojewódzkiego Ośrodka Szkolenia Pożarniczego w Wieliczce, zorganizował pierwszą ogólnopolską konferencję naukowo-techniczną, poświęconą doskonaleniu procesu kształcenia podoficerów.

Szczególnie interesowały go kursy poświęcone technice ratowniczej i gaśniczej, stąd wyjątkowe zainteresowanie szkoleniem kierowców. Napisał pracę o zastosowaniu środków technicznych w procesie nauczania.

Zespół powołany przez komendanta głównego straży pożarnych płk. poż. Andrzeja Gatlika, kierowany przez Jana Kielina, opracował pierwszą w historii charakterystykę poszczególnych korpusów w polskim pożarnictwie zawodowym. Dokładnie wyszczególniono w niej, co powinien wiedzieć i umieć: strażak, podoficer, kierowca, chorąży, oficer. Te charakterystyki były podstawą, fundamentem do konstrukcji programów i całego procesu nauczania.

Kolejne poważne opracowanie stanowił projekt systemu kształcenia pożarniczego, przygotowany w Ośrodku Szkolenia Pożarniczego w Wieliczce. Była to praca zespołowa pod kierownictwem Jana Kielina. Zespół składał się ze specjalistów przez niego wskazanych. W jego skład wchodzili między innymi: Tadeusz Terlikowski z SGSP, Jan Nocuń z SChP w Krakowie i Wiesław Leśniakiewicz, reprezentujący komendantów powiatowych. Efekty tej pracy były prezentowane 16 marca 1992 r. podczas Kolegium Komendanta Głównego w pierwszym dniu służby Jana Kielina w Komendzie Głównej PSP. Koncepcja została przyjęta i przyszło mu ją wdrażać, jako dyrektorowi Biura Kadr i Szkoleń.

W trakcie pracy w Wieliczce nawiązał liczne kontakty ze strażakami niemieckimi. Ułatwiała mu je biegła znajomość języka. Wykorzystywał ją również w tłumaczeniu zawodowej literatury, której brakowało na naszym rynku wydawniczym.

Zdobył też uprawnienia przewodnika po obiektach Kopalni Soli w Wieliczce. Oprowadzał tylko grupy niemieckojęzyczne. Jego przyjacielskie kontakty z kierownictwem kopalni zaowocowały pozyskaniem pięknej komory solnej na turnusy rehabilitacyjne dla funkcjonariuszy resortu spraw wewnętrznych mających problemy z drogami oddechowymi, we współdziałaniu z dyrektorem Centralnego Zarządu Służby Zdrowia MSW.

8. W KG PSP – 1992–1996

Przedsięwzięciem ważnym w jego zawodowym życiu i jednocześnie takim, które wywarło duży wpływ na profil organizacyjny Państwowej Straży Pożarnej, była baza kadry, którą przygotował na początku swojej pracy jako dyrektor Biura Kadr i Szkolenia KG PSP. Złożyły się na nią dane o 28 tys. ludzi służby pożarniczej wszystkich korpusów. Aby je pozyskać i uporządkować, trzeba było zakupić odpowiednie oprogramowanie i sprzęt komputerowy dla jednostek organizacyjnych PSP, przeszkolić do tego przedsięwzięcia ludzi. St. bryg. Jan Kielin poradził sobie z tymi problemami w ciągu sześciu miesięcy. Po upływie tego czasu komendy szczebla powiatowego, wojewódzkiego i KG PSP dysponowały pełnymi danymi o kadrze pożarniczej, zawierającymi aktualne informacje o kwalifikacjach, miejscu pełnienia służby, drodze zawodowej, wieku, zaszeregowaniu itd. Okazały się niezwykle cenne w procesie obsadzania stanowisk w PSP, w rozdziale środków na podwyżki uposażeń, we wnioskowaniu o awanse, odznaczenia, wyróżnienia, przeniesienia itp. Dysponowanie taką bazą danych przez dyrektora Biura Kadr i Szkolenia upraszczało i przyspieszało różnego rodzaju kadrowe procedury, pomagało unikać pomyłek i przekłamań. Od budowy tej bazy rozpoczął się intensywny proces informatyzacji jednostek organizacyjnych PSP. Szkoda, że wówczas inne biura KG PSP nie podjęły decyzji opracowania takich baz na własne potrzeby. Droga była przetarta.

Po rozpoczęciu działalności przez PSP pojawiło się wiele spraw, które należało uregulować, problemów wymagających pilnego rozwiązania. W tym natłoku spraw dyrektor Jan Kielin zainicjował organizację szkolenia dowódców jednostek ratowniczo-gaśniczych, którym po powstaniu PSP powierzono ważne zadania. Tę koncepcję wdrażał wspólnie z nadbryg. Maciejem Schroederem. Komendant główny Feliks Dela bardzo dużo oczekiwał od dowódców JRG, wiedząc, że oni stanowią najważniejsze ogniwo służby ratowniczej, podstawę jej sprawnego funkcjonowania. Wszyscy więc musieli przejść tygodniowe szkolenie w Poznaniu. Wielu z nich nie zaliczyło testu w komorze dymowej, toru przeszkód itp. Musieli pożegnać się z odpowiedzialnym stanowiskiem. Dowódcy JRG po powrocie do jednostek byli zobowiązani do przeprowadzenia podobnego szkolenia i testów sprawności dla podległych załóg.

Ważnym zadaniem w początkowym okresie funkcjonowania Państwowej Straży Pożarnej była zmiana świadomości strażaków i uzmysłowienie im, że zadania przed nimi postawione są znacznie szersze niż realizowane dotychczas. W związku z tym dyrektor Jan Kielin wprowadził obowiązkowe kursy szkoleniowe dla wszystkich strażaków PSP. To zadanie zostało zlecone szkołom pożarniczym, jego realizacja była trudna, wymagała bowiem zmian mentalnych w szeregach straży pożarnej.

W Szkole Głównej Służy Pożarniczej wprowadzono dwustopniowy system kształcenia oficerów inżynierów i magistrów inżynierów. Jan Kielin zainicjował wówczas powołanie na uczelni Zakładu Doskonalenia Pedagogicznego, który miał kształcić kadrę pod tym kątem, ze szczególnym uwzględnieniem metodyki kształcenia pożarniczego.

Ważnym wydarzeniem dla całej służby, do którego znacząco się przyczynił st. bryg. Jan Kielin, było powołanie Centralnej Szkoły PSP w Częstochowie. Zaczęło się od telefonu st. bryg. Jerzego Małolepszego – komendanta wojewódzkiego PSP w Częstochowie, który poinformował, że

są do przejęcia za symboliczną złotówkę koszary wojskowe w Częstochowie. Jan Kielin pomyślał o zlokalizowaniu tam szkół podoficerskich, które miały skromną bazę lokalową – i powołanie w ich miejsce jednej dużej szkoły podoficerskiej. Podzielił się tą koncepcją z komendantem głównym PSP nadbryg. Feliksem Delą. Ten wstępnie ją zaakceptował. Na wizję lokalną delegował nadbryg. Macieja Schroedera i st. bryg. Jana Kielina. Stan obiektów po opuszczeniu ich przez wojsko nie był zachęcający, ale lokalizacja i obszar terenu kusiły. W uzasadnieniu przedłożonym na piśmie komendantowi głównemu dokonujący wizji lokalnej opowiadali się za przejęciem obiektów i terenu. Sytuacja finansowa PSP w tym czasie nie była jednak najlepsza, z tego powodu pojawili się również przeciwnicy realizacji tej koncepcji. Istniała obawa o uszczuplenie środków z budżetu KW PSP na remont przejętych obiektów w Częstochowie. Decyzja jednak zapadła. Do realizacji tego zadania powołano st. bryg. Teofila Jankowskiego – komendanta wojewódzkiego PSP w Lesznie. W wyniku pracy pierwszego i kolejnych komendantów CSP i jej kadry powstał nowoczesny obiekt Centralnej Szkoły PSP w Częstochowie.

Jan Kielin przez wiele lat współpracował z Tadeuszem Terlikowskim – zastępcą komendanta-rektora SGSP, wraz z którym między innymi opracował materiał dla specjalistów ochrony przeciwpożarowej w zakładach pracy, wzbogacony licznymi materiałami poglądowymi w formie folii szkoleniowych. Ten projekt st. bryg. w st. sp. Jan Kielin kontynuuje na emeryturze, ale już w formie cyfrowej. Dotychczasowy dorobek to 30 płyt z nagranymi materiałami poglądowymi.

9. Pozorny stan spoczynku

Pracowity ponad miarę. Przed odejściem w stan spoczynku Jan Kielin miał sześć miesięcy zaległego urlopu. Organizm, eksploatowany ponad możliwości, domagał się regeneracji. Przed obecnym miejscem pracy znalazł się w Biurze Bezpieczeństwa Narodowego (1996), gdzie dyrektorem był wielki przyjaciel strażaków – Maciej Flemming. Po trzech miesiącach pracy objął odpowiedzialną funkcję dyrektora Gabinetu w Urzędzie Szefa Obrony Cywilnej (1997–2001). Tutaj przyszło mu zmierzyć się z powodzią o niespotykanych dotychczas rozmiarach. Organizował pracę sztabu przeciwpowodziowego. Zakres zadań był ogromny – bez opanowanych narzędzi informatycznych i komputera niemożliwy do opanowania. Wymagało to jednak pozyskania nowego oprogramowania, z którym dotychczas nie miał do czynienia. Nabył je i szybko wdrożył się do pracy. Tu bardzo pomocne okazało się zainteresowanie techniką i zacięcie informatyczne. Szczególnie przydatny okazał się wykaz miejscowości dotkniętych powodzią. Jan Kielin – organizator prac sztabu przeciwpowodziowego – przygotował taki wykaz. Był on bardzo przydatny dla zainteresowanych resortów – głównie resortów, które przyznawały środki finansowe na pomoc dla dotkniętych powodzią gmin.

W sierpniu 1997 r., jako przedstawiciel Polski, uczestniczył w pracach sztabu przeciwpowodziowego z siedzibą w Berlinie. Tam miał okazję porównać, jak funkcjonują te organy w Niemczech i w Polsce. Szczególnie inspirujące wówczas było porównanie sprawności organizacyjnej wojska uczestniczącego w zwalczaniu powodzi po obu stronach Odry. U nas kwestie – tak wydawałoby się proste i oczywiste – jak chociażby zadysponowanie sprzętu pływającego, opłata za paliwo zużyte przez śmigłowce itd., wymagały decyzji na wysokich szczeblach dowodzenia. W pracy niemieckiego sztabu uczestniczył przedstawiciel wojska. On przekazywał wojsku zadania zlecane przez sztab. Sztab przeciwpowodziowy w Niemczech nie zajmował się już problemami w realizacji tych zadań. Ich pokonywanie należało do wojska.

Jan Kielin na emeryturze związał się z Fundacją Edukacja i Technika Ratownictwa praktycznie od czasu jej powstania. Już wcześniej nosił się z zamiarem zorganizowania spółki, która zajmowałaby się wystawami najnowszej techniki ratowniczej i gaśniczej. Okazało się, że tego zadania podjęła się Fundacja. Włączył się czynnie w organizację pięciu takich wystaw na terenach Centralnej Szkoły PSP w Częstochowie. Jest autorem nazwy tej wystawy – EDURA. Dzięki jego wsparciu i zaangażowaniu, a także cennym radom i pomysłom, którymi chętnie służył Zarządowi Fundacji, wystawa bardzo się rozwinęła. Od ubiegłego roku organizowana jest wspólnie z targami INTERSCHUTZ. Również w tym przedsięwzięciu Jan Kielin miał istotny udział.

W trakcie organizacji międzynarodowych wystaw EDURA Jan Kielin wspólnie z dr. Eugeniuszem Roguskim, prof. Jerzym Wolaninem oraz dr. Dariuszem Wróblewskim zorganizował dwie konferencje pod tytułem „Zarządzanie bezpieczeństwem na poziomie lokalnym". Cieszyły się one dużym zainteresowaniem.

Jan Kielin zamierzał uruchomić wirtualne szkolenie na platformie Fundacji. Niestety – nie wystarczyło środków. Fundacja jeszcze nie okrzepła finansowo na tyle, aby podjąć się takiego zadania. Wystąpił także z inicjatywą przygotowania na tejże platformie wirtualnej wystawy sprzętu ratowniczego i gaśniczego, jako wirtualnej kontynuacji EDURY, na której mogłyby stale prezentować się firmy uczestniczące w wystawach.

Zainicjował podjętą przez Fundację akcję „Gwiazdka bezpieczeństwa dla hoteli" – wersja polska . Jej celem jest zwiększenie bezpieczeństwa gości hotelowych przez przyznawanie hotelom gwiazdek bezpieczeństwa po spełnieniu przez nie określonych wymagań. Dzięki Janowi Kielinowi Fundacja uzyskała certyfikat FEU[3] na prowadzenie tej działalności w Polsce. Obecnie trwa proces uruchamiania akcji.

W 2009 r. Jan Kielin, jako kierownik merytoryczny projektu, przy współpracy z Dariuszem Wróblewskim i 70-osobowym zespołem, wprowadzał w życie opracowany przez siebie system nazwany Wioską Internetową. Stanowił go zestaw materiałów edukacyjnych dla członków i funkcyjnych OSP (dziewięć kursów) oraz z zakresu ochrony ludności (osiem kursów) do zamieszczenia na platformie edukacyjnej. W ramach projektu przeprowadzonych zostało 17 kursów e-learningowych dla ratowników OSP i ludności wiejskiej. To opracowanie Jan Kielin uważa za

[3] FEU – Europejska Federacja Komendantów Straży Pożarnych.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.1

najważniejsze osiągnięcie techniczne w swoim zawodowym życiu. Materiały są dostępne na platformie do dziś. Zawierają zarówno pytania, jak i odpowiedzi. Wszystkie oparte są na obowiązujących programach szkolenia. W ten sposób będąc w domu czy w strażnicy, można się przygotować do egzaminu lub innej formy sprawdzianu wiedzy. W dziale technicznym nie podano tradycyjnie instrukcji fabrycznych, lecz parametry sprzętu, sposoby jego obsługi i taktycznego wykorzystania. Wszystko to pod kątem potrzeb ratownika OSP. Ten zestaw znacznie skraca czas szkolenia członków OSP i obniża jego koszty, podnosząc jednocześnie efektywność. Inicjatywa ta wymaga aktualizacji i kontynuacji. Zastanawiające jest, dlaczego PSP nie sięga po tę nowoczesną pomoc dydaktyczną. Jan Kielin kilkakrotnie podnosił tę kwestię już jako pracownik Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej – PIB, z którym jest nieprzerwanie związany od 2008 roku.

W 2009 r. Jan Kielin opracował materiały do kursów edukacji społecznej poświęconych następującym tematom: * jak się przygotować do ewentualnego przeciwdziałania powstałemu pożarowi (zasady alarmowania, podstawowe wyposażenie w sprzęt w budynku), * ekstremalne temperatury, napad, * podstawowe zasady udzielania pomocy medycznej (jak się zachować, jak postępować w razie wypadku w domu, w rodzinie, w pracy), * jak się zachować w ekstremalnej sytuacji, aby nie pogorszyć swojej sytuacji, * jak organizować pracę w gospodarstwie, żeby nie generować zagrożeń (eksploatacja maszyn, ich przechowywanie).

Obecnie w CNBOP-PIB, jako główny specjalista, uczestniczy w realizacji projektu[4] „Zaawansowane technologie teleinformatyczne wspomagające projektowanie systemu ratowniczego na poziomach: gmina, powiat, województwo". Również tym przypadku pomysłodawcą tematu projektu i jego zakresu, a także wiodącym wykonawcą z ramienia CNBOP-PIB jest Jan Kielin. Wyniki projektu to między innymi wypracowanie standardów udzielania pierwszej pomocy ratowniczej. Opracowano wiele definicji dotyczących ratownictwa, których dotąd nie było, takich jak pierwsza pomoc ratownicza czy zdarzenia krytyczne. W ramach projektu J. Kielin określił także osie czasowe wzorowane na doświadczeniach i badaniach niemieckich, gdzie rygorystycznie przyjmuje się graniczne wartości, do którego momentu niezbędna pomoc powinna dotrzeć, aby była skuteczna.

Cele ochronne systemu ratowniczego, racjonalne rozmieszczenie zasobów ratowniczych, standardy udzielania pierwszej pomocy ratowniczej, a także gotowość operacyjna jednostek ratowniczych, to główne badań prowadzonych przez st. bryg. w st. sp. Jana Kielina w ramach tego konsorcjum naukowego. Proces projektowania, również sytemu ratowniczego, można skutecznie wspomagać poprzez dostępne technologie teleinformatyczne, w oparciu o gromadzone dane ze zdarzeń, a także w oparciu o formułowane założenia dotyczące jego funkcjonowania.

Jan Kielin opracował także, na polecenie komendanta głównego PSP, założenia do utworzenia zakładu technologii informatycznych na potrzeby ochrony przeciwpożarowej, który miał powstać w CNBOP-PIB. Założenia są, ale zakład niestety do tej pory nie powstał.

Obecnie Jan Kielin pracuje nad tłumaczeniem z języka niemieckiego *Poradnika dowódcy akcji ratowniczej*. Będzie to wydawnictwo kieszonkowe, przeznaczone przede wszystkim dla dowódcy zastępu, głównie OSP w KSRG, od którego decyzji bardzo wiele zależy. Szykuje także tłumaczenie drugiej książki dla dowódców, pt. *Gaszenie pożarów wewnętrznych*.

Czas utracony nigdy nie wróci – to maksyma życiowa naszego bohatera

Zapytany o osoby, które wywarły największy wpływ na jego drogę zawodową, bezapelacyjnie na pierwszym miejscu umieszcza wieloletniego komendanta Wyższej Oficerskiej Szkoły Pożarniczej płk. poż. Krzysztofa Smolarkiewicza. Poczesne miejsce przypada także jego zastępcy płk. poż. Józefowi Nazarko. Dużą rolę w jego zawodowym życiu odegrał gen. brygadier Feliks Dela, a także płk poż. Henryk Kaliciecki – komendant Szkoły Chorążych Pożarnictwa w Krakowie oraz płk poż. Mieczysław Feliks – zastępca, a następnie komendant wojewódzki straży pożarnych w Krakowie.

St. bryg. w st. sp. Jan Kielin znaczył swoją drogę zawodową pięknymi osiągnięciami nie tyko zawodowymi, ale także tymi o charakterze naukowym. Oto niektóre z nich:

Wybrane realizowane ważne zadania:

- Kierowanie zespołem – projekt charakterystyk zawodowych strażaka, podoficera i kierowcy zawodowej straży pożarnej, opracowanie na zlecenie Komendy Głównej Straży Pożarnych (1986).
- Kierowanie zespołem przygotowującym koncepcję organizacji szkolnictwa pożarniczego pod kątem potrzeb powstającej Państwowej Straży Pożarnej. W skład zespołu wchodzili: T. Terlikowski, St. Bieleń, M. Zaurski, P. Bielicki, Z. Freytag, J. Nocuń i W. Leśniakiewicz (1991).
- „Program bezpieczeństwa dla tunelu krakowskiego szybkiego tramwaju", kierownik zespołowego projektu (2008).
- „Założenia wspomagania systemu szkolenia jednostek OSP", współautor E. Roguski, CNBOP 2009.
- Założenia do utworzenia i działalności „Bazy wiedzy: ochrona przeciwpożarowa w CNBOP", założenia skonsultowane z biurami KG PSP (2011).

Wybrane konferencje i referaty:

- Organizacja konferencji naukowej poświęconej doskonaleniu procesu dydaktyczno-wychowawczego na kursach podoficerskich. Pełniąc funkcję sekretarza konferencji, przygotował jej założenia, program, dobrał autorów referatów. Sam też wygłosił referat na temat formułowania i osiągania celów kształcenia (1987).

[4] Finansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (konkurs nr 3/2012 na wykonanie projektów w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa) – konsorcjum naukowe: Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy, Uczelnia Techniczno-Handlowa im. Heleny Chodkowskiej, firma ASSECO Poland S.A., firma ITTI Sp. z o.o.

– Referat „System kształcenia ratowników w Polsce" wygłoszony na międzynarodowej konferencji poświęconej problematyce ochrony ludności (Dobieszków, 1993).
– Referat „System kształcenia oficerów pożarnictwa w Polsce" wygłoszony podczas konferencji w Manchesterze (1996).
– „Rozmieszczenie jednostek ratowniczych w systemie ochrony ludności w Polsce. Stan aktualny, propozycje zmian w standaryzacji", referat wygłoszony podczas konferencji w SGSP (2007).

Publikacje i tłumaczenia literatury specjalistycznej:
– *Akcje ratownicze podczas katastrof budowlanych – wytyczne Niemieckiego Urzędu Obrony Cywilnej* tłumaczenie wyd. SA PSP w Krakowie (1999).
– *Tlenek węgla sieć straży pożarnych – toksyczne lotne produkty spalania w statystykach ofiar śmiertelnych pożarów a czas podjęcia działań ratowniczych: planowanie sieci straży pożarnych i liczebności ich obsad*, „Przegląd Pożarniczy" 4/2005, współautor W. Leśniakiewicz.
– *Błędy w taktyce, duże straty*, tłumaczenie z języka niemieckiego, autor oryginału M. Pulm, wyd. EDURA, Warszawa 2005, współautor A. Ludwig.
– *Zapewnienie warunków ewakuacji podczas dużych zgromadzeń* cz. I, „Ochrona Przeciwpożarowa" 2/2006 (tłumaczenie artykułu opublikowanego w kwartalniku vfdb), współautor A. Ludwig.
– *Ratownictwo techniczne podczas wypadków z udziałem samochodów ciężarowych*,, tłumaczenie z języka niemieckiego, autorzy oryginału Cimolino, Heck, Linde, Springer, Sűdmersen, wyd. EDURA, Warszawa 2006.
– *Światowa statystyka ochrony przeciwpożarowej CTIF 2006*, tłumaczenie z języka niemieckiego, wyd. EDURA, Warszawa 2006.
– *Mgła wodna wysokociśnieniowa – efektywna ochrona ludności i mienia, skuteczne gaszenie pożarów*, „Ochrona Przeciwpożarowa" 2/2007, współautor J. Seweryn.
– Konsultacja metodyczna zestawu podręczników dla członków i funkcyjnych OSP, wyd. CNBOP (2008).
– *Światowa statystyka ochrony przeciwpożarowej CTIF 2008*, tłumaczenie z języka niemieckiego, wyd. EDURA, Warszawa 2008.
– *Standardy pierwszej pomocy ratowniczej – czy są nam potrzebne*, „W akcji" 3/08 oraz „Na ratunek" (2008).
– *Projektowanie systemu ratowniczego – wstępny raport z badań*, Rozdział w monografii *Ochrona przeciwpożarowa a bezpieczeństwo państwa*, współautor D. Bąk, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2014, ISBN 978-83-61520-35-1.
– *Model Reagowania*, „Przegląd Pożarniczy" 4/2014, współautorzy: J. Prońko, P. Bujny.
– *Projektowanie systemu ratowniczego* monografia – współredakcja naukowa J. Zboina, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2015.

St. bryg. w st. sp. Jan Kielin wykazywał się aktywnością zawodową także w innych dziedzinach. Uczestniczył w organizowaniu współpracy partnerskiej Krakowa i Norymbergi. Organizował obozy szkoleniowo-wypoczynkowe dla młodzieży OSP woj. krakowskiego oraz wyjazdy MDP na obozy letnie w Niemczech. Przygotowywał drużyny OSP do udziału w zawodach sportowo-pożarniczych OSP w Austrii. Uczestniczył także jako delegat Polski w posiedzeniach Rady Delegatów CTIF w latach 1991–1996.

Powiedzieli o nim podczas uroczystego spotkania z okazji 70. rocznicy urodzin naszego bohatera:
nadbryg. w st. sp. Roman Kaźmierczak: „Jan Kielin jest oficerem nietuzinkowym. Przez lata służby w różnych jednostkach i na różnych stanowiskach nabył tyle doświadczenia, że mógłby sowicie obdzielić nim wielu młodych adeptów pożarnictwa. Ja jestem jednym z tych, którzy bogato korzystali z jego rad i doświadczeń, a także pracowitości. Jako kanclerz Klubu Generalskiego Pożarnictwa Polskiego żałuję, że jego droga nie została zwieńczona stopniem służbowym predestynującym do członkostwa w Klubie. Byłaby to sprawiedliwość dziejowa w odniesieniu do osoby, która wniosła ogromny wkład w powstanie PSP".
nadbryg. w st. sp. Maciej Schroeder: „Gdyby nie Jan Kielin, początki organizacyjne PSP byłyby bardzo trudne. Feliks Dela wymyślał koncepcję, Janek jej słuchał i na następny dzień rano miał już gotowe materiały do przedyskutowania rozwiązań. To, co zrobił w tych trudnych dniach dla służby – tego nie potrafiłby nikt inny. On miał dodatkowy przywilej: był lubiany przez generała Delę, który darzył go bezgranicznym zaufaniem".
nadbryg. w st. sp. Jerzy Wolanin: „Dyrektor Biura Kadr w KG PSP miał komputer. Był to chyba jedyny w PSP komputer zawierający tak bogate dane kadrowe służby. Pamiętam, jak podczas jednego z posiedzeń Rady Wydziału Jan Kielin mówił, że sprzątaczka w tym wydziale zarabia więcej niż któryś z pracowników merytorycznych. Okazało się, że tak było rzeczywiście i musiałem się gęsto tłumaczyć, dlaczego do tego doszło. Miałem pewne argumenty za, bo ona odchodziła na emeryturę, ale dyrektor Kielin nie dał się przekonać do słuszności mojego stanowiska. Z perspektywy lat oceniam, że miał wówczas rację. Organizację jego własnego systemu pracy oceniam dzisiaj jako pierwszy w PSP nowoczesny sposób pracy z kadrami przy wykorzystaniu osiągnięć techniki komputerowej".
st. bryg. w st. sp. Eugeniusz Roguski: „Jan Kielin to księga pomysłów na PSP. Jako uczestnicy Kolegiów Komendanta Głównego zawsze obawialiśmy się momentu, kiedy z laptopem po pachą wchodził na salę, uruchamiał swój sprzęt i był w stanie każdemu z nas wypomnieć większe lub mniejsze grzeszki nadgorliwości lub zaniechania. On w tym laptopie zgromadził ogromną wiedzę kadrową. W realizacji zadań i w ich jakości okazał się tytanem pracy. Każdy z nas czuje się trochę współautorem PSP, ale daleko nam do jego osiągnięć. Wielu funkcjonariuszy podziela pogląd, że gdyby nie Jan Kielin ze swoim komputerem, wiedzą i pracowitością – nie byłoby PSP w takim wymiarze, jak obecnie".
gen. bryg. Wiesław Leśniakiewicz: „Miałem możliwość bliższego poznania Jana Kielina w okresie, kiedy

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.1

powstawała PSP. Wówczas zostałem zaproszony do zespołu, który zajmował się szkoleniem jednostek OSP. Janek nie był jeszcze wówczas dyrektorem, lecz dobrze zapowiadającym się młodym oficerem. Podziwiałem jego merytoryczne podejście do problemu. Wiele się od niego uczyłem i wiele mu zawdzięczam. On jako kadrowiec rozprowadzał tych wszystkich ludzi, którzy pojawili się na jego zawodowej drodze. W życiu bowiem jest tak, że ktoś musi pchać, a inny ciągnąć. Janek był w tej grupie, która i pchała, i ciągnęła. Chciałem mu za to serdecznie podziękować – za cenne podpowiedzi, bo gdyby nie one, nie byłbym dzisiaj tutaj, gdzie jestem".

bryg. Dariusz Wróblewski: „Jana Kielina poznałem w latach 90. w Urzędzie Szefa OC. Dla mnie, jako młodego oficera, nazwiska Jan Kielin czy Feliks Dela zawsze widniały na honorowych miejscach. Nagle się okazuje, że poznaję jedną z czołowych osób w służbie pożarniczej w kraju. Drugie spotkanie miało już bardziej roboczy charakter, podczas wspólnie organizowanej konferencji na Międzynarodowej Wystawie Sprzętu Ratowniczego EDURA. Kolejnym spotkaniem było to, które trwa i mam nadzieję, że będzie trwało – w CNBOP. Pierwszym naszym przedsięwzięciem był projekt Wioska Internetowa. To nieprawdopodobne przedsięwzięcie – 18 tysięcy multimedialnych ekranów, filmy itp. przygotowane w ciągu trzech miesięcy przez 70 osób koordynowanych przez Jana Kielina. Materiał wysoko oceniony pod względem merytorycznym. Przyniósł instytutowi 1,5 mln zł dochodu. A trzeba pamiętać, że był to czas kryzysu. Dzięki tym pieniądzom wyszliśmy na plus. Potem były kolejne projekty badawcze i ostatnie przedsięwzięcie zainicjowane przez Jana Kielina – podręczniki, które tłumaczy z języka niemieckiego na potrzeby jednostek ochrony przeciwpożarowej. Na ich wydanie komendant główny PSP już zabezpieczył środki".

st. bryg. Krzysztof Biskup: „Szacunku nie można kupić. Na szacunek trzeba zapracować. Na uzasadnienie tego wspomnę pewną przygodę. Byliśmy w Niemczech w Dortmundzie. Towarzyszący nam oficerowie niemieccy pytali nas: „Kto to jest pan Jan Kielin, bo wszyscy strażacy polscy, z którymi się spotykamy darzą go niezwykłą estymą". Wytłumaczyliśmy im, kim jest Jan Kielin. Zrozumieli. Jana Kielina po raz pierwszy spotkałem w 1995 r., kiedy rozpoczynałem pracę w KG PSP. Był wówczas dyrektorem Biura Kadr i Szkolenia. Wtedy wiele ciekawych zadań udało się nam zrealizować. Teraz od kilku lat mam przyjemność z Janem Kielinem pracować w CNBOP, z człowiekiem niesamowicie skutecznym, nowocześnie myślącym. W mojej ocenie Jan Kielin, osoba niezwykle zasłużona dla PSP, w pełni zasłużył na stopień generalski. Niestety – w pewnym momencie ktoś o czymś zapomniał, choć powinien pamiętać".

10. Podsumowanie

Cechy i walory osobiste, jakie wyróżniają st. bryg. w st. sp. mgr. inż. Jana Kielina, to przede wszystkim zamiłowanie do służby pożarniczej i dbałość o jej wysoki autorytet w społeczeństwie, pracowitość, koleżeńskość zawodowa i życzliwość. Wyniki bogatego i barwnego życia zawodowego Jana Kielina są imponujące. Było i jest ono pełne pasji, ciężkiej pracy, zasad, wizji i innowacji, a także wiary w ochronę przeciwpożarową i straż pożarną, której poświęcił się bez granic.

Nawiązując do już cytowanego motta Pana Jana, czas utracony dla tej postaci pożarnictwa nie istnieje.

* * *

bryg. dr inż. Jacek Zboina – pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej Państwowym Instytucie Badawczym jako Z-ca Dyrektora CNBOP-PIB ds. certyfikacji i dopuszczeń. Zawodowo specjalizuje się w obszarze ochrony przeciwpożarowej, technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz oceny zgodności. Absolwent studiów inżynierskich i magisterskich w Szkole Głównej Służby Pożarniczej, ukończył również studia podyplomowe Menedżer Innowacji w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie. Stopień naukowy doktora nauk społecznych w zakresie nauk o bezpieczeństwie uzyskał w Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni na Wydziale Dowodzenia i Operacji Morskich. Oficer PSP, rzeczoznawca ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych.

mgr Beata Wojtasiak – absolwentka Akademii Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej w Warszawie (Wydział Nauk Pedagogicznych). W 2013 r. ukończyła studia podyplomowe Menedżer Innowacji w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie. Aktualnie pracownik Jednostki Certyfikującej Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowego Instytutu Badawczego na stanowisku mł. specjalista inżynieryjno-techniczny.

st. bryg. w st. sp. Stanisław Mazur – absolwent SOP, Wydziału Organizacji i Zarządzania UW, wieloletni szef służby w KG PSP, były rzeczoznawca ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych, były redaktor naczelny „Strażaka", „Przeglądu Pożarniczego", „Ochrony Przeciwpożarowej", autor podręczników i książek o tematyce pożarniczej.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB Please cite as: BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 23–30

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.2

płk rez. prof. dr hab. inż. **Zbigniew Ścibiorek**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 07.07.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 25.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Zarządzanie kryzysowe a teoria organizacji i zarządzania

Crisis Management – Contrast with Organization and Management Theory

Антикризисное управление и теория организации и управления

A B S T R A K T

Cel: Wykazać uwarunkowania i znaczenie zarządzania podczas zaistnienia zdarzeń niekorzystnych dla ludzi i (lub) środowiska.
Wprowadzenie: Zarządzanie kryzysowe odbywa się w nader złożonych warunkach. Jest uwarunkowane szeregiem czynników. One to w różny sposób wpływają na podejmowane działania i ich efektywność. Praktyka jednoznacznie ukazuje, że wiele zależy od tego jaka jest procedura oddziaływania na ludzi, zwłaszcza ratowników. Nie mniejsze znaczenie ma sposób wykorzystania posiadanego sprzętu i innych rzeczy. W zarządzaniu kryzysowym można wykorzystywać osiągnięcia teorii organizacji i zarządzania. Taki jest cel artykułu. Nie można jednak zapominać o tym, że akcje ratownicze prowadzone są przez organizacje publiczne, najczęściej zhierarchizowane, jak np. Państwowa Straż Pożarna. Fakt ten w pewien sposób ogranicza możliwości stosowania rozwiązań „cywilnych", ale ich nie wyklucza. Wiele zależeć będzie od warunków zaistniałej sytuacji i od tego jaka jest skala potencjalnego zagrożenia dla ludzi i środowiska. Chociażby dlatego bardzo istotne jest szybkie rozpoznanie (zdiagnozowanie) zdarzenia, aby stosownie do tego zaangażować niezbędne siły i środki oraz dążyć do ich efektywnego wykorzystania. Niebagatelny wpływ na proces zarządzania kryzysowego ma fakt, że w porównaniu z minionymi laty, obecnie postęp cywilizacyjny powoduje, że coraz szybciej powstają (pojawiają się) nowe czynniki, zmienia się zakres ich znaczenia. Taki wniosek wysnuto po przeprowadzonych analizach możliwych zdarzeń niekorzystnych dla otaczającej nas rzeczywistości. Zmianie ulegają również wzajemne zależności między poszczególnymi czynnikami. W takiej sytuacji nader trudne staje się precyzyjne przedstawienie w jaki sposób rozwiązywać pojawiające się problemy. Można i trzeba sięgać do zdobyczy nauki i to niezależnie od tego przez kogo i gdzie zostały wygenerowane rozwiązania. Twórczo trzeba rezygnować z tego co kiedyś przynosiło sukcesy. Współcześnie skala zjawisk jest całkiem inna. Nieodzowne jest analizowanie zjawisk kategoriami strategicznymi, niejednokrotnie w wymiarze międzynarodowym.
Wnioski:
1) Podczas zarządzania kryzysowego można wykorzystywać wiedzę z zakresu teorii organizacji i zarządzania.
2) Nie ma i nie zostanie wygenerowane rozwiązanie uniwersalne do zastosowania podczas zdarzeń niekorzystnych dla ludzi i (lub) środowiska.
3) W procesie zarządzania kryzysowego wiele zależeć będzie od inwencji ludzi kierujących akcją ratowniczą i biorących w niej udział.

Słowa kluczowe: zarządzanie, zarządzanie kryzysowe, uwarunkowania, proces, ludzie
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

A B S T R A C T

Aim: Demonstrate the conditions and importance of managing incidents, which have an adverse impact on the environment and people.
Introduction: Crisis management is conducted in very complex conditions. It is conditioned by a range of factors, which in a variety of ways influence the measures taken and their ultimate outcomes. Practice reveals that much depends on procedures, which impact on people, especially personnel engaged with rescue operations. Equally important is the way in which equipment and other resources are utilised. Crisis management can exploit the achievements in organization and management theory. It should be borne in mind that rescue operations are conducted by public organizations, usually with a hierarchical structure, such as the National Fire Service. To some extent this limits the application of "civil" solutions, but it does not rule them out. Much will depend on the situation and on the scale of potential risks to humans and the environment. Therefore, it is very important to quickly recognise (diagnose) incidents so that appropriate resources can be selected and utilised in the most effective way. Compared with the past, progressive development of civilisation is accompanied by quickly emerging influences where the span of meaning changes, with a consequential impact on the process of crisis management. Interrelationships between influences are also changing and in such circumstances it becomes extremely difficult to

[1] Wyższa Szkoła Oficerska Wojsk Lądowych we Wrocławiu / Land Forces Military Academy, Poland; zbscibi@wp.pl;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.2

show precisely how emerging problems can be addressed. However, achievements in science provide a wealth of information, which can and should be harnessed, regardless of where and by whom such information was generated. By contrast, the current scale of incidents is quite different, compared with the past. Consequently, there is a need to creatively abandon traditional approaches and importantly, analyse incidents in a strategic context, frequently within an international dimension.

Conclusions:

1) It is possible to utilise elements of organisation and management theory during crisis management situations.
2) There is no universal solution, which can be applied to all incidents, which adversely impact on society and the environment.
3) During crisis management situations much will depend on the creativity of commanders and people participating in rescue operations.

Keywords: management, crisis management, conditions, process, people

Type of article: review article

АННОТАЦИЯ

Цель: Продемонстрировать важность и значение управления во время возникновения неблагоприятных событий для людей и (или) окружающей среды.

Введение: Антикризисное управление осуществляется в очень сложных условиях. Оно зависит от ряда факторов, которые влияют на применяемые действия и их эффективность разным образом. Практика показывает, что многое зависит от вида процедуры воздействия на людей, особенно на спасателей. Не менее важен способ использования имеющегося оборудования и других вещей. В антикризисном управлении можно использовать достижения теории организации и управления. Такова цель этой статьи. Нельзя, однако, забывать о том, что спасательные работы проводятся государственными органами, чаще всего иерархической структуры, такими как, например, Государственная Пожарная Служба Польши. Этот факт в какой-то степени ограничивает возможности использования „гражданских" решений, но их не исключает. Многое будет зависеть от условий данной ситуации и размера потенциальной угрозы для людей и среды. Хотя бы, поэтому очень важно быстро распознать событие, чтобы соответственным и эффективным образом распределять и использовать доступные силы и средства. Немалое влияние на процесс антикризисного управления имеет тот факт, что в сравнении с прошлыми годами, в настоящее время прогресс цивилизации проводит к тому, что всё чаще появляются новые факторы и изменяется уровень их важности. Такой вывод сделан после проведения анализов возможных негативных для окружающей нас среды событий. Изменениям подвергаются также взаимные зависимости между отдельными факторами. В такой ситуации очень сложно точно описать, как решать появляющиеся проблемы. Можно и нужно использовать достижения науки независимо от того кем и где были разработаны решения. Нужно уметь творчески отклоняться от того, что раньше принесло успехи. Сегодня масштабы событий весьма отличаются. Неотъемлемым является стратегический анализ явлений неоднократно на международном уровне.

Выводы:

1) Во время антикризисного управления можно использовать знания в области теории организации и управления.
2) Нет и не будет универсального решения для применения во время негативных для людей и (или) среды явлений.
3) В процессе антикризисного управления многое будет зависеть от креативности людей, руководящих спасательной работой и участвующих в ней.

Ключевые слова: управление, антикризисное управление, обусловленность, процесс, люди

Вид статьи: обзорная статья

1. Wstęp

Tytuł artykułu budzi określone skojarzenia. Mogą one wynikać z kilku powodów. Zdaniem autora najistotniejszy dotyczy tego, że w obu członach tytułu występuje ten sam wyraz. To on stał się głównym powodem do analizy rozumienia (pojmowania) tego samego, ale w odniesieniu do różnych kwestii – bardzo ogólnych i odnoszących się do konkretnego zdarzenia, jakim jest zarządzanie kryzysowe. Ponadto w jednym i drugim przypadku mamy do czynienia z tym co obydwa zarządzania łączy. Elementem tym jest fakt, że wyróżniamy cztery fazy i tyle samo etapów, jeśli chodzi o zarządzanie kryzysowe. W teorii zarządzania wyróżniamy cztery funkcje, którymi są: planowanie, organizowanie, motywowanie (lub przewodzenie) i kontrolowanie. Z kolei proces zarządzania kryzysowego dzielimy na cztery fazy: zapobiegania, przygotowania, reagowania i odbudowy. Przy czym trzeba zaznaczyć, że wyżej wymienione fazy wyrażają się zapobieganiem możliwym sytuacjom kryzysowym i przygotowaniem do nich, reagowaniem (rozwiązywaniem) w wypadku ich wystąpienia oraz odbudową jako powrotem do stanu normalnego funkcjonowania. Sytuacje te powodują utratę kontroli nad wydarzeniami z nimi związanymi i możliwość zaistnienia jakościowej zmiany systemowej, a to wymaga podjęcia zdecydowanych, wszechstronnych kroków zaradczych [1]. Bez ryzyka popełnienia błędu można więc stwierdzić, że na potrzeby teorii zarządzania kryzysowego, kryzysem będziemy nazywali kulminacyjną fazę eskalacji zagrożenia, często całkowitą utratę kontroli nad zaistniałą sytuacją, w której następuje przełom (punkt zwrotny) jakiegoś procesu, w wyniku którego dany podmiot może ulec likwidacji, destrukcji lub zostać pozbawiony szans powrotu do normalności, a nawet rozwoju [2]. Zatem kryzys to załamanie dotychczasowego stanu rzeczy czy też porządku wewnętrznego skutkujący trudnymi do jednoznacznego określenia konsekwencjami.

Po tych wyjaśnieniach terminologicznych, czy też formalnych, można zastanowić się nad kwestią dotyczącą podmiotu zarządzania. Z uwagi na charakter czasopisma autor nie odniesie się do kwestii zarządzania „normalnego", czy też jak niektórzy określają „cywilnego" szeroko

opisanego w szeregu różnego rodzaju pozycji zwartych, a skupi uwagę na specyfice zarządzania kryzysowego. Refleksje będą dotyczyły ludzi (personelu), ponieważ zdaniem autora słuszna jest teza, że ludzie to najistotniejszy kapitał każdej organizacji [3], [4]. W całej rozciągłości odnosi się to do organizacji (instytucji) publicznych, które podczas zaistnienia sytuacji kryzysowej są w tak zwanej pierwszej linii.

2. Analiza sytuacji kryzysowej

Druga dekada XXI wieku jest różnie oceniana. Niebagatelny wpływ na optykę postrzegania wielu zjawisk ma stabilizacja sytuacji w Europie Środkowej. Jednakże współcześnie, w dobie znacznego wzrostu bezpieczeństwa międzynarodowego, poszczególne państwa i regiony stają przed nowymi wyzwaniami, których nie można jednoznacznie zdefiniować. Pojawia się szereg zagrożeń, których skutki trudno sobie wyobrazić. Zagrożenia te wynikają z różnych sytuacji, jakie mogą zaistnieć w skali mikro i makro. Mogą one mieć różny charakter i zasięg. Implikować to będzie skalą zaangażowanych sił i środków. Zawsze jednak do likwidacji skutków zdarzeń kryzysowych zaangażowani zostaną ludzie, którym przyjdzie działać w warunkach ekstremalnych. Wiele zależało będzie przede wszystkim od postawy ratowników. Istotny wpływ na skalę możliwych zniszczeń, zasięg i stopień oddziaływania na społeczeństwa mieć będą postawy i zachowania poszczególnych osób, jak i społeczności lokalnych [5].

Możliwość zaistnienia zdarzeń kryzysowych, niekiedy noszących znamiona katastrofy, oraz skutki tych niekorzystnych zdarzeń dla społeczeństwa i środowiska implikują potrzebę perfekcyjnego wykorzystania wszystkiego co znajduje się w gestii władz samorządowych, aby zminimalizować konsekwencje ewentualnych wypadków niebezpiecznych. Bardzo istotne będzie właściwe kierowanie ludźmi, którzy będą zaangażowani w likwidację skutków takich zdarzeń, nad wyraz niekorzystnych dla społeczności lokalnych. Dużą rolę odegra profesjonalizm osób dowodzących akcją, którzy obok tradycyjnego zarządzania jednostką samorządową lub administracyjną, będą musieli kierować akcją likwidacji skutków sytuacji kryzysowych. To od ludzi, ich postaw, zaangażowania, odporności zależy m.in. umiejętność wykorzystania posiadanych sił i środków. Istotną rolę odgrywać będą instytucje publiczne, które posiadają profesjonalnie przygotowany personel i dysponują specjalistycznym sprzętem. Duże znaczenie będą miały obieg informacji oraz czas.

Warunki funkcjonowania wszelkich organizacji na początku drugiej dekady XXI wieku są nader złożone. To co obserwujemy jest rezultatem przeobrażeń, które dotyczą wszystkich sfer życia publicznego i są pochodną szeregu zdarzeń. Od najdawniejszych czasów działalność kulturalna, gospodarcza, mniej lub bardziej swobodnie, przekraczała granice polityczne, kulturalne, czy też etniczne. Powstawały sieci powiązań i interesów ekonomicznych, tworzyły się i upadały regionalne, a nawet niemal światowe ośrodki dominacji i (lub) handlu określonymi grupami towarów. Współcześnie organizacje poprzez uczestnictwo w procesie globalizacji tworzą gospodarkę światową, która umożliwia swobodny przepływ dóbr, usług, czy też czynników wytwórczych. Jednoczesny rozwój technologii powoduje lepsze i dokładniejsze poznanie świata, dostarczając coraz więcej informacji o nim, przez co wydaje się on coraz mniejszy. Świat staje się wspólnym rynkiem, na którym ludzie bez względu na to gdzie mieszkają, pragną życia w warunkach spokoju i poczucia bezpieczeństwa wewnętrznego. Jednakże ten stan staje się coraz bardziej zagrożony, co zmusza społeczeństwo do dynamizowania działań ukierunkowanych na doskonalenie systemu zarządzania kryzysowego.

W tej chwili, w dobie gospodarki rynkowej, globalne przedsiębiorstwa muszą pominąć różnice między krajami oraz kulturami i zamiast tego skoncentrować się na zaspokojeniu uniwersalnych potrzeb konsumentów, spośród których ukierunkowane na bezpieczeństwo nabierają znaczenia pierwszoplanowego. Jednocześnie poszczególne organizacje publiczne – chociażby z uwagi na charakter działalności, który prowadzą, zasięg i skalę działania, różne cele, zadania, kłopoty, trudności itp. – stają się coraz bardziej specjalistyczne. Niemniej jednak w coraz większym stopniu sygnalizują, że są elementem systemu regionalnego (lokalnego) i narodowego. Akcentują swój prospołeczny charakter, zgodnie z którym człowiek i jego bezpieczeństwo zajmują miejsce centralne. Przy czym, co godne jest podkreślenia, coraz większą uwagę przywiązuje się do kwestii związanych z etyką w prowadzonej działalności. W ślad za tym poczynania prospołeczne i proekologiczne absorbują przedsiębiorców w dość istotny sposób.

3. Nowe okoliczności

Przeobrażający się świat niesie za sobą nowe wymagania. Rodzą się coraz większe oczekiwania w stosunku do dyscyplin naukowych, jakimi są nauki o bezpieczeństwie i nauki o obronności [6]. Wielość ujęć oraz ciągła ewolucja poglądów na temat bezpieczeństwa narodowego powoduje, że kwestie te nie zawsze są należycie interpretowane. Wśród szerokich kręgów społeczeństwa dominują najczęściej tzw. potoczne teorie bezpieczeństwa. Istotną zaś cechą wiedzy potocznej są złudzenia, czyli różnego rodzaju błędy i deformacje poznawcze, na ogół nieuświadamiane i dlatego tak trudne do zakwestionowania. Pozwalają one człowiekowi, co prawda, na zachowanie pewności i orientacji w świecie, wynikających ze złudnego zrozumienia przez niego otaczającej rzeczywistości, lecz oddalają go od poznawania prawdy. Z tego faktu wynika, iż potocznej wiedzy o bezpieczeństwie nie należy lekceważyć. Trzeba ją ujawniać i rzetelnie precyzować w aspekcie teoretycznym. Mówiąc językiem postmodernistów, należy zainicjować proces rekonstrukcji i dekonstrukcji wcześniej wymienionych dyscyplin naukowych. Wyzwania, przed jakimi stanęła ludzkość, wymuszają bowiem konieczność działania na wielu płaszczyznach, według określonej uznanej teorii. Zarówno uczeni, jak i politycy zajmujący się problematyką bezpieczeństwa są zgodni, że zakres pojęciowy permanentnie rozszerza się wskutek rozwoju cywilizacyjnego o nieznane dotychczas wyzwania i zagrożenia oraz nowe środki i sposoby ich eliminowania. Nie można pomijać implikacji wynikających z faktu, że współczesna treść pojęcia bezpieczeństwa państwa obejmuje zarówno kwestie

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.2

polityczne i militarne, jak i aspekty gospodarcze, ekologiczne, społeczne i etniczne[7].

Diagnozując otaczającą nas rzeczywistość, mamy podstawy stwierdzić, że obok zjawisk korzystnych dla ludzkości pojawiają się zagrożenia, o których niejednokrotnie myślano, że przeszły już do historii. Koresponduje to z tym, że dla większości państw, uczestników życia międzynarodowego, troska o zapewnienie własnego bezpieczeństwa jest potrzebą o charakterze egzystencjalnym. Bez jej zaspokojenia nie jest możliwe realizowanie wszystkich innych celów i aspiracji zarówno państw, narodów, sojuszy, jak i społeczeństw [8].

Procesy umiędzynarodawiania coraz wyraźniej dotykają także sfery społecznej i samego człowieka, kreując nową jakość życia. Zmieniają jego zachowania, postawy i systemy wartości. Człowiek poddawany jest działaniu takich procesów jak: przenikanie kultur, wzrost wzajemnych powiązań, naśladownictwo itp. [9]. Ich skutkiem jest osłabienie tożsamości narodowej i kulturowej, homogenizacja postaw, zwyczajów i tradycji, co prowadzić może do uniwersalizacji społecznych norm i wartości, do ukształtowania obywatela świata, oderwanego od korzeni narodowych i terytorium. We współczesnym świecie dostrzec należy także inną tendencję — działanie swoistej siły odśrodkowej, będącej próbą obrony i ochrony narodowych wartości. Może właśnie ta siła sprawi, że koncepcja uniwersalnego człowieka nie jest jedyną możliwą wizją dla przyszłych pokoleń. Wiele osób wyraża przekonanie, że niezależnie od dokonanych przeobrażeń człowiek nadal pozostanie sobą, będzie mieć swój niepowtarzalny system wartości, swoją ocenę zjawisk i poczucie przynależności do społeczności, niekiedy indywidualną ocenę szeregu zjawisk społecznych, co być może wypacza pewne kwestie z obszaru bezpieczeństwa wewnętrznego.

Podobnie jest w odniesieniu do instytucji publicznych predysponowanych do udziału (realizacji zadań) w sytuacjach kryzysowych. Personel tych organizacji musi posiadać szczególne predyspozycje, a kwestie ludzkie postrzegać jako bardzo istotne – wprost pierwszoplanowe. Fakt ten przemawia za tym, że dobór, zwłaszcza ratowników, musi być bardzo staranny. Inaczej być nie może. Każdy człowiek w zdarzeniach (sytuacjach) kryzysowych niesie pomoc drugiej osobie i środowisku w którym żyjemy. Niejednokrotnie czyni to z narażeniem zdrowia lub życia.

Przybliżone powyżej kwestie mogą być podstawą do sformułowania szeregu wniosków. Część wspomnianych refleksji odnosi się do warunków w jakich działają współczesne organizacje publiczne, np. Państwowa Straż Pożarna, Policja. Najogólniej rzecz ujmując, nie są one zbyt łaskawe. Wobec personelu, przełożonych, czy też kadry zarządzającej, poprzeczka wymagań i oczekiwań, ukierunkowana przede wszystkim na dużą efektywność działania, jest podniesiona dość wysoko. Zapewne w przyszłości sytuacja ulegnie zmianie w kierunku jeszcze większej profesjonalizacji, na co niewątpliwy wpływ będą miały zmienność warunków i dynamika zachodzących przeobrażeń, a także wzrastająca możliwość zaistnienia zdarzeń niekorzystnych. Zdarzały się one w przeszłości i zapewne będą występowały, pomimo coraz doskonalszych rozwiązań monitorowania i zapobiegania różnego rodzaju zagrożeniom, które w wielu przypadkach trudno jednoznacznie zdefiniować.

Dziś zmienność warunków życia ludzi, funkcjonowania wszelkich firm i instytucji jest czymś naturalnym. Zbiór uwarunkowań występujących zarówno w przypadku konkretnego podmiotu, jak i jego otoczenia jest stosunkowo prosty do zdefiniowania. Całkiem inaczej przedstawia się sprawa, jeśli chodzi o określenie wzajemnych powiązań poszczególnych czynników i ich wpływu na konkretne zjawiska występujące w otaczającej nas rzeczywistości. Teoretycy, przy wsparciu praktyków, niejednokrotnie podejmują próby uporządkowania tych czynników, określenia który z nich, w jaki sposób i z jaką mocą oddziałuje na społeczeństwo i środowisko. W wielu wypadkach próby te kończą się sukcesem, zwłaszcza wtedy, gdy mamy do czynienia z konkretnym podmiotem (zbiorem), funkcjonującym w dającej się zdefiniować rzeczywistości. Jednak w sytuacji próby uogólnienia sprawa przedstawia się całkiem inaczej. Na taki stan rzeczy składa się wiele czynników. Niebagatelny wpływ na to ma fakt, że w porównaniu z minionymi laty, obecnie postęp cywilizacyjny powoduje, że coraz szybciej powstają (pojawiają się) nowe czynniki, zmienia się zakres ich znaczenia. Zmianie ulegają również wzajemne zależności między poszczególnymi czynnikami [10]. W takiej sytuacji nader trudne staje się precyzyjne przedstawienie warunków funkcjonowania współczesnych organizacji publicznych, o czym wspomina się w szeregu opracowaniach [11]. Pocieszające jest to, że ten stan coraz częściej zaczyna przybierać charakter zjawisk uporządkowanych. To z kolei stwarza warunki do powstawania korzystnych procesów, jak chociażby związanych ze zwiększaniem możliwości rozpoznawania i neutralizowania niekorzystnych zjawisk, które w ocenie społecznej mogą podwyższać poziom bezpieczeństwa wewnętrznego.

Dodającym otuchy jest fakt, że coraz większe grono osób widzi, że wraz z dynamiką zmian, przyjmowane rozwiązania, sposób realizacji zadań stosunkowo szybko się dezaktualizują. Stosownie więc do przeobrażeń dokonywane są modyfikacje rozwiązań, które gwarantowały wysoki poziom satysfakcji w minionych latach. Przy czym zmiany te stały się coraz bardziej nowatorskie, kosztowne, szybkie i trudne do przewidzenia. Nie pozostaje to bez wpływu na kierowanie (zarządzanie czy dowodzenie) w sytuacjach (zdarzeniach) kryzysowych, które staje się coraz trudniejszą sztuką, a na poprawność dokonywanych rozstrzygnięć wpływa wiele czynników. Podejmowane decyzje, odnoszące się do przyszłości, obarczone są odczuciem dużej niepewności. Przewidywanie i planowanie (prognozowanie) staje się bardziej złożone, zawiera coraz więcej znaków zapytania. Coraz częściej zachodzi konieczność kompleksowego analizowania otoczenia i uregulowań międzynarodowych, zwłaszcza unijnych, i dostrzegania większej niepewności co do tendencji rozwojowych analizowanych zjawisk. Zbieżne jest to z tezą, że złożoność i niepewność otoczenia wzrastają w miarę umiędzynarodowienia różnorodnych stosunków między poszczególnymi regionami, narodami, organizacjami (stowarzyszeniami), a nawet społecznościami lokalnymi.

4. Implikacje uwarunkowań na proces zarządzania kryzysowego

Zakreślone warunki akcentują potrzebę myślenia strategicznego [12]. Ono odgrywa pierwszoplanową rolę i stanowi istotne antidotum na złożoność współczesności. Strategiczne podejście do wielu zjawisk to szczególnego rodzaju paradygmat działania osób na stanowiskach kierowniczych (dowódczych). Takie pojmowanie spraw jest nieodzowne chociażby dlatego, że każde działanie, zwłaszcza nierutynowe, o złożonej strukturze wymaga namysłu i refleksji, zidentyfikowania i przeanalizowania (rozważenia) możliwych skutków, naturalnie według wiedzy i intuicji osoby, która je podejmuje. Wymaga ono więc myślenia, czyli dążenia do poznania, rozumienia i wnioskowania, skupienia uwagi na tym, co wymaga rozwiązania problemu i zastanowienia się, co zrobić i jak to uczynić oraz jakie będą tego skutki. W całej rozciągłości odnosi się to również do sytuacji kryzysowych.

Wnikliwa analiza szeregu dokumentów oraz zapisów w publikacjach zwartych pozwala wysnuć wniosek, że proces zarządzania kryzysowego można różnie definiować. W ślad za tym wymienia się szereg elementów tych zdarzeń, które nie są zdarzeniami korzystnymi dla pojedynczych osób, społeczności i szeroko rozumianej infrastruktury, a nawet pewnych elementów związanych z funkcjonowaniem jednostek samorządu terytorialnego. Na użytek niniejszego artykułu i po dokonaniu znaczącego uogólnienia postawiono tezę, że w sytuacjach kryzysowych zawsze uczestniczą ludzie. Ich rola może być i jest zróżnicowana. Mogą to być ratownicy, jak i osoby, które są w potrzebie w wyniku zaistnienia zdarzeń dla nich niekorzystnych. Innymi słowy ludzie mogą znajdować się po przeciwległych stronach, ale nie można ich postrzegać jako osób prezentujących odmienne stanowiska w kwestii bezpieczeństwa.

Teraźniejsze lata dowodzą, że prawdopodobieństwo wystąpienia sytuacji kryzysowej jest stosunkowo duże. Takie postrzeganie rzeczywistości to przede wszystkim wynik oceny przeobrażeń jakie się dokonują wokół nas, o czym zasygnalizowano na wstępie. Wszystko się zmienia, a skala i tempo przeobrażeń jest coraz intensywniejsze i przybiera większe rozmiary. Do rozwiązywania wszelkich problemów, podejmowania decyzji, nieodzowna jest informacja. Jest jej dużo, co wcale nie sprzyja rzetelnej ocenie analizowanych zjawisk. Nadmiar informacji sprawia, że jej selekcja staje się przedsięwzięciem złożonym i wymagającym czasu. Obecnie przysłowiowe oddzielenie ziarna od plew absorbuje w stopniu dość istotnym. A przecież bez wiarygodnej informacji trudno jest planować i podejmować racjonalne działania z udziałem ludzi w rolach atutowych.

Informacja pośrednio lub bezpośrednio związana jest z czasem. On też ma swoje wymagania. W kontekście potencjalnych zagrożeń i ewentualnych ich skutków akcentuje szybkość działania. Współcześnie analiza uwarunkowań zaistnienia sytuacji kryzysowej rozumianej jako zespół okoliczności zewnętrznych i wewnętrznych, wpływających na dany układ w taki sposób, iż zaczynają się i trwają w nim zmiany, odbywa się w uwarunkowaniach dynamicznych. Nietrafna diagnoza czy też opóźnienie może skutkować następstwami trudnymi do jednoznacznego zdefiniowania, a ich rezultatem tych zmian może być jakościowo nowy układ lub nowa struktura i funkcja w układzie istniejącym.

W wielu przypadkach postęp cywilizacyjny z wszelkimi jego implikacjami nie jest łaskawy dla ludzi i środowiska. Aby się o tym przekonać, nie potrzeba zbytniego wysiłku. Codziennie słyszymy o wydarzeniach, które nie chcielibyśmy, aby dotyczyły nas czy też bliższego i (lub) dalszego otoczenia naszego miejsca pracy, czy przebywania. Katastrofy naturalne czy awarie techniczne już dawno przestały być zdarzeniami sporadycznymi. Współcześnie sytuacje kryzysowe występują dość często i mogą spowodować zagrożenia:

- zwyczajne w następstwie niekontrolowanej, codziennej działalności społeczno-gospodarczej,
- nadzwyczajne w wyniku awarii, katastrofy i klęski żywiołowej.

Wymienione zagrożenia nie są korzystne dla ludzi i środowiska. Przy rozpatrywaniu różnorodnych kwestii dotyczących potencjalnych niebezpieczeństw zasadne jest podkreślić jeszcze jeden aspekt rozpatrywanej problematyki. Przy istnieniu tak licznych powiązań między różnymi elementami życia gospodarczego i społecznego zagrożenia można postrzegać w skali makro i mikro. Niejednokrotnie mogą to być tzw. bomby z opóźnionym zapłonem o czym nie wiemy. To raz jeszcze akcentuje fakt, że prawdopodobieństwo zaistnienia sytuacji (zdarzeń) kryzysowych jest stosunkowo duże. Fakt ten implikuje potrzebę podejmowania stosownych działań.

Niestałość otoczenia wraz z ewentualnymi skutkami zaistnienia zagrożeń zwyczajnych czy nadzwyczajnych wprost zmusza do nieustannej konfrontacji teraźniejszości z przyszłością. Trzeba monitorować, analizować, dokonywać uogólnień i formułować wnioski jako swego rodzaju sugestie działań na zaistnienie zdarzeń niekorzystnych dla społeczeństwa i (lub) środowiska. Przy czym te szczególnego rodzaju wyzwania należy traktować jako bardzo istotne bo zawsze, bezpośrednio lub pośrednio, dotyczą pojedynczych osób, jak i zbiorowości.

Okoliczności zdarzeń kryzysowych rzutują na wiele kwestii. W kontekście poruszanych zagadnień wyraźnie akcentują oczekiwania wobec ratowników. Przede wszystkim należy pamiętać o tym, że w każdej organizacji, a organizacji publicznej w szczególności, personel należy traktować podmiotowo. Ludzie muszą mieć świadomość swej roli, własnego udziału w procesie zarządzania kryzysowego. Chcą mieć zadowolenie z tego co robią. W całej rozciągłości odnosi się to do ratowników, dla których satysfakcja z realizacji zadań, często nawet z narażeniem własnego życia czy zdrowia, ma znaczenie istotne. W tym jednak przypadku owe uczucie przyjemności nie musi mieć wymiaru formalnego. Dla ratowników największą radością i zarazem satysfakcją jest pomyślne wykonanie zadania bez uszczerbku dla innych i środowiska.

Ponadto na uwadze trzeba mieć jeszcze jedną kwestię. Likwidacja skutków czy konsekwencji wspomnianych zagrożeń to przede wszystkim domena specjalistycznych organizacji publicznych. Z życia wynika, że niejednokrotnie uczestniczą w tym osoby postronne nie zawsze posiadające

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.2

odpowiednie kwalifikacje. To zaś czasami sprawia, że ze spontanicznych ratowników stają się osobami potrzebującymi pomocy. Fakt ten akcentuje potrzebę edukacji społecznej.

Należy podkreślić, że ewentualnych zdarzeń (sytuacji) kryzysowych może być dużo. Różnić się mogą między sobą skalą, zasięgiem i czasem trwania zagrożenia dla ludzi (społeczeństwa) czy środowiska. Analiza wydarzeń, które miały miejsce w ostatnich latach pozwala wysnuć wniosek, że jakiekolwiek próby sprowadzenia zdarzeń kryzysowych do wspólnego mianownika z góry są skazane na niepowodzenie. Pomiędzy poszczególnymi sytuacjami występują dość istotne różnice we wszystkich czterech etapach zarządzania kryzysowego. Odmienna jest procedura postępowania (działalność) organów administracji publicznej będąca elementem kierowania bezpieczeństwem narodowym, która w tego rodzaju zdarzeniach polega na zapobieganiu sytuacjom kryzysowym, przygotowaniu do przejmowania nad nimi kontroli w drodze zaplanowanych działań, reagowaniu w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowych, usuwaniu ich skutków oraz odtwarzaniu zasobów i infrastruktury krytycznej.

Każda sytuacja kryzysowa jest niepowtarzalna. Fakt ten w przełożeniu na język działania praktycznego oznacza, że do wszelkich zdarzeń trzeba podchodzić indywidualnie, a podczas zarządzania kryzysowego należy być elastycznym. Taka teza nie wyklucza analizowania tego co miało miejsce. Trzeba to czynić, ale z pewną dozą ostrożności. Raz sprawdzonych procedur czy rozwiązań nie można bezkrytycznie kopiować lub przenosić w inne miejsce. Należy pamiętać o tym, że w każdej sytuacji mamy do czynienia z innymi ludźmi, zarówno ratownikami, jak i osobami oczekującymi pomocy lub wsparcia ze strony organów administracji publicznych.

Z teorii organizacji i zarządzania jasno wynika, że podstawą każdego racjonalnego działania jest posiadany przez podejmującego zmagania pogląd, wyobrażenie lub koncepcja oraz pomysł; zamiar i chęć czy też obowiązek zrobienia czegoś, co powinien i co może zrobić (co wynika z jego roli, powinności i uprawnień). Myślenie powinno być naturalnie kreatywne, twórcze, pozytywne, tzn. że podejmujący działania powinien mieć wiarę we własne możliwości działania i wiedzę oraz chęć rozwiązywania problemu, który tego wymaga i powinien też mieć zdolność patrzenia na problem z różnych punktów widzenia. Powinien wszystko gruntownie przemyśleć (naturalnie, jeśli czas na to pozwala), ustalić fakty i je przeanalizować oraz logicznie połączyć ze sobą, stworzyć sobie pewną koncepcję, rozważyć różne możliwości i znaleźć jakiś zadawalający go wariant rozwiązania, które stanowiłoby inspirację do sformułowania strategii [13]. Innej alternatywy nie ma. Wiele problemów w organizacjach publicznych wymaga myślenia do przodu, myślenia perspektywicznego, strategicznego, dostrzegania i wykorzystania nowych możliwości, działania z wyobraźnią i elastycznością. Taka filozofia (i strategia zarazem) jest nieodzowna zwłaszcza w sytuacjach złożonych, gdzie zdrowie i życie ludzkie jest w niebezpieczeństwie. Dla wszystkich osób realizujących konkretne zadania w sytuacji (zdarzeniu) kryzysowym powinno to być zrozumiałe. Taka optyka postrzegania zjawisk wynika z faktu, że w centrum każdego rozumowania są zawsze ludzie, że efektywność działania musi też respektować szacunek dla wartości ludzkich, a więc traktowanie ich nie w sposób instrumentalny, jako narzędzie do realizacji celów lecz poważne partnerskie traktowanie, uznanie ich interesów za pełnoprawne, a ich pragnień za żywotne.

Instytucje publiczne, predysponowane do aktywnego udziału w różnego rodzaju zdarzeniach losowych, funkcjonują w ściśle określonym środowisku i niezależnie od swej wielkości, terytorialnego rozmieszczenia, specyfiki działania, spełniają określoną rolę w systemie zarządzania kryzysowego. Jest tam personel, który nie tylko uczestniczy w osiąganiu nakreślonych celów i (lub) w spełnianiu określonej funkcji. Dla zatrudnionych istotne jest także to, że dzięki swej aktywności zawodowej może rozwijać się i podejmować nowe wyzwania. Ich realizacja pozostaje w ścisłym związku z kulturą i zachowaniami organizacyjnymi. Koresponduje to z nowymi wyzwaniami jakie niesie z sobą coraz bardziej burzliwa współczesność. Dla firm i instytucji oznacza to, że trzeba być zdolnym do modyfikacji swego postępowania i racjonalnej reakcji na zmienność otoczenia.

Każda społeczność jest zróżnicowana. W odniesieniu do ratowników, niezależnie jak ich będziemy określać, nie można zapominać o zróżnicowaniu poszczególnych zespołów. Nie wynika ono jedynie z faktu, że są predysponowani do realizacji innych zadań i dysponują wysoko specjalistycznym sprzętem. Poszczególni przedstawiciele instytucji publicznych różnią się między sobą nie tylko pod względem cech osobowych. Spośród mnogości występujących odmienności za zasadne jest wspomnieć jeszcze o tym, że mają różną wiedzę, umiejętności, stosunek do pracy (służby). Ponadto nie wszyscy kierowali się tymi samymi przesłankami, podejmując pracę zawodową w instytucjach publicznych, których głównym przesłaniem jest nieść pomoc innym i przeciwdziałać zjawiskom niekorzystnym dla ludzi i środowiska.

5. Podsumowanie

Przybliżenie tych kwestii autor uznał za stosowne, bowiem kierujący (dowodzący) musi znać swoich podwładnych i wiedzieć jakie są ich predyspozycje i możliwości; jak najprawdopodobniej zachowają się w sytuacji zagrożenia swego zdrowia i życia. Znajomość tych ocen nieodzowna jest nie tylko przy doborze ludzi (ratowników) do zespołów. To także istotna informacja, głównie pod kątem kogo i jak szkolić, jakie i w jaki sposób podnosić (doskonalić) kompetencje całych grup, jak i pojedynczych osób. Nie mniej istotne jest, aby wysokiej klasy specjalistów utrzymać w danej instytucji publicznej. A jak wiadomo nie zawsze jest to możliwe z uwagi na rosnące zapotrzebowanie na pracowników – specjalistów.

„Znaczne grono teoretyków, a przede wszystkim praktyków przypomina, że organizacje publiczne są zbiorem elementów, dzięki którym grupy ludzi utrzymują stosunki w procesie świadomego i systematycznego ustalania i wykonywania wzajemnie akceptowanych celów" [12]. Akcentują, że aby cele te były możliwe do osiągnięcia, nieodzowne jest,

aby wszyscy członkowie organizacji byli elastyczni i dostrzegali ciągłą potrzebę doskonalenia swych kompetencji, byli kreatywni i cechowali się duchową pomysłowością [14]. To także szczególny wymóg wynikający z konieczności ciągłego dostosowywania się do przemian w otoczeniu i dostrzegania zmian wśród personelu. Nieodzowne jest podejmowanie działań zmierzających nie tylko do wykształcenia kompetentnego personelu, ale także do tego, aby czuli oni satysfakcję z tego co robią i gdzie to czynią oraz identyfikowali się z firmą (instytucją). W ślad za tym przełożeni muszą nie tylko reagować na zakłócenia w środowisku funkcjonowania, ale muszą także ponosić odpowiedzialność za podejmowane działania – muszą zdawać sobie sprawę z różnorodnych skutków dokonywanych rozstrzygnięć. Kadra kierownicza (dowódcza) musi podejmować szereg decyzji, działając w złożoności różnorodnych problemów i z poszanowaniem różnorodności. Istotne jest przy tym, aby to wszystko odbywało się na wysokim poziomie kultury poszczególnych osób, jak i kultury całej organizacji publicznej. Obecnie inaczej być nie może. Wysoki poziom kultury wraz z etyką musi być trwałym elementem każdej organizacji uczestniczącej w zarządzaniu kryzysowym, ponieważ tylko zróżnicowany zestaw wartości, norm zachowań będzie wpływał na postawy i zachowania personelu, a przez to na efektywność konkretnej organizacji publicznej. Z drugiej zaś strony, jej kultura wpływa korzystnie na relację z środowiskiem, przez co tworzy się korzystny obraz danej instytucji publicznej i jej postrzeganie przez interesariuszy i społeczeństwo, co ma szczególny wymiar w odniesieniu do społeczności lokalnych.

Niemałe oczekiwania pod adresem personelu instytucji angażowanych do realizacji zadań w różnych fazach zarządzania kryzysowego nie jest przypadkowe. Przecież to od ludzi, ich postaw, zaangażowania, odporności zależy nie tylko umiejętność wykorzystania posiadanych sił i środków. Oprócz tego osoby uczestniczące w likwidacji skutków zaistniałych sytuacji kryzysowych są podatni na stres, podlegają tym samym zjawiskom jak każdy inny człowiek w sytuacji zagrożenia życia. Ponadto ratownicy działają na własnym terenie i niejednokrotnie niosą pomoc ludziom, wśród których mogą być również najbliżsi. Wtedy też mogą się pojawić wątpliwości, a w konsekwencji zmieniona gradacja zadań.

Trzeba pamiętać także o tym, że nie istnieje jeden, uniwersalny styl zarządzania (dowodzenia) sprawdzający się we wszystkich instytucjach publicznych i podczas każdej sytuacji kryzysowej. Aby odnosić sukcesy, trzeba umieć funkcjonować w wielokulturowych i zróżnicowanych środowiskach. Tylko bowiem połączenie różnych pierwiastków kulturowych i osobowościowych pozytywnie wpłynie na uzyskanie efektu synergii. Niebagatelne znaczenie ma kreatywność oraz zdolności dyplomatyczne i umiejętność prowadzenia negocjacji, a także umiejętność działania w sygnalizowanej różnorodności. Posiadany przez przełożonych kapitał intelektualny będzie istotną przesłanką do dużej efektywności działań w różnych miejscach i sytuacjach oraz profilach działalności organizacji. Zadania będą realizowane na wysokim poziomie i z korzyścią dla nas wszystkich.

Potrzeba ustawicznego dostosowywania się personelu i organizacji publicznych do zmieniającego się otoczenia, czasami wręcz rewolucyjnego, nie jest zjawiskiem korzystnym dla trwałości przyjmowanych rozwiązań. Warunki sprawiają, że zmieniają się dotychczasowe zasady gry. Zmieniający się świat tworzy zapotrzebowanie na nowe instytucje, na zmianę wymiaru i zakresu działania tych istniejących, którym przychodzi funkcjonować w warunkach coraz mocniejszej współpracy między sobą oraz z nowymi partnerami. Wygenerowane zaś pomysły dość szybko stają się kategorią historyczną.

W konkluzji rozważań można sformułować postulat pod adresem osób i instytucji naukowo-badawczych i ośrodków akademickich. W wyniku wszechstronnych i kompleksowych badań powinna być stworzona teoria umożliwiająca pełne wykorzystanie potencjalnych możliwości, zarówno ludzi, jak i pozostałych zasobów będących w gestii osoby (osób) kierującej przebiegiem akcji, niosącej w pierwszej kolejności pomoc poszkodowanym i ograniczającej skalę wtórnych strat i zniszczeń, a w następnej kolejności usuwającej skutki zaistniałej sytuacji kryzysowej. Teoria ta w istotny sposób wpływać będzie na sposób, zakres i intensywność działań, stworzy także możliwość alternatywnego działania, które dzięki użyciu posiadanych zasobów w istotny sposób wpłynie na efektywność podejmowanych akcji, a skala niekorzystnych konsekwencji dla ludzi i środowiska zostanie ograniczona.

Literatura

[1] Kitler W., *System zarządzania kryzysowego w dziedzinie bezpieczeństwa narodowego RP*, [w:] *Bezpieczeństwo narodowe i zarządzanie kryzysowe w Polsce w XXI wieku – wyzwania i dylematy*, T. Jemioło, K. Rajchel (red.), Warszawa 2008, s. 393.

[2] Sobolewski G., *Zagrożenia kryzysowe*, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2011, s. 15.

[3] Ścibiorek Z., *Ludzie – cenny kapitał organizacji*, wyd. Adam Marszałek, Toruń 2004.

[4] Ścibiorek Z., *Oddziaływanie na personel służb mundurowych*, PTM, Warszawa 2014.

[5] Urban A., *Bezpieczeństwo społeczności lokalnych*, Warszawa 2009.

[6] Kuc R.B., Ścibiorek Z., *Podstawy metodologiczne nauk o bezpieczeństwie*, Wydawnictwo Menedżerskie PTM, Warszawa 2013, s. 6.

[7] Pokruszyński W., *Teoretyczne aspekty bezpieczeństwa*, Wyższa Szkoła Gospodarki im. Alcide De Gasperi w Józefowie, Józefów 2010.

[8] *Determinanty bezp. międzynarodowego (polityczne, ekonomiczne i gospodarcze, cywilizacyjne, militarne)*, [dok. elektr.], http://cojawiem.pl/pl/articles/ 14693-determinanty-bezp-miedzynarodowego-polityczne-ekonomiczne-i-gospodarcze-cywilizacyjne-militarne, [dostęp: 26.06.2014].

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.2

[9] Scholte J.A., *Globalizscja*, Humanitas, Sosnowiec 2006, s. 31.
[10] Klimek J., Etyka biznesu w warunkach silnej konkurencji, [dok. elektr.], http://www.ue.katowice.pl/uploads/media/9_J.Klimek_Etyka_biznesu_w_warunkach_silnej.... pdf [dostęp: 22.06.2014]
[11] Ścibiorek Z., *Motywowanie w organizacjach publicznych*, WSPol, Szczytno 2014, s. 27–28.
[12] Kuc R.B., *Zarządzanie doskonałe*, Wydawnictwo Menedżerskie PTM, Warszawa 2008, s. 121–122.
[13] Kuc R.B., *Od zarządzania do przywództwa*, PTM, Warszawa 2004, s. 146–150.
[14] Klimek J., *Społeczna odpowiedzialność biznesu w Polsce*, Toruń 2012, s. 121.

* * *

płk rez. prof. dr hab. inż. Zbigniew Ścibiorek – były długoletni pracownik Akademii Obrony Narodowej. Prodziekan Wydziału Zarządzania i Dowodzenia tej uczelni. Były kierownik Katedry Systemów Zarządzania Akademii Podlaskiej w Siedlcach, dawny pracownik ORGMASZ-u i Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Obecnie profesor zwyczajny Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych we Wrocławiu. Zasadnicze obszary zainteresowań dotyczą: zarządzania kryzysowego, problematyki podejmowania decyzji kierowniczych (dowódczych), przeprowadzania zmian w organizacji.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.3

mgr inż. **Mariusz Krzysztof Kopański**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 07.12.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 10.06.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Fotele tapicerowane jako źródło zagrożenia pożarowego sal kinowo-widowiskowych

Upholstered Seats in Cinemas and Theatres – Source of Fire Hazard

Кресла с мягкой обивкой как источник пожарной угрозы в кинозалах и аудиториях

A B S T R A K T

Cel: Celem publikacji jest ocena zagrożenia pożarowego sal kinowo-widowiskowych wyposażonych w siedziska tapicerowane (fotele) spełniające aktualne wymogi techniczno-prawne. Fotele w salach mieszczących powyżej 200 osób dorosłych lub 100 dzieci bada się przy użyciu źródeł ognia o małej mocy (tlący się papieros, płomień zapałki). Należy ustalić jak zareagują fotele i jaki będzie miał przebieg pożar, gdy zastosujemy inne źródło ognia (np. palącą się złożoną gazetę).
Materiał i metody: Badania przeprowadzono na pełnowymiarowych fotelach oraz ich układach tapicerskich, które są ogólnodostępnymi wyrobami handlowymi na rynku europejskim spełniającymi wymagania zapalności mebli tapicerowanych, które są zgodne z metodą EN-PN 1021-1 Ocena zapalności mebli tapicerowanych. Źródło zapłonu: tlący się papieros oraz EN-PN 1021-2 Ocena zapalności mebli tapicerowanych. Źródło zapłonu: równoważnik płomienia zapałki. W celu ustalenia zagrożenia pożarowego siedzisk tapicerowanych od innych źródeł zapłonu, poddano je badaniom według wymagań normy kolejowej PN-EN 45545-2 Aneks B, C, PN-ISO 9705, ISO/TR 9705-2 (kalorymetr meblowy). Dodatkowo wyznaczono profile temperatur na powierzchni podpalanych foteli wykorzystując do tego celu kamerę termowizyjną.
Wyniki: Stopień zagrożenia pożarowego w pomieszczeniach wypełnionych fotelami spełniającymi wymagania (PN-EN 1021-1/2) wzrasta w zależności od rodzaju użytego źródła zapłonu. Fotel uważany za bezpieczny i spełniający wymagania zapalności mebli przebadano na kalorymetrze meblowym i uzyskano następujące wyniki: maksymalną intensywność wydzielania ciepła fotel 1 – 10,78 kW, fotel 2 – 356,83 kW; ciepło wydzielone przez fotel 1 – 635,8 kJ oraz fotel 2 – 81605,6 kJ; MAHRE fotel 1 – 1,62 kW, fotel 2 – 204,37 kW, które świadczą o bardzo dużym zagrożeniu pożarowym. W czasie badań laboratoryjnych zaobserwowano bardzo duże zadymienie pomieszczenia, w którym prowadzone były badania. Potwierdziły to wyniki całkowitej ilości wydzielonego dymu: fotel 1 – 5,3 m^2, fotel 2 – 750,3 m^2, a osłabienie wiązki światła w fotometrze wyniosło prawie 91%. W czasie pożaru fotela nr 2 temperatura jego powierzchni przekroczyła 900°C.
Wnioski: Zaleca się modyfikację i rozszerzenie palety źródeł zapłonu w obowiązującej normie. Za wzór można przyjąć angielską normę BS 5852, zgodnie z którą rozpatrywanych jest osiem różnych rodzajów źródeł zapłonu w zależności od rodzaju i przeznaczenia pomieszczenia. Przegląd mebli tapicerowanych pod względem oceny palności wskazuje, że powinny one być przebadane w pełnej skali z uwzględnieniem większych źródeł zapłonu, jak np. kule z gazety lub stosy z drewna.

Słowa kluczowe: fotel, PN-EN 1021, kalorymetr meblowy, intensywność wydzielania ciepła, pożar, zabezpieczenie p/poż, termowizja, dym, PN-EN 45545
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

A B S T R A C T

Aim: The purpose of this paper is to evaluate potential fire hazards in cinemas and theatres, equipped with upholstered furniture, which satisfy prevailing technical requirements.
Introduction: Upholstered seating in public places, which accommodate above two hundred adults or one hundred children, are tested in laboratories with the aid of small fire sources (a smouldering cigarette or ignited match). However, it is appropriate to determine the behaviour of upholstery material and potential development of a fire when other fire sources are applied, such as a folded burning newspaper.
Materials and methods: The study was conducted on upholstered furniture, which is generally available on the European market and, which satisfies fire safety standards for upholstered furniture in accordance with EN-PN 1021-1. The fire source used for tests was a smouldering cigarette in accordance with EN-PN 1021-2 and the equivalent of a burning match flame. In order to determine the fire

[1] Sychta Laboratorium Sp.J., Police, Polska; mariusz.kopanski@zut.edu.pl;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.3

hazard of upholstered seating from other ignition sources, research was performed in accordance with test standards; EN 45545-2, Annex B and C, PN-ISO 9705, ISO/TR 9705-2 (Furniture Calorimeter). Additionally, temperature profiles were identified on the surface of ignited armchairs with the aid of thermal cameras.
Results: The fire hazard level in premises furnished with upholstered furniture, which satisfy standards (PN-EN1021-1/2), increases, depending on the employed ignition source. Upholstered furniture, which was considered safe and satisfied fire safety standards was further exposed to tests on a furniture calorimeter with following results: The maximum intensity of heat release for armchair 1 = 10.78 kW, armchair 2 = 356.83 kW; total heat release for armchair 1 = 635.8 kJ, armchair 2 = 81605.6 kJ; MAHRE armchair 1 = 1.62 kW, MAHRE armchair 2 = 204.37 kW, which demonstrates a high risk of fire. During laboratory tests a large volume of smoke was observed in the room where research was performed. This is borne out by the total volume of smoke output for armchair 1 = 5.3 m², armchair 2 = 750.3 m². and the reduction in intensity of light rays, measured by the light meter, was approaching 91%. During a fire of armchair 2 the surface temperature exceeded 900°C.
Conclusions: It is recommended that the range of ignition tests utilised in current standards is modified and extended. United Kingdom (UK) provides such an example with the BS 5852 standard, where eight different sources of ignition are employed, depending on type and use the premises are put to (cinema, hospital, hotel, museum). An examination of upholstered furniture, involving an evaluation of flammability, should be performed within a full range of the most significant sources of ignition, such as balls of newspaper or piles of wood.

Keywords: upholstered seating, EN1021, furniture calorimeter, heat release rate, fire, fire protection, thermal, smoke, EN 45545
Type of article: original scientific article

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью публикации является оценка пожарной опасности в кинозалах и аудиториях, которые оснащены сиденьями (креслами) с мягкой обивкой, соответствующие техническим и правовым требованиям. Кресла в залах, которые могут вместить более 200 взрослых людей или 100 детей, исследуются при использовании источников возгорания малой мощности (тлеющая сигарета, пламя зажигалки). Следует определить, как поведут себя кресла и как будет развиваться пожар, если будет применён другой источник огня (например, горящая сложенная газета).
Материал и метод: Исследования проводились на креслах с обивками реальных размеров, которые являются общедоступными изделиями на европейском рынке и соответствуют стандартам воспламеняемости мебели с обивкой согласно EN-PN 1021-1 „Оценка воспламеняемости мебели с мягкой обивкой. Источник возгорания: тлеющая сигарета", а также PN-EN 1021-2 „Оценка воспламеняемости мебели с мягкой обивкой. Источник возгорания: эквивалент пламени спички". Для того, чтобы определить угрозу пожара сидений с мягкой обивкой, вызванных другими источниками возгорания, они были подвержены исследованиям в соответствии с требованием железнодорожного стандарта PN-EN 45545-2 приложение B,C, PN-ISO 9705, ISO/TR 9705-2 (мебельный калориметр). Дополнительно были определены температурные профили на поверхности поджигаемых кресел с использованием тепловизионной камеры.
Результаты: Уровень пожарной опасности в помещениях с креслами, соответствующими требованиям (PN-EN 1021-1/2), растёт в зависимости от вида источника возгорания. Кресло, которое считается безопасным и соответствует требованиям возгораемости мебели, было испытано при помощи мебельного калориметра. Следовательно, были получены следующие результаты: максимальная интенсивность выделения тепла: кресло 1 – 10,78 кВт, кресло 2 – 356,83 кВт; тепло выделенное креслом 1 – 635,8 кДж и креслом 2 – 81605,6 кДж; кресло MAHRE 1 –1,62 кВт, кресло 2 – 204,37 кВт, которые свидетельствуют об очень большой пожарной опасности. Во время лабораторных тестов была отмечена очень большая задымлённость помещения, в котором были проведены исследования. Это подтверждают результаты общего количества выделенного дыма: кресло 1 – 5,3 м², кресло 2 – 750,3 м², а ослабление луча света в фотометре составило почти 91%. Во время пожара кресла номер 2 температура его поверхности превысила 900°C.
Выводы: Авторы рекомендуют изменить и расширить перечень источников возгорания в действующим стандарте. Следуя примеру британского стандарта BS 5852, где рассматривается 8 разных источников возгорания в зависимости от вида и назначения помещения. Исследования мебели с мягкой обивкой с точки зрения оценки её воспламеняемости должны проводиться на образцах реальных размеров с учётом больших источников возгорания, таких как, например, шары из газеты или стопки древесины.

Ключевые слова: кресло, PN-EN 1021, мебельный калориметр, интенсивность выделения тепла, пожар, пожарная защита, тепловизия, дым, PN-EN 45545
Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wstęp

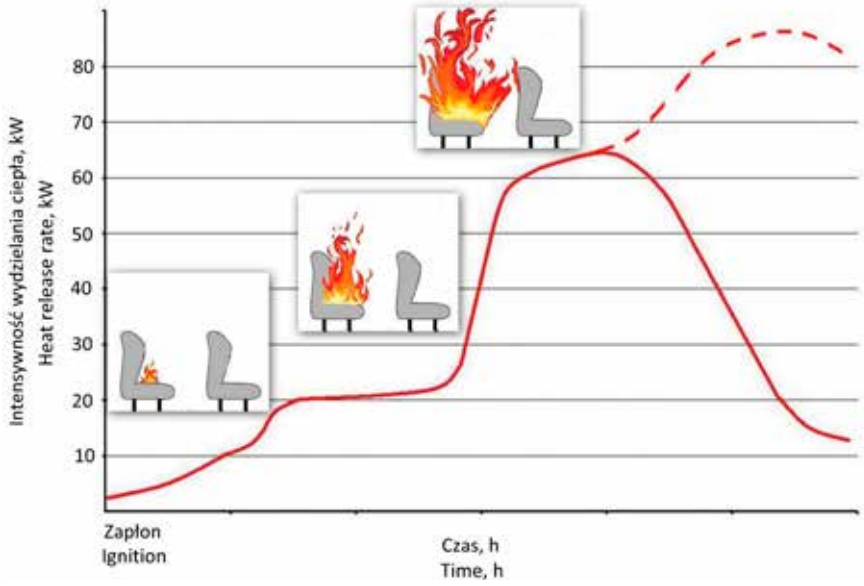
Zgodnie z aktualnymi dokumentami wykonawczymi (Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1], Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów [2]), zharmonizowanymi z dokumentami Unii Europejskiej [3], budynek i znajdujące się w nim elementy wyposażenia powinny być zaprojektowane i wykonane w taki sposób, aby w razie pożaru umożliwiały: przeprowadzenie szybkiej ewakuacji ludzi, ograniczenie rozprzestrzeniania się ognia i produktów rozkładu termicznego oraz spalania (dymu) wewnątrz obiektu objętego pożarem, zachowanie nośności konstrukcji przez czas wynikający z rozporządzenia, a także ograniczenie rozprzestrzeniania się pożaru na sąsiednie budynki. Z punktu widzenia zapobiegania rozprzestrzenianiu się pożaru w pomieszczeniu budynku i w całym obiekcie, przedmiotem zainteresowania są między innymi odporność materiału tapicerowanego na działanie zewnętrznych źródeł zapłonu oraz analiza możliwości wywołania przez

ten materiał pożaru innych, sąsiadujących z nim materiałów wyposażenia wnętrz w następstwie indukcji. Aktualnie stosowane wymagania techniczne, zgodnie z polską normą oceny zapalności mebli tapicerowanych, badania przeprowadza się w „małej skali" z „małym" źródłem zapłonu w postaci żarzącego się papierosa (PN-EN 1021-1) [4], równoważnika płonącej zapałki (PN-EN 1021-2) [5], co jest niewystarczające do oceny zapalności zestawów tapicerskich stosowanych w pomieszczeniach widowiskowo-kinowych i teatralnych. Na podstawie normy PN-EN 1021-1/2 ocenia się zapalność materiałów takich jak materiały pokryciowe, wypełnienia, stosowanych w siedziskach tapicerowanych oraz w materiałach i tkaninach pościelowych (ISO 12952, PN-EN 597-1, FTP część 9 IMO) stosowanych w indywidualnych gospodarstwach domowych. Najczęstsze przyczyny powstania pożaru w budynkach (lokalach) mieszkalnych to: niedbalstwo, lekkomyślność lub nieostrożność ludzi.

10 marca 2014 roku w jednym z mieszkań w bloku w Gorzowie Wielkopolskim wybuchł nieduży pożar – spalił się fotel. Po ugaszeniu ognia okazało się, że siedział na nim człowiek. Według doniesień prasowych zasnął w fotelu z zapalonym papierosem [6].

Zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 1021: 2007 część pierwsza (Ocena zapalności mebli tapicerowanych) w ramach badań układ tapicerski lub gotowy wyrób poddawany jest oddziaływaniu tlącego się papierosa, który położony jest na zgięciu pomiędzy siedziskiem a oparciem minimum 5 cm od krawędzi wyrobu. Po zakończeniu każdej próby po upływie 60 minut rozbiera się badany układ celem ustalenia ewentualnego wewnętrznego postępującego tlenia. Natomiast zgodnie z drugą częścią metody według PN-EN 1021: 2007 palnik zasilany jest butanem, a wysokość płomienia powinna wynosić 35 mm. Czas oddziaływania „małego płomienia" jest zróżnicowany, dla budownictwa lądowego to 15 sekund, a w budownictwie okrętowym i offshore 20 sekund. W czasie badań obserwuje się sposób spalania się układu tapicerskiego (palenie się płomieniem, postępujące tlenie, żarzenie). Po zakończeniu każdej próby, po upływie 2 minut rozbiera się badany układ celem ustalenia ewentualnego wewnętrznego postępującego tlenia. Jeżeli żadne z wyżej wymienionych zjawisk nie występuje, układ tapicerski spełnia wymagania norm i może być stosowany w praktyce.

Ryzyko powstania pożaru istnieje zawsze, nawet w budynkach zaprojektowanych zgodnie z zasadami bezpieczeństwa pożarowego. Źródłem pożaru mogą być zjawiska fizyczne, chemiczne oraz biologiczne powodujące niekontrolowane wydzielanie się ciepła, w wyniku którego następuje zapalenie materiałów w bezpośrednim sąsiedztwie źródła promieniowania cieplnego. Przyczyną powstania pożaru może być też podpalenie przypadkowe lub umyślne, m.in. sabotaże czy działania terrorystyczne. Wyspecjalizowani „podpalacze" stosują zapalniki pirotechniczne chemiczne (nadmanganian potasu + gliceryna) lub opóźniające zapłon (papieros + zapałki) [7]. Zapalnik owinięty np. w gazetę położoną na fotelu opóźni zainicjowanie pożaru, a osobie podpalającej pozwoli na bezpieczne oddalenie się od celu zniszczenia. W związku z tym odporność fotela w sali widowiskowo-kinowej określona tylko na podstawie badania odporności na działanie żarzącego się papierosa lub równoważnika płonącej zapałki może okazać się niewystarczająca. Potwierdziły to badania w pełnej skali metodą kalorymetru meblowego (PN-ISO 9705, ISO/TR 9705-2, PN-EN 45545-2). Zapalenie się łatwopalnego układu tapicerskiego (fotela) spowoduje spłonięcie wyrobu tapicerowanego, który może być źródłem dalszego rozprzestrzeniania się i obejmowania swoim zasięgiem otaczających go materiałów, co zobrazowano na schemacie zamieszczonym na rycinie 1. W pierwszej fazie pożaru, w pomieszczeniu następuje wzrost strumienia ciepła, który oddziałuje na sąsiednie materiały znajdujące się w pobliżu zarzewia ognia. Krzywa przerywana teoretycznie ukazuje wzrost intensywności wydzielania ciepła spowodowanego zapłonem materiałów będących w pobliżu palącego się fotela.



Ryc. 1. Rozwój pożaru w pomieszczeniu z meblami
Fig. 1. The development of a fire in a room with upholstered furniture
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.3

2. Metoda badawcza

2.1. Badanie reakcji na ogień mebli metodami według PN-ISO 9705, ISO/TR 9705-2 i PN-EN 45545-2 Aneks B (kalorymetr meblowy)

W normie badawczej wg PN-EN 45545-2 aneks B [8] opisany jest sposób oceny reakcji na ogień pełnowymiarowych siedzeń stosowanych w kolejnictwie (z podłokietnikami, podgłówkami, oparciem i konstrukcją nośną) oraz wyposażenia wnętrz w postaci mebli. Celem badania jest określenie odporności mebla na działanie potencjalnego źródła podpalenia w postaci palnika o przekroju kwadratu i mocy 7 kW. Płomień palnika podpalającego (źródło zapłonu) zasilany jest propanem o ustalonym przepływie 5 l/min. Wydziela on moc cieplną, jaką emituje paląca się gazeta. Podstawą badań w kalorymetrze meblowym jest określanie szybkości wydzielania ciepła metodą ubytku tlenu, wykorzystując zasadę kalorymetrii opracowaną przez Thortona. Zakłada ona, że ciepło powstałe w wyniku spalania materiału jest proporcjonalne do ilości zużytego tlenu.

W skład stanowiska do badania mebli w pełnej skali metodami wg PN-EN 45545-2 aneks B z wykorzystaniem norm PN ISO 9705, ISO/TR 9705-2 wchodzi:

- układ kominowy do odprowadzania spalin z regulatorem natężenia przepływu gazów,
- układ do pomiaru natężenia przepływu objętościowego gazów w przewodzie kominowym,
- źródło podpalania palnik o przekroju kwadratu na wysięgniku,
- układ zasilania palnika gazowego z masowym regulatorem przepływu,
- układ do pomiaru temperatury spalin w przewodzie kominowym,
- układ do pomiaru ubytku masy i szybkości jej zmian,
- układ do pomiaru stężenia tlenu, dwutlenku węgla i tlenku węgla w spalinach
- układ do pomiaru intensywności wydzielania ciepła,
- układ do poboru spalin do analizy chemicznej,
- układ do pomiaru dymotwórczości materiałów,
- układ do kontroli bieżącej i kalibracji stanowiska,
- wielopunktowy układ pomiarowy do automatycznej rejestracji i przetwarzania danych.

2.2. Przebieg badania

Po ustabilizowaniu się warunków termicznych stanowiska i przygotowaniu próbki do badań zgodnie z wymaganiami norm PN ISO 9705, ISO/TR 9705-2 i PN-EN 45545-2 aneks B, przygotowany fotel – zgodnie z wymaganiami normatywnymi – przymocowuje się do platformy z izolacyjnego materiału niepalnego, a następnie umieszcza na wadze stanowiska. Natępnie mocuje się na statywie palnik gazowy, który opuszcza się na powierzchnię badanego siedziska. Masa nacisku palnika na siedzisko powinna wynosić 100 g. Przed badaniem zwraca się uwagę na:

- natężenie przepływu spalin, które powinno wynosić $(0{,}6 \pm 0{,}05)$ m^3/s,
- wskazania analizatora tlenu, dwutlenku i tlenku węgla,
- wskazania fotometru.

W czasie badań system kontrolno-pomiarowy stanowiska mierzy:

- czas,
- temperaturę otoczenia,
- temperaturę spalin w przewodzie do odprowadzania spalin,
- różnicę ciśnienia na dwukierunkowej sondzie do pomiaru natężenia przepływu gazów w przewodzie do odprowadzania spalin,
- objętościowe natężenie przepływu gazów,
- ubytek masy badanego wyrobu,
- transmitancję światła,
- całkowitą szybkość wydzielania dymu,
- stężenie tlenu,
- stężenie dwutlenku i tlenku węgla,
- intensywność wydzielania ciepła,
- ciepło wydzielone przez próbkę,
- wartość średniej całkowej intensywności wydzielania ciepła badanego wyrobu (fotela) – ARHE.

W trakcie badania uważnie obserwuje się zachowanie palącej się próbki/wyrobu.

2.3. Zakres badań i materiały

W celu określenia zagrożenia pożarowego materiałów tapicerowanych w budynkach użyteczności publicznej bada się gotowe meble tapicerowane na działanie zewnętrznych źródeł podpalania oraz analizuje możliwości wywołania przez nie pożaru sąsiednich materiałów w następstwie indukcji. Przeprowadzono własne badania palności foteli tapicerowanych będących wyrobami handlowymi, dostępnymi na europejskim rynku, które mogą stanowić wyposażenie sal kinowych lub teatralnych.

Badaniu poddano dwa rodzaje foteli i ich układów tapicerskich najczęściej stosowanych w obiektach użyteczności publicznej, a mianowicie w wyposażeniu sal kinowo-widowiskowych i w pasażerskich wagonach transportu kolejowego. Do badań użyto klimatyzowanych próbek materiału wg PN-EN 13238: 2011 punkt 4.2 w temperaturze 23 ±2°C oraz wilgotności 50 ±5% do osiągnięcia stałej masy.

Tabela 1. Opis badanych próbek materiału
Table 1. Description of material samples to be tested

Badany materiał / Test material	Zastosowanie / Use	Skład / Composition
Fotel 1/ Armchair 1	pociąg / train	wysokoelastyczna pianka poliuretanowa trudnopalna o gęstości ok. 31 kg/m^3, materiał obiciowy – tkanina raszlowana z okrywą runową o składzie 100% poliester, konstrukcja stalowa malowana proszkowo Highly elastic polyurethane foam flame retardant – 31 kg/m^3, upholstery fabric 100% polyester, the steel frame
Układ tapicerski 1/ Upholstery system 1		
Fotel 2 / Armchair 1	kino / cinema	pianka poliuretanowa o gęstości ok. 29,5 kg/m^3, Tkanina obiciowa o składzie surowcowym 100 % poliester i gramaturze ok. 420 g/m^2 Polyurethane foam – 29,5 kg/m^3, upholstery fabric 100% polyester – 420 g/m^2
Układ tapicerski 1/ Upholstery system 1		

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

3. Wyniki badań według normy PN-EN 1021-1/2

Badania przeprowadzono w akredytowanym (nr AB 1501) Laboratorium Badań Palności Materiałów. Wyniki badań mebli tapicerowanych poddawanych działaniu tlącego się papierosa i równoważnika płomienia zapałki przedstawiono w tabeli 2, natomiast rezultaty badania z kalorymetru meblowego ukazano na ryc. 2 i ryc. 3 oraz w tabeli 3.

Tabela 2. Wyniki badań wg PN-EN 1021-1/2
Table 2. Test results in compliance with standard EN 1021-1/2

Kryteria/ Materiał Criteria/ Material	Fotel 1 Armchair 1	Fotel 2 Armchair 2	Układ tapicerski 1 / Upholstery structure 1	Układ tapicerski 2 / Upholstery structure 2
Kryteria tlenia wg PN-EN 1021-1 Smouldering cigarette PN-EN 1021-1				
Niebezpieczne narastające spalanie Dangerous smouldering progression	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Układ próbny strawiony przez ogień Test sample completely burnt	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Tli się do końca Smouldering sample smouldering up to the end of test	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	TAK/YES
Tli się na wskroś grubości Smouldering across the full thickness	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Tli się dłużej niż godzinę Smouldering in excess of one hour	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	TAK/YES
Dalej niż 100 mm od źródła zapłonu Smouldering in excess of 100 mm from ignition source	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Kryteria palenia się płomieniem wg PN-EN 1021-2 Burning criteria according to PN-EN 1021-2 (approximating to the calorific value of a burning match)				
Niebezpieczne narastające spalanie Dangerous smouldering progression	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	TAK/YES
Układ próbny strawiony przez ogień Test sample completely burnt	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Palenie się do skrajów próbki Burning to the edge of sample	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Palenie się na wskroś grubości Burning across the full thickness	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO
Pali się dłużej niż 120 s Burning lasted in excess of 120 s	NIE/NO	NIE/NO	NIE/NO	TAK/YES
Oznaczenie: TAK/YES – kryteria są przekroczone/contravene regulation NIE/NO – kryteria są spełnione/satisfy regulations				

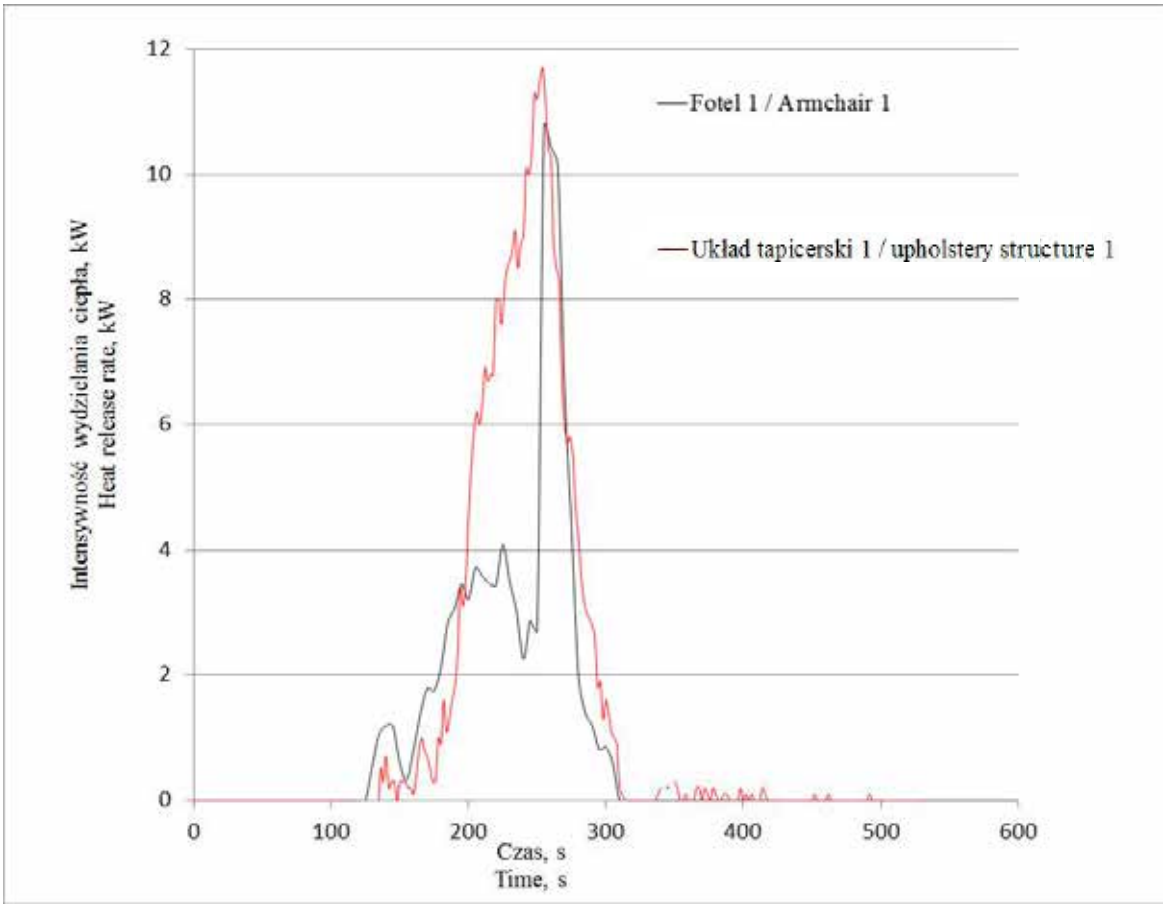
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.3

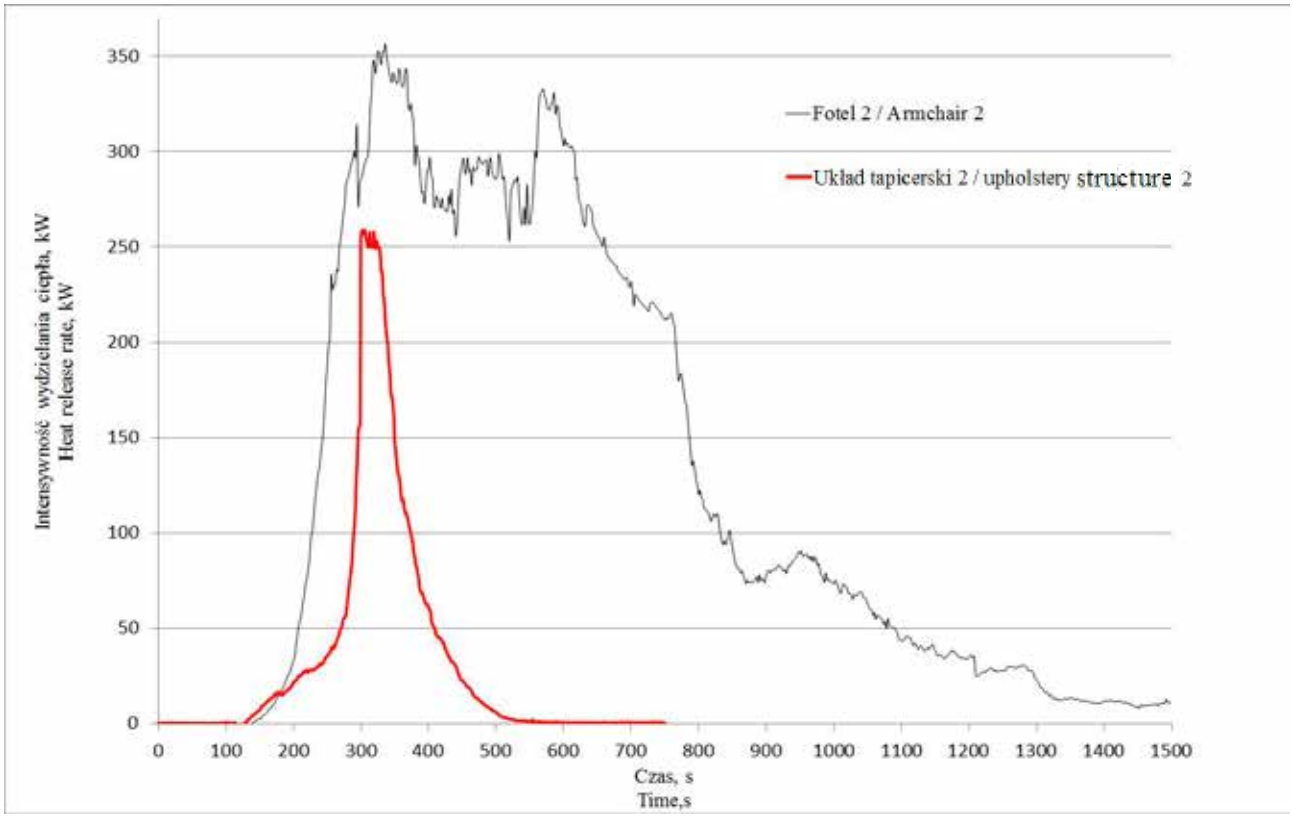
Tabela 3. Wybrane wyniki badań wg PN-EN 45545-2 Anex B
Table 3. The test results of the standard PN-EN 45545-2 Anex B

Parametr/ Materiał Criteria/ Material	Fotel 1 Armchair 1	Fotel 2 Armchair 2	Układ tapicerski 1 Upholstery structure 1	Układ tapicerski 2 Upholstery structure 2
Minimalny czas zapłonu / Minimum ignition time, s	166	138	136	129
Czas końca palenia / end of burning, s	305	1500	306	598
Ciepło wydzielone przez próbkę, kJ Heat release, kJ	635,8	81605,6	841,5	19772,5
Max intensywność wydzielania ciepła, kW Maximum heat release, kW	10,78	356,83	11,71	259,05
MAHRE, kW	1,62	204,37	5,73	65,22
Całkowita ilość wydzielonego dymu, m^2 The total amount of smoke, m^2	5,3	750,3	48	86,1
Maksymalna szybkość emisji dymu, m^2/s Maximum speed of smoke emission, m^2/s	0,0401	4,4849	0,7143	0,7857
Emisja właściwa CO, mg/g Appropriate emission CO, mg/g	0,005	3,918	0,01	15,056
Emisja właściwa CO_2, mg/g Appropriate emission CO_2, mg/g	0,353	1,485	0,125	3,273
Maksymalne osłabienie światła, % Maximum impairment of light, %	2,6	91,05	38,79	31,75

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

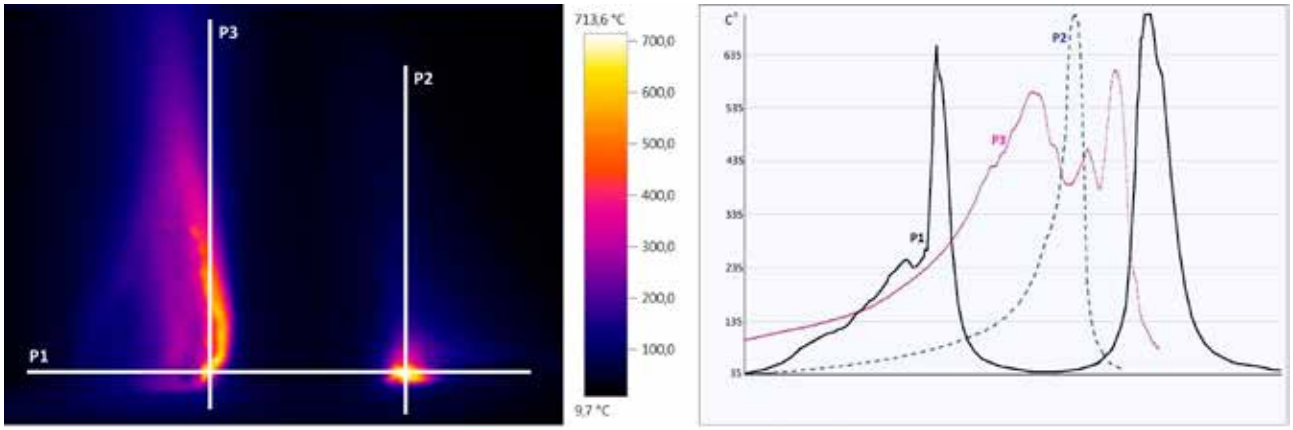


Ryc. 2. Zależność intensywności wydzielania ciepła od czasu – fotel 1, układ tapicerski 1
Fig. 2. Intensity relationship between heat release and time – armchair 1 and upholstery structure 1
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



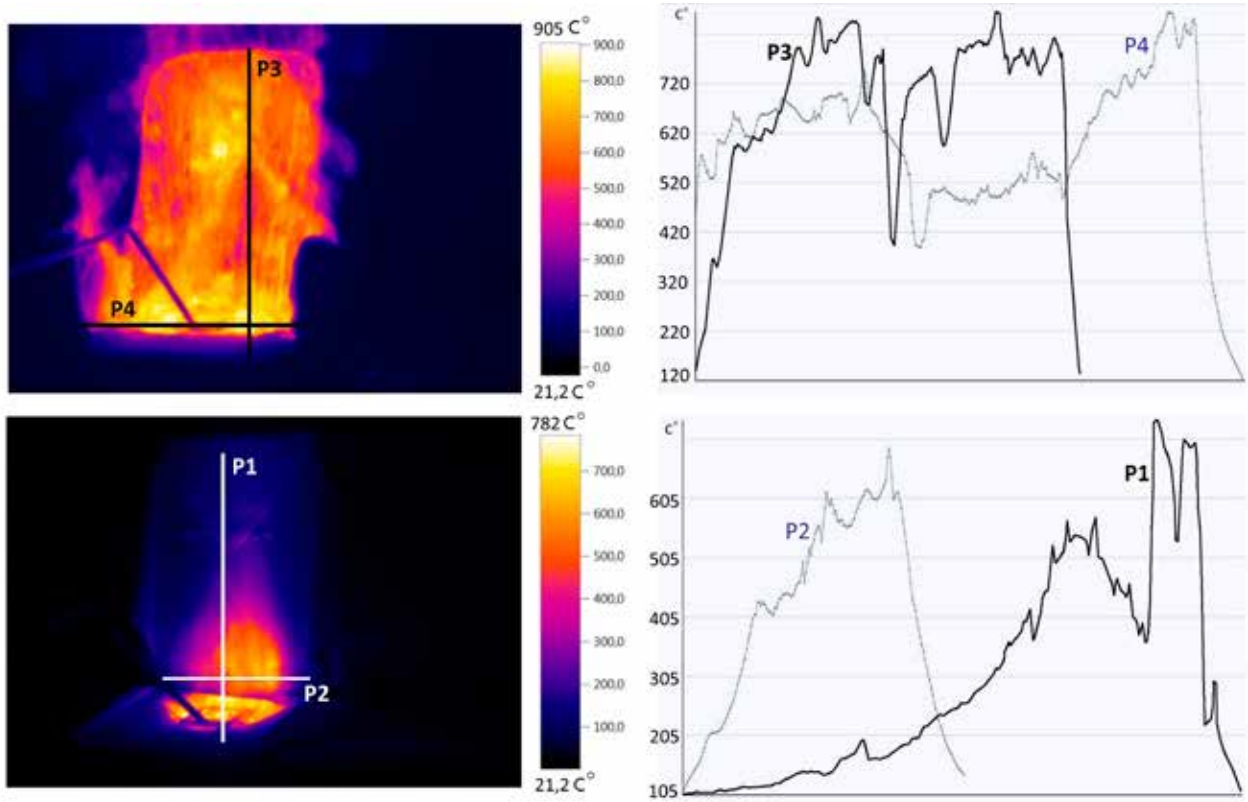
Ryc. 3. Zależność intensywności wydzielania ciepła od czasu – fotel 2, układ tapicerski 2
Fig. 3. Intensity relationship between heat release and time – armchair 2 and upholstery structure 2
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

4. Analiza wyników badań



Ryc. 4. Obraz termowizyjny z profilami temperatur podczas trwania badania PN-EN 1021-1/2 (fot. M. Kopański)
Fig. 4. Thermal image of the temperature profile during the test according to the PN-EN 1021-1/2 standard (fot. By M. Kopański)

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.3



Ryc. 5. Obraz termowizyjny z profilami temperatur podczas oddziaływania palnika przez 3 minuty wg badania PN-EN 45545-2 (a – fotel wykonany z pianki poliuretanowej, obity tkaniną trudno zapalną; b – fotel numer 1 wykonany z pianki poliuretanowej trudno zapalnej, tkaniny obiciowej trudno zapalnej) (fot. M. Kopański)

Fig. 5. Thermal image of the temperature profile during the test according to EN 45545-2 (a – armchair 2 made of polyurethane foam, flame-resistant fabric-covered; b – armchair 1 made of polyurethane foam flame-resistant, flame-resistant fabric-covered (fot. by M. Kopański)

Fotel oznaczony numerem jeden w badaniach na kalorymetrze meblowym wykazywał najlepsze właściwości przeciwpożarowe. Po odjęciu palącego się palnika próbka natychmiast gasła, podobnie zachowywał się układ tapicerski 1. Maksymalna intensywność wydzielania ciepła z fotela nr 1 podczas badań na kalorymetrze meblowym wyniosła ponad 10 kW. W obrazie termowizyjnym, który został wykonany w 290 sekundzie pomiaru badania (ryc. 5), materiał obiciowy trudno zapalny z pianką trudno zapalną nie zapalił się w obrębie oddziaływania palnika, choć rozgrzał się do ponad 780°C. Pianka poliuretanowa jedynie się stopiła. Dla porównania zrobiono zdjęcie palącego się siedziska fotela 2, który po upływie również 290 sekund całkowicie spłonął, osiągając moc ponad 350 kW i temperaturę na powierzchni próbki ponad 900 stopni Celsjusza. Zarejestrowano ją przy użyciu kamery termowizyjnej i emisyjności ustawionej na 0,94.

Na zdjęciu termowizyjnym (ryc. 4) zrobionym podczas badania wg normy PN-EN 1021-1/2 można zauważyć, że zarejestrowane maksymalne temperatury na powierzchni fotela nr 1 są zbliżone i wynoszą ok 700 stopni Celsjusza. Tkanina obiciowa odporna na krótkotrwałe oddziaływanie promieniowania cieplnego (żar z papierosa, płomienia typu zapałki) nie zapala się, lecz wystarczy przedłużyć czas oddziaływania i fotel (układ tapicerski) zaczyna się intensywnie palić.

Układ tapicerski 2 osiągnął maksymalną wartość wskaźnika MAHRE na poziomie 65 kW i został całkowicie strawiony przez ogień w ciągu 8 minut. Pianka trudno zapalna wchodząca w skład układu tapicerskiego 1 zapaliła się po 16 sekundach oddziaływania palnika i po odsunięciu palnika samoistnie zgasła.

Otrzymane wyniki z badań kalorymetru meblowego charakteryzujące dymotwórczość zostały przedstawione w tabeli 2. Uzyskane wartości zostały przekroczone w badaniu fotela nr 2 oraz przy badaniu układu tapicerskiego ze „zwykłą" pianką po piance poliuretanowej. Całkowita ilość wydzielonego dymu podczas palenia fotela nr 2 wyniosła ponad 750 m². Dla porównania, fotel 1 z wypełnieniem pianką poliuretanową trudnopalną i tkaniną obiciową trudno zapalną wydzielił tylko 5,3 m² dymu. Intensywnie wydzielające się produkty rozkładu termicznego i spalania osłabiły wiązkę światła białego o ponad 90%, co można zauważyć na ryc. 6. Statystyki pożarowe podają, że tylko od 4 do 5 % ludzi ponosi śmierć w wyniku bezpośredniego oddziaływania promieniowania cieplnego, natomiast ponad 80% wypadków śmiertelnych w czasie pożarów spowodowane jest zagrożeniem stwarzanym przez produkty rozkładu termicznego i spalania.

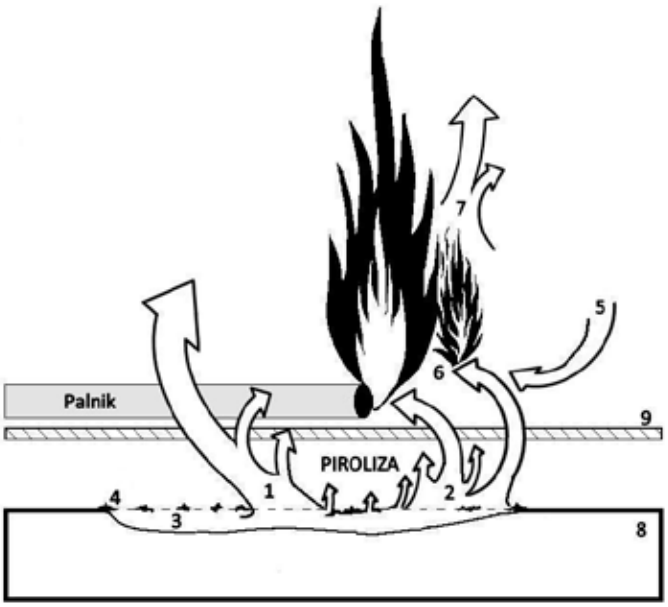
Ryc. 6. Bardzo duże zadymienie hali laboratorium w czasie badania fotela nr 2 na kalorymetrze meblowym (fot. M. Kopański)
Fig. 6. Very large smoke in the laboratory during tests for Armchair 2 identified on the calorimenter (fot. By M. Kopański)

W pierwszych minutach trwania pożaru w obiekcie budowlanym podstawowym czynnikiem zagrożenia dla ludzi jest ograniczenie widzialności spowodowanej z obniżeniem się górnej warstwy dymu i redukcją zasięgu widzialności. W następstwie ograniczenia widoczności zwiększa się prawdopodobieństwo utraty orientacji w zadymionych pomieszczeniach, co może spowodować upadek, potknięcie się lub uderzenie o niewidoczne przedmioty. Dym, jako podstawowy nośnik ciepła w środowisku pożarowym, stanowi bardzo duże zagrożenie dla osób przebywających w środowisku pożarowym, w tym również strażaków z powodu możliwości wdychania toksycznych związków chemicznych.

5. Dyskusja

Badanie palności materiałów tapicerowanych jest jednym z najważniejszych testów w przemyśle wyposażenia wnętrz, ponieważ ma ono bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ludzi w przypadku zaistnienia pożaru. Dotychczasowe badania z wykorzystywaniem normy badawczej PN-EN 1021-1/2 znajdują zastosowanie do pomieszczeń o niskim wskaźniku zagrożenia pożarowego, czyli pomieszczeń mieszkalnych, w których omawiane źródła ognia są powszechne. Zastosowanie w fotelach bardzo dobrej jakości tkaniny obiciowej, która wytrzyma oddziaływanie cieplne wg normy oceny zapalności mebli tapicerowanych, oraz użycie łatwopalnej pianki najprawdopodobniej zapewni pozytywny wynik badania. Przedłużenie czasu oddziaływania palnika o stałej mocy o kilkanaście sekund lub zwiększenie intensywności wydzielania ciepła z materiału podpalającego układ tapicerski (np. zamiana płomienia zapałki na złożoną gazetę) wpłynie na uzyskanie negatywnego wyniku badania. Ciepło dostarczone z materiału podpalającego przenika przez tkaninę trudno zapalną, a następnie pochłaniane jest przez piankę, powodując podwyższenie temperatury do wartości umożliwiającej zapoczątkowanie reakcji rozkładu i pirolizy, której następstwem jest gazyfikacja pianki. Gazy wytworzone podczas destylacji rozkładowej przedostają się przez tkaninę obiciową trudno zapalną i mieszają się z powietrzem tworząc mieszaninę, która spala się na powierzchni materiału trudno zapalnego, w wyniku czego następuje destrukcja – przepalenie. Ciągle wzrastający strumień energii wydzielony podczas spalania dostarczany do wypełnienia fotela spowoduje rozszerzanie się ognia na całe siedzisko tapicerowane, co przedstawiono na ryc. 7.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.3



Ryc. 7. Schemat spalania fotela tapicerowanego
1 – gazy niepalne; 2 – mieszanina palna; 3 – produkty ciekłe, 4 – reszta zwęglona; 5 – powietrze; 6 – mieszanka gazowa paliwo-powietrze; 7 – produkty spalania, 8 – pianka tapicerska; 9 – materiał obiciowy trudno zapalny
Fig. 7. Diagram of a burning upholstered furniture
1 – not flammable gas; 2 – combustible mixture; 3 – liquid products; 4 – carbonized product; 5 – air, 6 – a mixture of fuel and air; 7 – smoke; 8 – upholstery foam; 9 – retardant upholstery
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Niestety, dla układów tapicerskich i gotowych siedzisk nie ma jednego standardu palności zatwierdzonego przez wszystkie kraje Unii Europejskiej i we wszystkich krajach na świecie. Istniejące zróżnicowanie standardów międzynarodowych odzwierciedla zaś różne podejścia do problemu palności. Próby ujednolicenia i zaostrzenia wymagań badań pożarowych mebli tapicerowanych napotykają duży opór ze strony producentów, ponieważ zwiększyłby się wtedy koszt ekonomiczny produkcji jednostkowego fotela (siedziska). Tym samym świadomie igra się z bezpieczeństwem, zdrowiem i życiem użytkowników sal kinowych oraz teatralnych. Według rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2012 roku w sprawie warunków technicznych, jakimi powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. Nr 75, poz. 690 z późniejszymi zmianami), pomieszczenia przeznaczone do jednoczesnego przebywania ponad 200 osób dorosłych lub 100 dzieci, w których miejsca do siedzenia są ustawione w rzędach, powinny mieć fotele i inne siedzenia trudno zapalne odpowiadające wymaganiom polskiej normy dotyczącej oceny zapalności mebli tapicerowanych. Z tego powodu należy zadać sobie pytanie, czy polskie i europejskie obiekty użyteczności publicznej wyposażone w fotele tapicerowane badane dotychczasowymi metodami znormalizowanymi są bezpieczne.

W Wielkiej Brytanii funkcjonuje norma do badania zapalności mebli metodami BS 5852: 2006, w której wyróżnia się 8 różnych rodzajów źródła zapłonu stosowanych w zależności od poziomu zagrożenia pożarowego w różnego rodzaju obiektach budowlanych. Metody przy użyciu tlącego się papierosa (PN-EN 1021-1) oraz równoważnika płonącej zapałki (PN-EN 1021-2) stosuje się do badania materiałów będących na wyposażeniu w obiektach o najniższym zagrożeniu pożarem.

Tabela 4. Zestawienie źródeł zapłonu wg normy BS 5852
Table 4. List of ignitron sources according to the standard BS 5852

Źródło zapłonu Ignition source	Rodzaj podpalania Incendiary device	Źródło zapłonu Ignition source	Wydzielona energia, kWh Energy, kWh
0	Żarzenie (tlenie) Embers	Papieros Cigarette	brak / absence
1	Płomień Flame	Palnik Gas burner	0,001
2	Płomień Flame	Palnik Gas burner	0,004
3	Płomień Flame	Palnik Gas burner	0,016

Źródło zapłonu Ignition source	Rodzaj podpalania Incendiary device	Źródło zapłonu Ignition source	Wydzielona energia, kWh Energy, kWh
4	Płomień Flame	Stos drewna Pile of wood	0,04
5	Płomień Flame	Stos drewna Pile of wood	0,08
6	Płomień Flame	Stos drewna Pile of wood	0,28
7	Płomień Flame	Stos drewna Pile of wood	0,59

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 5. Źródło zapłonu i rodzaj zastosowanego materiału w obiekcie budowlanym wg normy BS 5852
Table 5. The relationship between an ignition source and materials used in a building according to the standard BS 5852

Poziom zagrożenia pożarowego / Fire hazard level	Niski / Low	Średni / Mid	Wysoki / High
Źródło zapłonu / Ignition source	0 i 1 0 and 1	0 i 5 0 and 5	0 i 7 0 and 7
Zastosowanie materiału / Use of materials	Mieszkania, urzędy, szkoły, muzeum / Flats, offices, schools, museum	Miejsca użyteczności publicznej (teatry, kina, restauracje, hale widowiskowo-sportowe) / Theaters, cinemas, restaurants, entertainent halls	Szpitale, więzienie, obiekty mieszkalno-noclegowe, (hotele, hostele) / Hospitals, hotels, hostels, prison

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

6. Wnioski

1. W normie PN-EN 1021-1/2 przewiduje się działanie energii cieplnej za pomocą równoważnika płomienia zapałki lub tlącego się papierosa oraz krótki czas ekspozycji płomienia palnika do 15 s dla wyposażenia w budownictwie lądowym lub do 20 s w budownictwie okrętowym i wtedy zestawy tapicerskie są zgodne z normą. Z badań własnych wynika, że tkanina obiciowa (trudno zapalna) wytrzymuje oddziaływanie palnika i zapewnia pozytywną ocenę, mimo że wypełnienie jest łatwopalne. Wystarczy jednak przedłużyć ekspozycję o kilka sekund, by zestaw tapicerski całkowicie spłonął.
2. Badane wyroby tapicerowane, mimo że spełniają normę (PN-EN 1021-1/2) przy użyciu tzw. „małego płomienia", to w niektórych przypadkach, np. w podpaleniu przy użyciu palącej się gazety, następuje zapalenie się fotela i po upływie trzech minut całkowite zajęcie pożarem wyrobu tapicerowanego, który w rezultacie może być źródłem dalszego rozprzestrzeniania się ognia i obejmowania swoim zasięgiem nowych materiałów.
3. Pomimo stosowania w fotelach trudno zapalnych materiałów wykończeniowych (tkanina obiciowa), ich wypełnienie pianką poliuretanową o niskiej jakości sprawia, że w wyniku oddziaływania promieniowania cieplnego zachodzi reakcja rozkładu i pirolizy, której następstwem jest gazyfikacja pianki i powstanie mieszaniny paliwowo-powietrznej, która ulega zapłonowi.
4. Badając w pełnej skali fotel i w małej skali układ tapicerski przy użyciu kalorymetru meblowego, uzyskujemy zbliżony wykres funkcji mocy w czasie.
5. Podczas oddziaływania ognia fotel (materiał tapicerowany) wydziela bardzo dużą ilość „nieprzejrzystych" gazów (osłabiając wiązkę światła w fotometrze na poziomie ponad 90%), które utrudniać będą ewakuację osób znajdujących się w pomieszczeniu oraz akcję ewakuacyjno-ratunkową.

Literatura

[1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jaki powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz.U. 2002 Nr 75, poz. 690, z późniejszymi zmianami).
[2] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz.U. 2010 Nr 109, poz. 719, z późniejszymi zmianami).
[3] Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) NR305/2011 z dnia 9 marca 2011 roku. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L88/43.
[4] PN-EN 1021-1:2007 Meble. Ocena zapalności mebli tapicerowanych – Część 1: źródło zapłonu: tlący się papieros.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.3

[5] PN-EN 1021-2:2007 Meble. Ocena zapalności mebli tapicerowanych – Część 2: źródło zapłonu: równoważnik płomienia zapałki.
[6] Komenda Wojewódzka Państwowej Straży Pożarnej w Gorzowie Wielkopolskim, Aktualności, http://www.straz.gorzow.pl/ [dostęp: 19.03.2014].
[7] Kopański M., *Badania laboratoryjne pożaru siedzisk tapicerowanych starszego typu w wagonie kolejowym*, „Przegląd komunikacyjny" Issue 2, 2013, pp. 8-10.
[8] PN-EN 45545-2:1013 Kolejnictwo. Ochrona przeciwpożarowa w pojazdach szynowych – Część 2: Wymagania dla materiałów i elementów w zakresie właściwości palnych.
[9] Thornton W., *The relations of oxygen to the heat of combustion of organic compounds*, "Philosophicial Magazine and J. of Science", Vol. 33 Issue 196, 1917.
[10] BS 5852 Part 1&2, 1979/82. Fire tests for furniture – Part 1. Methods of test for the ignitability by smokers' materials of upholstered composites for seating; – Part 2. Methods of test for the ignitability of upholstered composites for seating by flaming sources.

* * *

mgr inż. Mariusz Krzysztof Kopański – absolwent studiów jednolitych magisterskich na Wydziale Techniki Morskiej Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (Politechnika Szczecińska). Aktualnie uczestnik studiów doktoranckich na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki. Stażysta w akredytowanym laboratorium (AB 1501) badań palności materiałów – Sychta Laboratorium na stanowisku pracownik naukowo-techniczny do spraw bezpieczeństwa obiektów technicznych. Konsultant zabezpieczeń materiałów drewnopochodnych firmy Krono. Dodatkowo audytor wewnętrzny, bloger, fotograf na oficjalnej stronie miasta Szczecin (szczecin.eu), podróżnik oraz satyryk.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.4

dr inż. **Jacek Roguski**[1]
mgr inż. **Maciej Błogowski**[1]
inż. **Daria Kubis**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 06.02.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 20.08.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Metody badawcze w ocenie odporności środków ochrony indywidualnej na działanie termicznych czynników zewnętrznych[2]

Testing Methods Used to Evaluate the Endurance of Personal Protective Clothing Against External Thermal Influences

Методы исследований в оценке устойчивости средств индивидуальной защиты к воздействию внешних термических факторов

ABSTRAKT

Cel: Przedstawienie zagadnień związanych z badaniami odzieży ochronnej (ubrań specjalnych).
Wprowadzenie: W ramach projektu Nr O ROB/0011/03/01/001 „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badania ochron osobistych" finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR) realizowanego przez konsorcjum, w którego skład wchodzą: SGSP, CNBOP-PIB, Politechnika Warszawska, SA PSP w Krakowie i Thermolab s.c., opracowywany jest szereg nowatorskich stanowisk badawczych do ponadnormatywnych badań próbek materiałów wykorzystywanych w produkcji środków ochrony indywidualnej. W CNBOP-PIB podjęto prace związane z badaniami materiałów używanych do tworzenia ubrań specjalnych stosowanych w Krajowym Systemie Ratowniczo Gaśniczym (KSRG). Jednym z najważniejszych parametrów odzieży ochronnej dla straży pożarnej jest jej odporność na działanie zewnętrznych czynników takich jak: promieniowanie cieplne, oddziaływanie płomienia i kontakt z ciałami stałymi o znacznie podwyższonej temperaturze kontaktowej. Zachowanie parametrów wytrzymałościowych w warunkach pożaru oraz zapewnienie jak najlepszej ochrony mają istotny wpływ na zdrowie i życie strażaków.
Metodologia: Zaprezentowano najważniejsze krajowe i zagraniczne metody badań normatywnych dotyczących wpływu promieniowania cieplnego, płomienia i ciał stałych o podwyższonej temperaturze na odzież ochronną stosowaną w straży pożarnej. Przedstawiono również koncepcję stanowisk do badań odzieży ochronnej m.in. na działanie w/w czynników, opracowanie wytycznych do konstrukcji stanowisk oraz wykonanie stanowisk badawczych wraz z realizacją zakupów wytypowanego sprzętu i aparatury pomiarowej.
Wnioski: Opisane stanowiska łączą w sobie możliwość oceny próbek poddanych oddziaływaniu promieniowania cieplnego, płomienia oraz kontaktu z ciałami stałymi o wysokiej temperaturze w sposób innowacyjny względem istniejących standardów z możliwością (po niewielkich modyfikacjach) przeprowadzania badań normatywnych.
Rezultatem tych działań będzie możliwość oceny obecnie używanych struktur materiałowych wykorzystywanych do produkcji ochron osobistych ratowników w znacznie szerszym ujęciu niż dotychczas. Ponadto zostaną zaproponowane nowe metody badawcze dające lepszą możliwość oceny skuteczności ochron osobistych.

Słowa kluczowe: odzież ochronna dla straży pożarnej, odporność na działanie promieniowania cieplnego, stanowiska badawcze
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

ABSTRACT

Aim: Present issues associated with testing methods used to evaluate personal protective clothing.
Introduction: A range of innovative research initiatives were developed to test samples of materials used in the production of personal protective clothing. These were initiated by the project No. O ROB/0011/03/01/001 and funded by the by the National Research and

[1] Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, Józefów / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Józefów, Poland; jroguski@cnbop.pl;
[2] Autorzy wnieśli jednakowy wkład merytoryczny w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.4

Development Centre (NCBR). The project was realized by a consortium, which included; the Main School of The Fire Service (SGSP), Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute (CNBOP-PIB), Warsaw University of Technology, Aspirant's School of the National Fire Service in Cracow (SA PSP) and Thermolab s.c. CNBOP undertook work associated with testing of materials used in the production of specialist clothing worn by personnel engaged in the national firefighting and rescue system (KSRG). The most important criterion for firefighting protective clothing is its resistance to external factors such as heat radiation and ability to cope with the consequences of flames. Clothing with appropriate durability parameters, providing the best possible protection during fire incidents, has a significant impact on the health and life of firefighters.
Metodology: The article identified most significant national and international normative testing methods, dealing with the impact of heat radiation, fire and solids at high temperatures, which come into contact with protective clothing worn by firefighters. Moreover, the article identified an optimum concept for testing stands, implementation of previously mentioned elements and development of guidelines for the construction of testing stands in tandem with the acquisition of selected equipment and measuring apparatus.
Conclusions: The described testing stands combine the potential for evaluation of samples exposed to heat radiation, flames and contact with solids at high temperatures in an innovative way, contrasting with current approaches, with the potential (after small modifications) for the conduct of normative tests. The outcome from these activities will make it possible to evaluate currently used material structures in the manufacture of personal protection clothing, worn by rescue personnel, in a much broader sense than previously. Above all, it is expected that proposed additional testing techniques will facilitate a better effectiveness assessment of personal protection.

Keywords: firefighting protective clothing, resistance to external heat radiation, research stands
Type of article: review article

АННОТАЦИЯ

Цель: Представить вопросы, связанные с исследованиями защитной одежды (специальной одежды).
Введение: В рамках проекта номер O ROB/0011/03/01/001 „Разработка инновационной системы лабораторных установок для исследований средств индивидуальной защиты", финансируемого Народным Центром Исследований и Развития (NCBR) и реализованного консорциумом, в состав которого входят: Главная Школа Пожарной Службы (SGSP), Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт (CNBOP-PIB), Варшавский Политехнический Университет, Школа Аспирантов в г. Краков, Thermolab s.c., разрабатывается ряд новаторских установок для дополнительных испытаний образцов, используемых при производстве средств индивидуальной защиты. В CNBOP-PIB начались работы, связанные с исследованиями материалов, используемых для специальной одежды, применяемых в Национальной Спасательно-Гасящей Системе (KSRG). Одним из важнейших параметров защитной одежды является её устойчивость к воздействию внешних факторов, таких как тепловое излучение, взаимодействие с пламенем или контакт с твёрдыми телами повышенной контактной температуры. Соблюдение эксплуатационных параметров в условиях пожара, а также обеспечение наилучшей защиты существенно влияют на здоровье и жизнь пожарных.
Методология: Представлены важнейшие национальные и зарубежные методы нормативных исследований, касающиеся воздействия теплового излучения, пламени, твёрдых тел повышенной контактной температуры на защитную одежду, используемую в пожарной службе. Представлена также концепция установок для испытаний защитной одежды, в том числе ее реакции на воздействие вышеуказанных факторов, разработка правил по постройке исследовательских установок вместе с реализацией покупок выбранного оборудования и измерительной аппаратуры.
Выводы: Описанные установки дают возможность оценивать образцы, подвергаемые тепловому воздействию, пламени и контакту с твёрдыми телами, имеющими высокую температуру, инновационным методом, неописанным в имеющихся стандартах, а также проводить (после небольших изменений) нормативные исследования. В результате этих действий станет возможной оценка используемых современных структур материалов, которые используются во время производства элементов защиты пожарных в более широком плане чем раньше, а кроме того будут предложены новые исследовательские методы, которые позволят лучше оценивать эффективность защитных средств пожарных.

Ключевые слова: защитная одежда для пожарной службы, устойчивость к тепловому воздействию, испытательные установки
Вид статьи: обзорная статья

1. Wybrane wymagania dla innowacyjnych stanowisk do badań odporności ochron osobistych na działanie czynników zewnętrznych

Zadaniem odzieży ochronnej jest zabezpieczenie strażaka przed działaniem czynników zewnętrznych, w tym różnego rodzaju źródeł ciepła, które mogą powodować oparzenia. Zaliczyć do nich można m.in. otwarty płomień, promieniowanie cieplne lub kontakt z ciałami o podwyższonej temperaturze. Badania normowe przewidują określone procedury pomiarowe i współczynniki charakteryzujące badane materiały pod kątem ochrony przed poparzeniem. Analiza stosowanych metod wskazuje, że pozwalają one porównać badane materiały, lecz nie zawsze pozwalają one na określenie np. czasu wystąpienia oparzenia II stopnia w określonych warunkach oraz wpływu zawilgocenia na efektywną izolacyjność cieplną [8]. Należy podkreślić, że przedmiotem publikacji są metody badawcze zmierzające do oceny skuteczności zabezpieczenia ratownika przed oparzeniem. W pracy nie przeanalizowano pozostałych norm i metod badawczych, które mają zastosowanie do oceny innych właściwości ochron osobistych takich jak STM F2700 [24], NFPA 1971 [25] (wskaźnik TPP), ASTM F2702 [26] oraz NFPA 1977 [27] (wskaźnik RPP). Pomiar ciepła, jakie jest przepuszczane przez warstwy tkaniny stosowanej do produkcji odzieży ochronnej, pozwala na lepsze

sprawdzenie parametrów izolacyjnych tych materiałów i dążenie do poprawy ich właściwości [7], [11].

Stanowiska badawcze do badań ponadnormatywnych powinny umożliwić sprawdzenie zdolności do gromadzenia ciepła przez warstwy odzieży ochronnej. Zdolność do gromadzenia ciepła w odzieży jest badana w metodzie opisanej przez ASTM F2731 – 11 Standard Test Method for Measuring the Transmitted and Stored Energy of Firefighter Protective Clothing Systems [28]. Norma ta powstała w wyniku zgłoszeń płynących od strażaków, w których donosili oni o przypadkach oparzeń pod ubraniem bez śladów zniszczeń zewnętrznej i wewnętrznej warstwy odzieży. Przepuszczanie energii o niskim natężeniu oraz kombinacja przepuszczania i uwalniania energii zgromadzonej w odzieży może wystarczyć do powstania tego typu obrażeń. Dodatkowo może dochodzić do wtórnego oparzenia wskutek jednoczesnego działania zgromadzonej energii cieplnej i wilgoci wydzielonej z ciała strażaka, czyli poparzenia wynikającego z odparowania nagromadzonej wilgoci (potu) w odzieży ochronnej (poparzenie gorącą parą) [7], [11].

Wymagania stawiane odzieży ochronnej dopuszczonej do użytkowania przez straż pożarną w Polsce określa norma PN-EN 469 [29]. Zawarte są w niej informacje na temat minimalnych parametrów odzieży ochronnej używanej w czasie akcji przeciwpożarowej oraz działań z nią związanych. Norma ta określa metodyki stosowane do określenia wymagań dla badań, które powinny być prowadzone zgodnie ze wskazanymi normami. Jeśli chodzi o odporność na promieniowanie cieplne, odzież ochronna powinna być badana zgodnie z normami: PN-EN ISO 6942, ISO 17493 [7], [30].

Polska norma PN-EN ISO 6942 zawiera wymagania dotyczące oceny materiałów i zestawów materiałów poddanych działaniu promieniowania cieplnego oraz opisuje wymagane parametry aparatury badawczej [31]. W normie tej omówione są dwie metodyki badawcze, z których w jednej z metod oceniane są zmiany wyglądu próbki, a w drugiej obliczany jest procentowy wskaźnik przenikania ciepła. Wskaźnik przenikania promieniowania cieplnego (RHTI dla 24°C przy gęstości strumienia cieplnego 40 kW/m^2) powinien wynosić [7]:

- dla 1 poziomu wykonania: RHTI 24 > 10;
- dla 2 poziomu wykonania: RHTI 24 > 18.

Natomiast zgodnie z normą ISO 17493 [30] żadna z tkanin i żadne z akcesoriów zastosowanych w wyrobie odzieżowym nie powinny się zapalić, stopić ani skurczyć o więcej niż 5% w czasie badania w 180°C.

Opierając się na publikacjach związanych z badaniami odzieży ochronnej, można przytoczyć następujące stwierdzenia na temat stosowanych metod i procedur pomiarowych [8–9]:

- „Badania odzieży ochronnej zgodnie z polskimi normami wykonuje się w obecności płomienia, źródła promieniowania cieplnego i w kontakcie z ciałem o podwyższonej temperaturze. Jedynie norma amerykańska ASTM F2731 przewiduje badanie próbek (suchych i nawilżonych) pod kątem zmagazynowanego w nich ciepła podczas określonego czasu działania źródła ciepła" [28].
- „Rezultatem polskich badań normowych są wskaźniki, wyznaczane na podstawie zaabsorbowanej przez kalorymetr miedziany energii, które pozwalają porównać i uszeregować odzież ochronną, ale nie wskazują rzeczywistego czasu ochrony przed poparzeniem. Większość norm amerykańskich wykorzystuje krzywą Stolli jako kryterium wystąpienia oparzenia II stopnia. Należy zwrócić uwagę, że krzywa Stolli została opracowana dla prostokątnego impulsu cieplnego o gęstości strumienia 4,2–16,8 kW/m^2, działającego na ciało ludzkie. W rzeczywistości, gęstość strumienia ciepła przenikającego przez pakiet odzieży ochronnej nie ma takiego charakteru i krzywa Stolli nie odpowiada rzeczywistym warunkom badań. Podobnie, nie powinna być wykorzystywana przy dużych gęstościach strumieni ciepła. Ponadto metoda ta pozwala na ocenę ryzyka oparzenia II stopnia, ale nie daje informacji o możliwych poważniejszych uszkodzeniach skóry. Niektóre z norm amerykańskich wskazują na całkę Henriquesa jako właściwe kryterium oceny skuteczności badanych ochron. Badania porównawcze wskazują, że zastosowanie krzywej Stolli daje w wyniku dłuższe czasy ochrony przed oparzeniem niż w przypadku całki Henriquesa lub w ogóle nie wskazuje na ryzyko wystąpienia oparzenia. Wskazane jest zatem wykorzystanie całki Henriquesa jako narzędzia do pełnej oceny skutków działania ciepła na ciało ludzkie" [8].

Oceniane normatywne parametry użytkowe przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 1. Zestawienie badanych parametrów
Table 1. List of examined parameters

Badany parametr / Parameter	**Wartość parametru / Value**	**Metoda badania / Test method**
	Ubranie specjalne zgodne z PN-EN 469 Poziom wykonania 2 / Protective clothing in accordance with EN 469 Performance level 2	
Odporność na przenikanie ciepła od płomienia / Heat transfer – flame	HTI24 ≥ 13,0 HTI24–HTI12 ≥ 4,0	PN-EN 15025
Odporność na przenikanie ciepła od promieniowania / Heat transfer – radiation	RHTI24 ≥ 18, 0 RHTI24 – RHTI12 ≥ 4,0 gęstość promieniowania / heat flux 40 KW/m^2	PN-EN ISO 6942

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.4

Badany parametr / Parameter	Wartość parametru / Value Ubranie specjalne zgodne z PN-EN 469 Poziom wykonania 2 / Protective clothing in accordance with EN 469 Performance level 2	Metoda badania / Test method
Rozprzestrzenianie płomienia / Flame spread	wskaźnik 3 / index 3	PN-EN 15025 PN-EN 533
Wytrzymałość na rozciąganie / Tensile strength	≥ 450 N Szwy / seam ≥ 225N	PN-EN 13934-1 metoda 1/ method 1 PN-EN 13935-2
Wytrzymałość na rozerwanie / Tear resistance	≥ 25	
Odporność na ciepło / Heat resistance	brak topienia, kroplenia, kurczliwość ≤5% / no ignition, melting, shrink ≤5%	PN-EN 17493
Odporność na przesiąkanie płynnych chemikaliów / Resistance to penetration by liquid chemicals	zwilżalność ≤ 80% / index of repellency ≥ 80%	PN-EN 6530
Odporność na przesiąkanie wody / Water penetration resistance	2 ≥ 20 kPa	PN-EN 20811
Opór pary wodnej / Water vapour resistance	2 ≤ 30 m^2 Pa/W	PN-EN 31092
Widzialność / Visibility	pasy odblaskowe / retroflective material ≥0,13m^2 pasy fluoresc. / fluorescent material ≥0,20m^2	PN-EN 471
Zmiana wymiarów po praniu czyszczeniu / Dimensional change	≤ 3%	PN-EN IS0 5077-1

Źródło: Opracowanie własne na podstawie norm PN-EN z kolumny 3.
Source: Own elaboration on the basis of PN-EN standards (column 3).

Stanowiska zbudowane w ramach projektu O ROB/0011/03/01/001 umożliwiają kompleksową ocenę skuteczności odzieży ochronnej poprzez badania w zakresie:

- odporności ubrań na działanie płomienia (bezpośrednie narażenie strażaka na oddziaływanie pożaru),
- odporności ubrań na promieniowanie cieplne występujące w czasie pożaru,
- odporności ubrań na działanie elementów o znacznie podwyższonej temperaturze (np. w przypadku oparcia się strażaka o gorący element w budynku podczas pożaru).

Dodatkowo badany jest wpływ temperatury ciała i wilgotności (pocenia się) na odczuwalną temperaturę pod ubraniem i wystąpienie ewentualnych oparzeń (stopnia oparzeń i czasu, po jakim się pojawią). Zakłada się działanie na tkaniny źródłami ciepła o gęstości strumienia ciepła od niewielkich do 100 kW/m^2 (temperatura rozgorzenia pożaru). Na zbudowanych stanowiskach możliwe będą demonstracje w/w zjawisk, np. dla strażaków PSP i OSP.

Poniżej wymienione zostały szczegółowe założenia stanowisk:

1. Źródła ciepła: płomień, promiennik, gorąca płyta.
2. Zastosowanie próbek o wymiarach: 350 x 350 mm.
3. Obszar pomiarowy próbek: 300 x 300 mm.
4. Gęstości strumienia ciepła w zakresach: 20, 40, 60, 80 kW/m^2 (max. 100 kW/m^2).
5. Pomiar gęstości strumienia ciepła działającego na próbkę (czujnik walcowy chłodzony wodą).
6. Pomiar gęstości strumienia ciepła w próbce z wykorzystaniem cienkowarstwowego czujnika strumienia ciepła.
7. Pomiar rozkładu temperatur na powierzchniach (kamera termowizyjna – wyniki jakościowe) i w warstwach pakietu próbki (termopary – wyniki ilościowe).
8. Uwzględnienie elementów dodatkowych w próbkach (naszywki, emblematy).
9. Zastosowanie płyty stabilizacyjno-nawilżającej (symulacja temperatury i wilgotności ciała strażaka).
10. Badanie próbek nawilżonych przed pomiarem i nawilżanych w trakcie pomiaru (z zastosowaniem płyty stabilizująco-nawilżającej).
11. Zastosowanie całki Henriquesa (kryterium oparzenia II stopnia) do oceny ochron osobistych – z określeniem czasu wystąpienia oparzenia.
12. Badania efektów zmagazynowania ciepła w ochronach osobistych.
13. Różne warunki kondycjonowania próbek (np. 20÷35°C).
14. Możliwość wykonywania badań normowych na tych samych stanowiskach.

2. Opis stanowisk badawczych do badań ponadnormatywnych

W celu przeprowadzania badań ponadnormatywnych zaprojektowano i wykonano stanowiska badawcze, których jednym z elementów składowych jest zaprojektowany i opatentowany przez CNBOP-PIB układ do symulacji parametrów termodynamicznych panujących wewnątrz ubrania ochronnego, takich jak temperatura i wilgotność.

Do sterowania procesem badawczym i zbierania danych ma zastosowanie system akwizycji danych umożliwiający rejestrację wartości strumienia cieplnego, temperatur oraz czasu oddziaływania źródła ciepła na badane próbki, wykorzystujący pomiary oparte o elementy wykonawcze takie jak [19–20]:

- termopary do pomiaru temperatury (na powierzchni i wewnątrz próbki),
- cienkowarstwowe czujniki wielkości strumienia cieplnego,
- walcowe czujniki wielkości strumienia cieplnego,
- kamera termowizyjna (badania jakościowe).

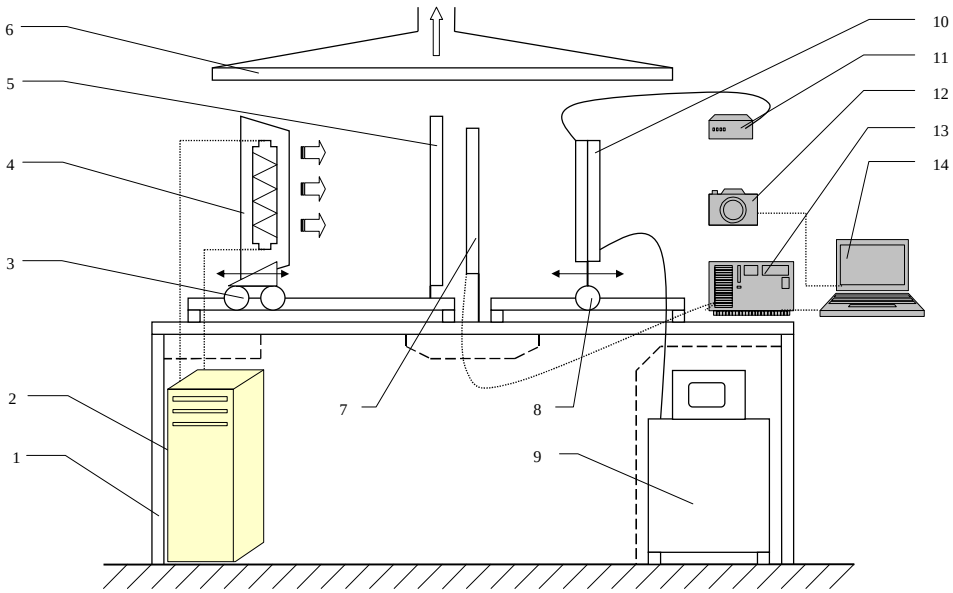
Na podstawie wcześniej wykonanych projektów i analiz, wytworzono elementy składowe stanowisk badawczych oraz zrealizowano zakupy komponentów regulacyjno-pomiarowych niezbędnych do funkcjonowania opisywanych stanowisk:

- zintegrowane stoły laboratoryjne wraz z osprzętem,
- systemy przesuwu liniowego jedno oraz dwuosiowego,
- płyty grzewcze stabilizująco-nawilżające wraz z osprzętem,
- ultratermostaty do płyt stabilizacyjnych i dla walcowych czujników strumienia ciepła,
- źródła ciepła (promiennik podczerwieni, palnik gazowy, gorąca płyta),
- sterowanie źródłem ciepła (promiennik podczerwieni, gorąca płyta),
- źródło zasilania palnika gazowego (butle gazowe wraz z osprzętem, paliwo: metan, propan techniczny),
- system akwizycji danych,
- czujniki pomiarowe (termopary, cienkowarstwowe czujniki ciepła, czujniki strumienia ciepła chłodzone woda).

2.1. Schematy stanowisk

Schematy blokowe wykonanych stanowisk badawczych oraz zdjęcia stanowisk i ich komponentów przedstawiono na rycinach 1–8.

2.1.1. Stanowisko do badania oddziaływania promieniowania cieplnego



Ryc. 1. Schemat blokowy stanowiska badawczego – oddziaływanie promieniowania cieplnego
1. konstrukcja wsporcza stanowiska, 2. zasilanie promiennika, 3. system pozycjonowania 2D promiennika, 4. promiennik podczerwieni, 5. ekran termiczny, 6. wyciąg, 7. badana próbka z zestawem czujników (termopary, czujniki strumienia ciepła), 8. system pozycjonowania 2D płyty termicznej stabilizująco-nawilżającej, 9. ultratermostat, 10. płyta termiczna stabilizująco-nawilżająca, 11. system nawilżania, 12. kamera termowizyjna, 13. przetwornik akwizycji danych, 14. system akwizycji danych [22]

Fig. 1. A block diagram of research stand – the impact of thermal radiation
1. supporting structure of stand, 2. power supply to radiation source, 3. 2D positioning of radiation system, 4. infrared radiation, 5. thermal shielding, 6. fume cupboard, 7. tested samples with set of sensors (thermocouples, heat flux sensors), 8. 2D positioning system of thermal-stabilizing-moisturizing plate, 9. ultratermostat (temperature stabilizing), 10. thermal-stabilizing-moisturizing plate, 11. moisturizing system, 12. infrared camera, 13. sensor data acquisition, 14. data acquisition system [22]

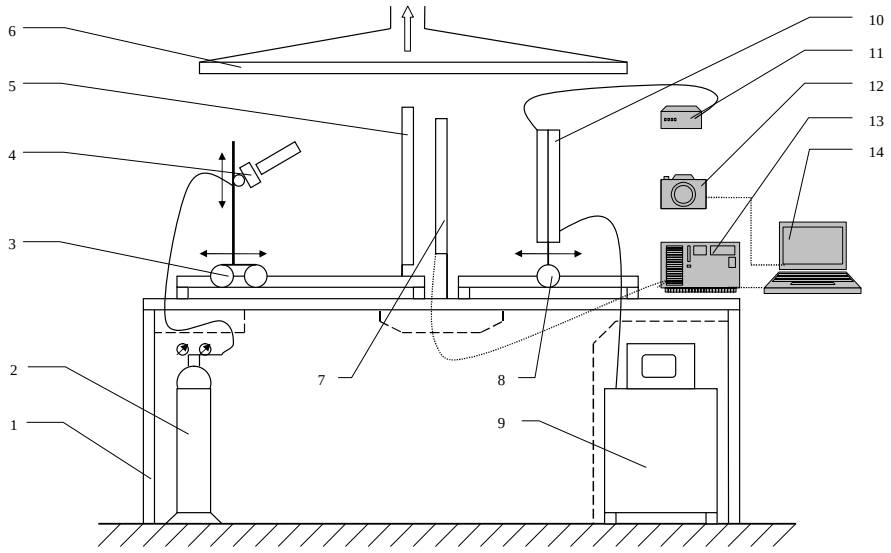
BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 43–57

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.4

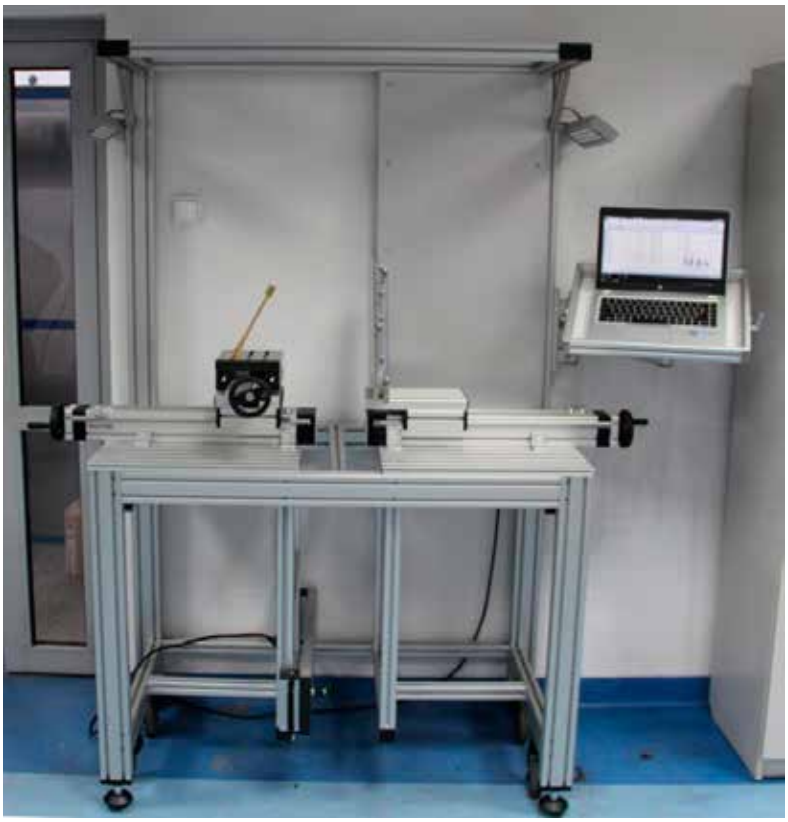
Ryc. 2. Widok stanowiska – promiennik (etap testów i modyfikacji) [22]
Fig. 2. View of research stand – radiation (test and modification stage) [22]

Ryc. 3. Widok stanowiska – promiennik (etap testów i modyfikacji) [22]
Fig. 3. View of research stand – radiation (test and modification stage) [22]

2.1.2. Stanowisko do badania oddziaływania płomienia



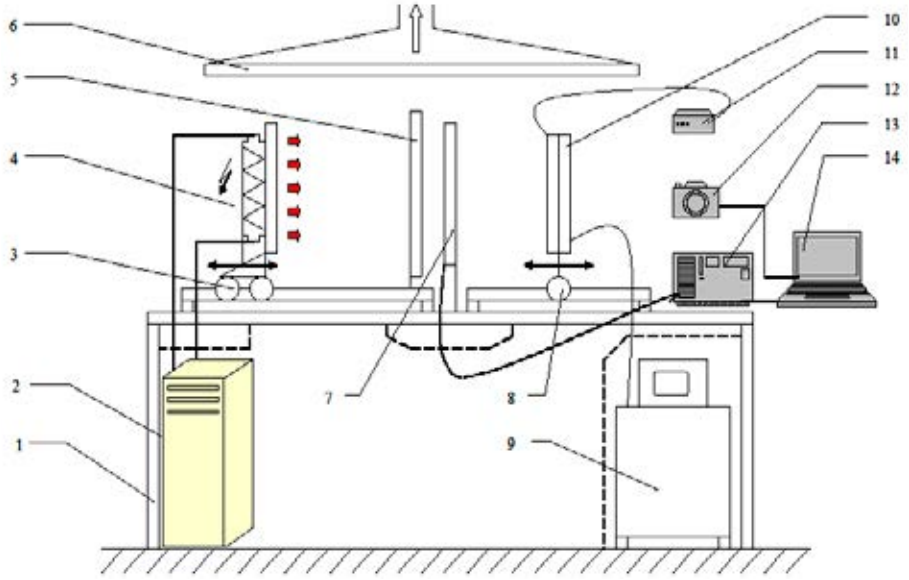
Ryc. 4. Schemat blokowy stanowiska badawczego – oddziaływanie płomienia
1. konstrukcja wsporcza stanowiska, 2. butla gazowa z reduktorem, 3. system pozycjonowania 3D palnika, 4. palnik gazowy, 5. ekran termiczny, 6. wyciąg, 7. badana próbka z zestawem czujników (termopary, czujniki strumienia ciepła), 8. system pozycjonowania 2D płyty termicznej stabilizująco-nawilżającej, 9. ultratermostat (stabilizacja temperatury), 10. płyta termiczna stabilizująco-nawilżająca, 11. system nawilżania, 12. kamera termowizyjna, 13. przetwornik akwizycji danych, 14. system akwizycji danych [21]
Fig. 4. A block diagram of the research stand – the impact of a flame
1. supporting structure of stand, 2. Gas cylinder with regulator, 3. 3D positioning system of a burner, 4. gas burner, 5. thermal shielding, 6. fume cupboard, 7. Tested samples with set of sensors (thermocouples, heat flux sensors), 8. 2D positioning system of thermal-stabilizing-moisturizing plate, 9. ultratermostat (temperature stabilizing), 10. thermal-stabilizing-moisturizing plate, 11. moisturizing system, 12. infrared camera, 13. sensor data acquisition, 14. data acquisition system [21]



Ryc. 5. Widok stanowiska badawczego – oddziaływanie płomienia (etap testów i modyfikacji) [21]
Fig. 5. View of research stand – the impact of the flame (test and modification stage) [21]

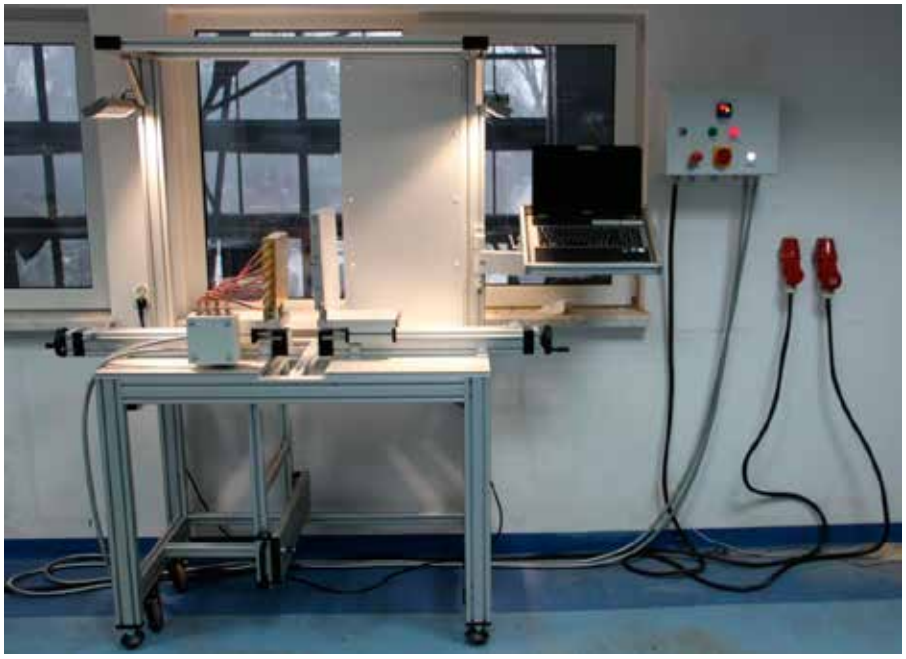
DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.4

2.1.3. Stanowisko do badania oddziaływania ciepła kontaktowego

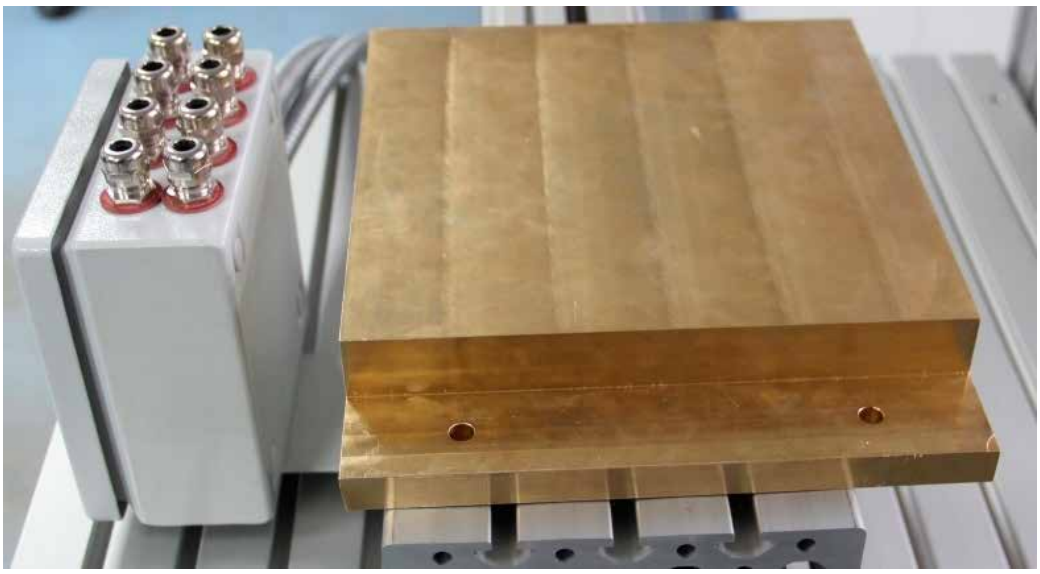


Ryc. 6. Schemat blokowy stanowiska badawczego – oddziaływanie ciepła kontaktowego
1. konstrukcja wsporcza stanowiska, 2. układ zasilania i sterowania płytą grzewczą, 3. system pozycjonowania płyty o podwyższonej temperaturze, 4. grzałki patronowe wraz z płytą, 5. ekran termiczny, 6. wyciąg, 7. badana próbka z zestawem czujników (termopary, czujniki strumienia ciepła), 8. system pozycjonowania 2D płyty termicznej stabilizująco-nawilżającej, 9. ultratermostat (stabilizacja temperatury), 10. płyta termiczna stabilizująco-nawilżająca, 11. system nawilżania, 12. kamera termowizyjna, 13. przetwornik akwizycji danych, 14. system akwizycji danych [23]

Fig. 6. A block diagram of the research stand – the impact of contact heat
1. supporting structure of stand, 2. power supply and control system of heating plate, 3. positioning system of contact heat, 4. cartridge heaters with plate, 5. thermal shielding, 6. fume cupboard, 7. tested samples with a set of sensors (thermocouples, heat flux sensors), 8. 2D positioning system of thermal-stabilizing-moisturizing plate, 9. ultratermostat (temperature stabilizing), 10. thermal-stabilizing-moisturizing plate 11. moisturizing system, 12. infrared camera, 13. sensor data acquisition, 14. data acquisition system [23]



Ryc. 7. Widok stanowiska – oddziaływanie ciepła kontaktowego (etap testów i modyfikacji [23]
Fig. 7. Image of a research stand – the impact of contact heat (test and modification stage) [23]



Ryc. 8. Widok stanowiska – gorąca płyta (etap testów i modyfikacji) [23]
Fig. 8. Image of research stand – hot plate (test and modification stage) [23]

3. Konstrukcja stanowisk badawczych

3.1. Stół bazowy

Konstrukcję stanowisk badawczych przedstawiono na przykładzie stanowiska do badań oddziaływanie płomienia (ryc. 5) [21], [22–23]. Jako podstawę stanowiska badawczego wykonano skręcany, samonośny stół bazowy z kształtowników aluminiowych o następujących parametrach:

- modułowy szybkozłączny system mocowania profili aluminiowych,
- szerokość podstawowa (płaszczyzna bazowa) 1200 mm, głębokość 600 mm,
- wysokość płaszczyzny bazowej 700 mm,
- nadstawka tylna o wysokości 1900 mm z wieńcem do zamontowania wyciągu z wentylatorem (powierzchnia wyciągu = 1200 mm x 400 mm),
- półka na regulowanym wysięgniku do mocowania części elementów pomiarowych (np. kamery termowizyjnej),

Podstawowymi elementami wyposażenia stołu bazowego są:

- system mocowania, składający się z dwóch aluminiowych płyt bazowych z systemem mocowania modułowego umożliwiających elastyczne umiejscowienie wszystkich komponentów stanowiska badawczego,
- stolik przesuwny po stronie źródła ciepła służący do pozycjonowania palnika (promiennika podczerwieni, oraz płyty o podwyższonej temperaturze kontaktowej dla pozostałych stanowisk),
- stolik przesuwny po stronie pomiarowej służący do pozycjonowania płyty termicznej,
- szyna mocująca ekran termiczny,
- szyna mocująca badaną próbkę z zestawem czujników,
- płyta termiczna stabilizująco-nawilżająca,
- kanał kablowy E 1500,
- listwa zasilająca – 5 gniazd z przewodem zasilającym, wyłącznikiem i zabezpieczeniami prądowymi (dwa komplety umiejscowione w kanałach słupków bocznych nadstawki tylnej),
- lampa maszynowa LED 30W (dwa komplety umiejscowione na bocznych, poziomych elementach wieńca stołu)
- wyciąg spalin/gorącego powietrza wraz ze zbiorczym wentylatorem wyciągowym.

3.2. Płyta termiczna stabilizująco-nawilżająca

Jako układ do symulacji parametrów termodynamicznych panujących wewnątrz ubrania ochronnego, takich jak temperatura i wilgotność, został wykonany zespół płyty termicznej stabilizująco-nawilżającej ze stopu aluminium z elementami przyłączeniowymi z mosiądzu oraz stalowymi śrubami mocującymi głowice poprzez podkładki uszczelniające (ryc. 9). Po przebadaniu prototypu wykonano niezbędne modyfikacje dotyczące elementu mocowania płyty do stolika przesuwnego, systemu doprowadzenia wody do sieci kanałów nawilżania, systemu i średnic otworów nawilżających i systemu odpowietrzeń [21], [22–23].

Urządzenie składa się z:

- płyty głównej i głowicy przyłączeniowej dla obiegu ultratermostatu i nawilżania,
- głowicy końcowej zamykającej obiegi wodne dla ultratermostatu i nawilżania,
- zespołu uszczelek głowic,
- króćców przyłączeniowych do obiegów wodnych i śrub mocujących.

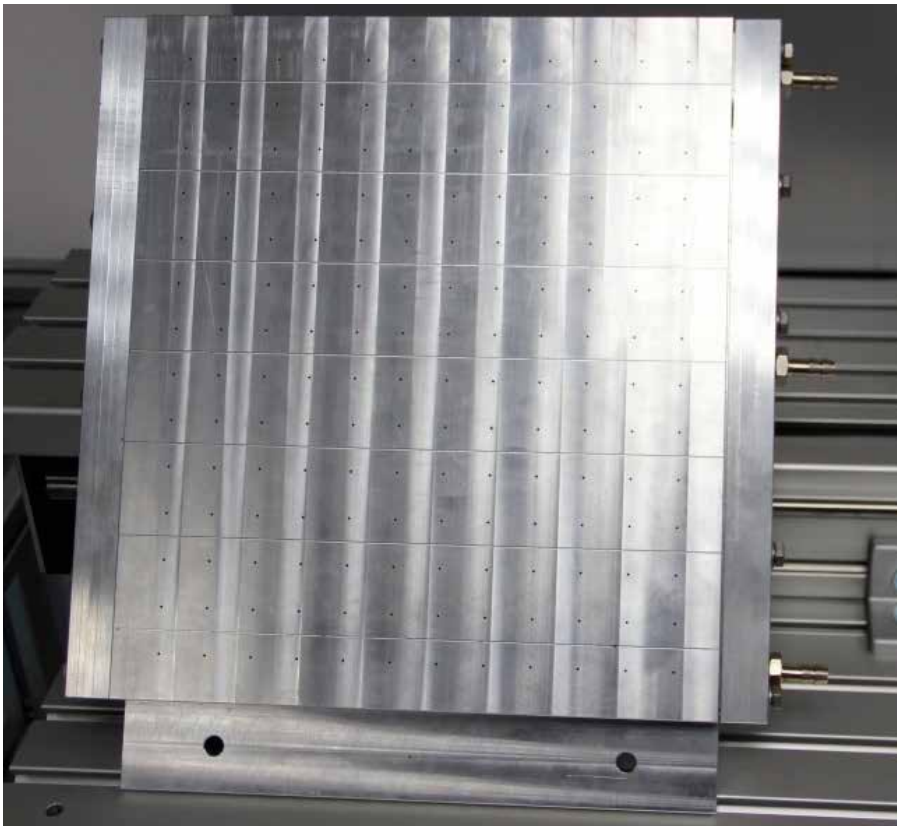
Utrzymanie temperatury powierzchni roboczej płyty głównej na poziomie 32,5°C ze stabilnością ±0,01°C zapewnia sieć kanałów zamkniętego obiegu wodnego. Stabilizacja temperatury odbywa się dzięki zastosowaniu nowoczesnego, programowanego ultratermostatu z pompą obiegową, zbiornikiem buforowym (pojemność 15 litrów) i czujnikowi temperatury (termopara typu K), który jest umieszczony na

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.4

powierzchni płyty głównej. Zakres temperaturowy pracy ultratermostatu wynosi od –30 do +200°C.

System nawilżania wykonano w oparciu o sieć kanałów półotwartego obiegu wody destylowanej. Symulacja pocenia się powierzchni ciała strażaka odbywa się poprzez sieć otworów wykonanych prostopadle do osi kanałów obiegu nawilżania na powierzchni roboczej płyty głównej. Ciecz nawilżająca jest rozprowadzona do kanałów dzięki specjalnie ukształtowanemu kanałowi w głowicy. Obieg cieczy w systemie kanałów stabilizujących temperaturę i nawilżających uzupełniony został głowicami: przyłączeniową oraz końcową zamykającą.

Temperatura panująca w trakcie badań na powierzchni roboczej płyty głównej (temperatura skóry strażaka) jest mierzona za pomocą układów termopar (typu K), umiejscowionych w sieci rowków wykonanych na powierzchni płyty głównej. W celu modelowania procesu przenikania wilgoci (pocenia się), do płyty termicznej stabilizująco-nawilżającej zastosowano pompę perystaltyczną ze sterownikiem LDS4 [21], [22–23]:



Ryc. 9. Widok płyty głównej termicznej stabilizująco-nawilżającej (etap testów i modyfikacji) [21–23]
Fig. 9. Image of the main thermal-stabilizing-moisturizing plate (test and modification stage) [21–23]

3.3. Ultratermostaty, czujniki pomiarowe, system akwizycji danych

Pozostałe urządzenia kontrolno-pomiarowe (ryc. 11–12), ze względu na ich przeznaczenie i charakterystykę użytkowania, zostały umiejscowione odpowiednio do potrzeb stanowiska [21], [22–23]:

- ultratermostat, w przestrzeni obok stanowiska badawczego,
- termopary typu K – NiCr(+), NiAl(–) o średnicy 0,5 mm, cienkowarstwowe czujniki gęstości strumienia ciepła oraz walcowe czujniki strumienia ciepła – bezpośrednio w obszarze pomiarowym (wewnątrz i na powierzchni badanego pakietu materiałowego na powierzchni roboczej płyty stabilizującej itp.).

Przetworniki pomiarowe i wielokanałowy system akwizycji danych zostały umiejscowione poza przestrzenią roboczą stanowiska badawczego ze względu na możliwość wystąpienia podwyższonych temperatur, które mogą być wynikiem przeprowadzanego eksperymentu, oraz w celu wyeliminowania ewentualnych zakłóceń elektromagnetycznych powodowanych sterowaniem promiennikiem-podczerwieni. W razie konieczności możliwe jest zastosowanie dodatkowego ekranowania toru pomiarowego. Do rejestracji pomiarów wykorzystana została kamera termowizyjna typu T650SC, o zakresie spektralnym: 7.5 do 13 μm pozwalająca na pomiar temperatur od –40°C do +2000°C w trzech podzakresach. Kamera ta wyposażona jest w trzy obiektywy z polem widzenia 25°, 45°, 15°, obiektyw Close-Up 2,9–50 μm oraz obiektyw mikroskopowy o rozdz. przestrzennej 50 μm/piel.

Ryc. 11. Urządzenia kontrolno-pomiarowe do stanowiska badawczego (ultratermostat AP15R-30) [17]
Fig. 11. Control-measuring devices for a testing stand (ultratermostat AP15R-30) [17]

Ryc. 12. Urządzenia kontrolno-pomiarowe do stanowiska badawczego [19–20]
Fig. 12. Control-measuring devices for a testing stand [19–20]

3.4. Źródło ciepła – promiennik podczerwieni wraz ze sterowaniem

Jako źródło ciepła wybrano promiennik podczerwieni o następujących parametrach i charakterystykach [15, Elstein–Werk M.Steinmetz GmbH & Co. KG]:

- zasilanie 240V AC/50 Hz,
- płynna regulacja temperatury/wydajności z kontrolą temperatury poprzez zastosowanie zintegrowanej termopary typu K (NiCr–Ni),
- maksymalna temperatura 900°C,
- strumień ciepła 76,8 kW/m^2,
- zakres emisji podczerwieni 2–10 µm.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.4

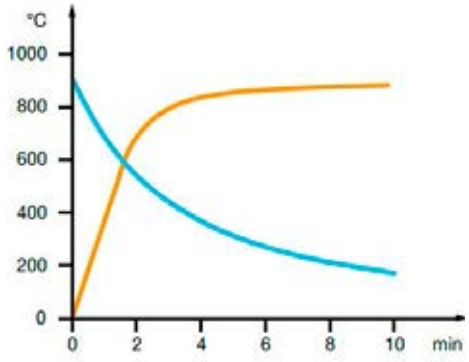


Fig. 45: Radiator temperatures
Heating-up: red curve
Cooling-down: blue curve

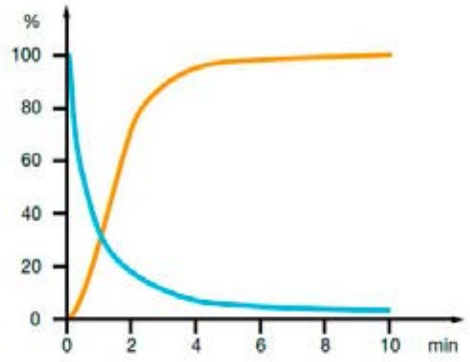


Fig. 46: Radiant powers
Heating-up: red curve
Cooling-down: blue curve

Ryc. 13. Charakterystyki ceramicznego promiennika podczerwieni [wg. Elstein–Werk M.Steinmetz GmbH & Co. KG]
Fig. 13. Characteristics of ceramic infrared radiator [Elstein–Werk M.Steinmetz GmbH & Co. KG]

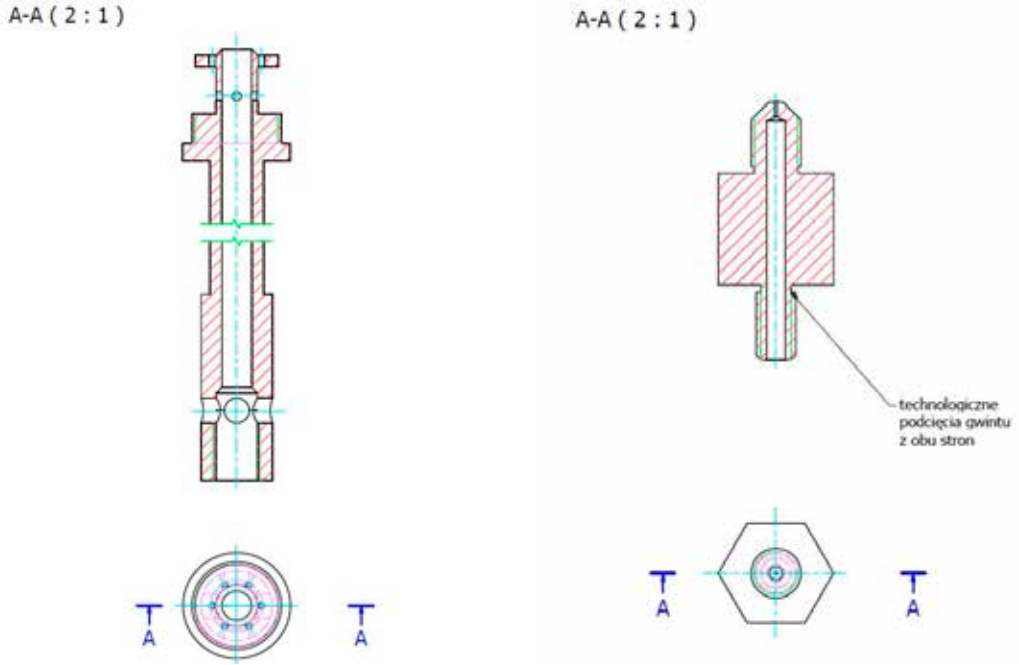
W celu realizacji zmiennego obciążenia cieplnego próbek (w zależności od wymagań) zastosowano dwa zestawy promienników podczerwieni, każdy z osobnym sterowaniem wg poniższej konfiguracji:

- promiennik podczerwieni EBF/25 (T-SHTS/1) 1 kpl.,
- promiennik podczerwieni EBF/100 (2xSHTS/1 + 1xT--SHTS/1) 1 kpl.,
- regulator temperatury ESM4420 2 kpl.,
- przewód GLS-Ni-2,5,
- przewód + termopara.

3.5. Źródła ciepła zastosowane w pozostałych stanowiskach – palnik gazowy

W pozostałych stanowiskach jako źródło ciepła wybrano palnik kinetyczno-dyfuzyjny (ryc. 14) o następujących parametrach technicznych [10]:

- paliwo gazowe: metan, propan techniczny,
- regulacja wysokości płomienia poprzez zastosowanie reduktora oraz dodatkowego zaworu kulowego,
- konstrukcja umożliwiająca pionowe przemieszczanie się palnika, co umożliwi oddziaływanie płomienia zarówno na górną, jak i na dolną część badanej próbki,
- konstrukcja umożliwiającą pozycjonowanie palnika w różnych odległościach od próbki,
- konstrukcja palnika umożliwia odchylanie go od pionu.

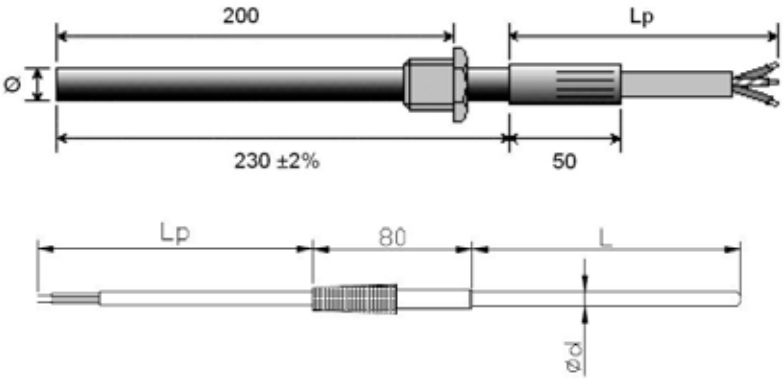


Ryc. 14. Rysunek palnika kinetyczno-dyfuzyjnego [10]
Fig. 14. Drawing of kinetic-diffusion burner [10]

3.6. Źródła ciepła zastosowane w pozostałych stanowiskach – płyta grzewcza o podwyższonej temperaturze (ciepło kontaktowe)

Innym źródłem ciepła, które znalazło zastosowanie w pozostałych stanowiskach, są patronowe elementy grzejne (grzałki patronowe) umieszczone w płycie korpusu z mosiądzu. Do parametrów i charakterystyk tych urządzeń (ryc. 15) zaliczają się:

- płynna regulacja temperatury/wydajności z kontrolą temperatury poprzez zastosowanie zintegrowanej termopary typu K (NiCr–Ni),
- maksymalna temperatura ok. 870°C (mierzona przy płaszczu grzałki),
- patronowy element grzejny GPF Fi 8 mm x 230 mm, 240V, 800W,
- czujnik temperatury płyty: Typ PU Termopara K (NiCr-NiAl).



Ryc. 15. Grzałki patronowe (u góry), czujnik temperatury płyty (na dole) [17]
Fig. 15. Cartridge heaters (upper part), plate temperature sensor (the lower part) [17]

4. Podsumowanie

1. Przedstawione zmodyfikowane wymagania dotyczące stanowisk do badań odporności środków ochrony indywidualnej (ubrań specjalnych) na działanie czynników zewnętrznych takich jak: promieniowanie cieplne, płomień i kontakt z ciałami stałymi o znacznie podwyższonej temperaturze kontaktowej pozwalają na opracowanie optymalnych stanowisk badawczo-pomiarowych.
2. Stanowiska te umożliwią badanie próbek odzieży z uwzględnieniem wszystkich warstw materiałów oraz różnych zgrubień fabrycznych, tj. naszywek, wcięć, szwów, wkładek, kieszeni itp.
3. Opisane stanowiska pozwalają na ocenę próbek odzieży ochronnej w sposób innowacyjny względem istniejących standardów z możliwością (po niewielkich modyfikacjach) przeprowadzania badań normatywnych.
4. Możliwa będzie analiza ciepła zgromadzonego w warstwach odzieży po ekspozycji zewnętrznych źródeł ciepła oraz przewidywanie oparzeń, do jakich może dojść podczas ekspozycji, a co za tym idzie, zapobieganie zagrożeniom zdrowia i życia ratownika dzięki zastosowaniu lepszych i nowoczesnych materiałów na ubrania ochronne.
5. Metody opisane w standardach różnią się nie tylko pod kątem zastosowanej w nich aparatury, ale również wielkościami próbek, liczbą warstw próbki, kątem oddziaływania strumienia ciepła na badaną próbkę oraz zastosowanymi paliwami do zasilenia palników gazowych.
6. Wyniki badań uzyskanych przy realizacji projektu nr O ROB/0011/03/01/001 „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badania ochron osobistych" pozwolą na zaproponowanie nowych, w pełni uzasadnionych naukowo metodyk badawczych i wymagań stawianych środkom ochrony indywidualnej.

Artykuł został opracowany w ramach projektu pt. „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badania ochron osobistych" finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (nr O ROB/0011/03/01/001).

5. Terminy i definicje

promieniowanie cieplne (podczerwone) – jest to promieniowanie wysyłane przez każde ciało w temperaturze wyższej od zera bezwzględnego, źródłem promieniowania jest ładunek elektryczny [7]. Promieniowanie to jest falą elektromagnetyczną o określonym widmie częstotliwości, które znajduje się w równowadze termodynamicznej z otoczeniem o ustalonej temperaturze T [2]. Zakres energii E promieniowania cieplnego mieści się w przedziale: $1meV \leq E \leq 1eV$, natomiast długość fali promieniowania cieplnego zawiera się w zakresie: $10^{-6}\ m \leq \lambda \leq 10^{-3}\ m$ [3].

płomień – efekt redukcji spalania gazu W zjawisku tym zostały wyróżnione następujące strefy: rozkładu, powstania sadzy, spalania wytrąconej sadzy oraz spalania gazu. W zależności od rodzaju spalania wyróżnia się następujące rodzaje płomienia: płomień kinetyczny oraz płomień dyfuzyjny [10–11].

termopara – jeden z najbardziej popularnych rodzajów detektorów termicznych, zbudowany z dwóch różnych spojonych ze sobą metali. Siła termoelektryczna termopary zależy od rodzaju zastosowanych metali, obecności zanieczyszczeń i domieszek w materiale, metody wytwarzania termopary i stosowanych obróbek [3], [7], [9]. Zasada działania termopary opiera się na zjawisku Seebecka, które polega na tym, że styk pomiędzy dwoma metalami generuje napięcie będące funkcją temperatury [4], [7], [10].

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.4

termopara typu K – standard przemysłowy dla temperatur od –200°C do 1200°C. Termopary typu K mogą korodować w środowiskach odtłuszczanych chemicznie [4].

ultratermostat – jest to urządzenie składające się z naczynia wypełnionego wodą lub wodą z olejem, zaopatrzonego w grzałkę oraz układ sterujący. Ultratermostat służy do otrzymywania i utrzymywania temperatury wewnątrz. Aby ustawić wymaganą temperaturę, używane są termometry kontaktowe napełnione rtęcią [5], [10].

termowizja – metoda pomiaru natężenia promieniowana podczerwonego w zakresie 3–5 µm (SWIR – termowizja krótkofalowa) lub 8–12 µm (LWIR – termowizja długofalowa), w sposób bezstykowy i nieinwazyjny za pomocą kamery termowizyjnej. Promieniowanie zależy od temperatury badanego obiektu, co oznacza, że w sposób pośredni termowizja może być wykorzystywana do oceny stanu cieplnego badanej struktury, w tym do określenia wartości temperatury [6], [7], [10].

cienkowarstwowe czujniki gęstości strumienia ciepła – wykonane zazwyczaj z kompozytu ceramiczno-polimerowego, tego typu czujniki mają czułość 50 µV/Wm^2 [7], [10].

walcowe czujniki strumienia ciepła (czujniki Schmidta-Boeltera) – czujniki służące do pomiaru dużych gęstości strumieni ciepła. Składają się one z cienkowarstwowej płytki wykonanej z materiału o niskim współczynniku przewodzenia ciepła umieszczonej bloku chłodnicy (najczęściej miedzianym). Pomiar za pomocą tego typu czujnika polega na pomiarze różnicy temperatur na skrajnych ściankach warstwy izolacyjnej przez którą przewodzone jest ciepło [7], [10].

całka Henriquesa – pozwala na obliczenie stopnia poparzeń ludzkiej skóry w wyniku oddziaływania strumienia cieplnego [7], [8], [10].

$$\Omega = \int Pe^{-\frac{\Delta E}{RT}} dt$$

Ω – parametr określający stopień oparzeń,
t – czas oddziaływania oraz gromadzenia danych [s],
P – współczynnik zależny od głębokości i temperatury [1/s],
ΔE – energia aktywacji [J/kmol],
R – stała gazowa [J/kmol · K],
T – temperatura na zadanej głębokości wewnątrz skóry [K].

Literatura

[1] Czopek K., Zazulak M., *Notatki w Internecie. Wstęp do fizyki atomowej w teorii kwantowej*, [dok. elektr.], http://oen.dydaktyka.agh.edu.pl/dydaktyka/fizyka/c_fizyka_at_i_kw/ [dostęp: 01.2015].

[2] Kryszewski S., *Mechanika kwantowa. Skrypt dla studentów III-ego roku fizyki*, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2002–2010.

[3] Grygiel P., Sodolski H.: *Laboratorium konwersji energii*, Politechnika Gdańska, Gdańsk 2006.

[4] Stanisz S., *Termopary bez tajemnic – cz. 1*, „Pod kontrolą. Automatyka i pomiary" Issue 3, 2009.

[5] Gutkowski A., *Laboratorium z termodynamiki i fizyki II. Pomiar temperatury*, Skrypt PŁ, Łódź 2010.

[6] Gustavsson R., *Thermography a practical approach*, NORBO KraftTeknik AB 2009, ISBN 978-91-974844-3-5.

[7] Stegienko K., Trzeciak A., *Opracowanie koncepcji stanowiska do badania próbek poddanych oddziaływaniu promieniowania cieplnego*, Sprawozdanie z projektu Nr O ROB/0011/03/01/001 „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych".

[8] Wiśniewski T., Furmański P., Łapka P., *Problemy związane z oceną ochron osobistych poddanych obciążeniu cieplnemu,* [w:] *Problemy Monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia w Straży Pożarnej,* J. Roguski (red.), CNBOP-PIB, Józefów 2015, 85–106.

[9] Roguski J. (red.), *Problemy monitoringu eksploatacji sprzętu i wyposażenia w Straży Pożarnej*, CNBOP-PIB, Józefów 2015, 174.

[10] *Wyznaczanie rozkładu temperatur w gazowym płomieniu kinetycznym i dyfuzyjnym*, [dok. elektr.], http://www.piece.wip.pcz.pl/laboratoria/instrukcje.cwiczen/wyznaczanie_rozkladu_temperatur_w_gazowym_plomieniu_kinetycznym_i_dyfuzyjnym_wizualizacja_strugi_gazowej_za_pomoca_aparatu_smugowego.pdf, [dostęp: 01–02.2015].

[11] Kubis D., Błogowski M., *Opracowanie koncepcji stanowiska do badania próbek poddanych oddziaływaniu płomienia*, Sprawozdanie z projektu Nr O ROB/0011/03/01/001 „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych", 11.2013 – 01.2014 r.

[12] Gieras M., *Opracowanie konstrukcji palnika oraz układu zasilania do stanowiska do badania próbek poddanych oddziaływaniu płomienia*, MEiL, ITC PW, lipiec 2014.

[13] ASTM F 1060 – 01 Standard Test Method for Thermal Protective Performance of Materials for Protective Clothing for Hot Surface Contact.

[14] Randall Lawson J., Twilley W. H.,. Malley K. S, *Development of a Dynamic Compression Test Apparatus for Measuring Thermal Performance of Fire Fighters' Protective Clothing*, NISTIR 6502.

[15] Lawson' J. Randall and. Vettori Robert L., Thermal Measurements for fire fighters' protective clothing.

[16] PN-EN 702, Odzież ochronna – Ochrona przed gorącem i płomieniem – Metoda badania: Wyznaczanie przenikania ciepła kontaktowego przez odzież ochronną lub materiały na nią przeznaczone, marzec 2002.

[17] Oficjalna strona internetowa producenta elementów grzejnych Selfa, http://www.selfa.pl/katalog/kategoria/patronowe/50 [dostęp: 02.2014–05.2015].

[18] Oficjalna strona internetowa firmy item, www.item24.pl [dostęp: 02.2014–05.2015].

[19] Oficjalna strona internetowa firmy PolyScience, www.polyscience.com [dostęp: 02.2014–05.2015].

[20] Oficjalna strona internetowa firmy OMEGA ,www.omega.com [dostęp: 02.2014–05.2015].

[21] Kubis D., *Weryfikacja poprawności wykonania i prawidłowości założeń konstrukcyjnych, ewentualne poprawki i modyfikacje układów, stanowiska do badania próbek poddanych oddziaływaniu płomienia,* Sprawozdanie z projektu Nr O ROB/0011/03/01/001 „Opracowanie

innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych". 11.2014–01.2015 r.

[22] Błogowski M., Pogorzelski I., *Weryfikacja poprawności wykonania i prawidłowości założeń konstrukcyjnych, ewentualne poprawki i modyfikacje układów, stanowiska do badania próbek poddanych oddziaływaniu promieniowania cieplnego*, Sprawozdanie z projektu Nr OROB/0011/03/01/001 „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych", 11.2014–01.2015 r.

[23] Roguski J., *Weryfikacja poprawności wykonania i prawidłowości założeń konstrukcyjnych, ewentualne poprawki i modyfikacje układów, stanowiska do badania próbek będących w kontakcie z ciałami o podwyższonej temperaturze*, Sprawozdanie z projektu Nr O ROB/0011/03/01/001 „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych" 11.2014–01.2015 r.

[24] ASTM F2700, Standard Test Method for Unsteady-State Heat Transfer Evaluation of Flame Resistant Materials for Clothing with Continuous Heating.

[25] NFPA 1971: Standard on Protective Ensembles for Structural Fire Fighting and Proximity Fire Fighting.

[26] ASTM F2702, Standard Test Method for Radiant Heat Performance of Flame Resistant Clothing Materials with Burn Injury Prediction.

[27] NFPA 1977: Standard on Protective Clothing and Equipment for Wildland Fire Fighting.

[28] ASTM F2731 – 11 Standard Test Method for Measuring the Transmitted and Stored Energy of Firefighter Protective Clothing Systems.

[29] PN-EN 469:2014-11 Odzież ochronna dla strażaków – Wymagania użytkowe dotyczące odzieży ochronnej przeznaczonej do akcji przeciwpożarowej.

[30] ISO 17493 Clothing and equipment for protection against heat – Test method for convective heat resistance using a hot air circulating oven.

[31] PN-EN ISO 6942:2005 Odzież ochronna – Ochrona przed gorącem i ogniem – Metoda badania: Ocena materiałów i zestawów materiałów poddanych działaniu promieniowania cieplnego.

* * *

dr inż. Jacek Roguski – adiunkt w Zespole Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Pożarowych CNBOP-PIB. Zajmuje się naukowo i praktycznie aspektami związanymi z zagadnieniami ochron osobistych, instalacji gaśniczych oraz problemami eksploatacji urządzeń technicznych. Jest autorem i współautorem szeregu artykułów i monografii oraz wystąpień na konferencjach krajowych i zagranicznych.

mgr inż. Maciej Błogowski – zastępca kierownika w Zespole Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Pożarowych CNBOP-PIB.

inż. Daria Kubis – młodszy specjalista w Zespole Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Pożarowych CNBOP-PIB.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.5

mgr inż. **Urszula Garlińska**[1]
mgr inż. **Paweł Michalak**[1]
mgr inż. **Tomasz Popielarczyk**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 10.02.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 28.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Szacowanie możliwości utraty nośności konstrukcji budowlanej w warunkach pożaru[2]

Assessment of the Potential Loss of a Building Load Bearing Capacity as a Consequence of a Fire

Оценка вероятности потери грузоподъёмности строительной конструкции в условиях пожара

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest przedstawienie modelu szacującego możliwość utraty nośności przez konstrukcję budowlaną na skutek pożaru.
Metody: Model szacujący możliwość utraty nośności przez konstrukcję budowlaną na skutek pożaru jest częścią narzędzia inżynierskiego, które służy do wspomagania decyzji i jest przeznaczone dla dowódców podczas działań ratowniczo-gaśniczych jednostek Państwowej Straży Pożarnej w obiektach budowlanych. Mała ilość badań pożarowych obiektów budowlanych przeprowadzanych w dużej skali oraz niewiele przypadków zawalenia się konstrukcji w pożarach rzeczywistych uniemożliwia wykorzystanie doświadczeń w tym zakresie dla projektowanego modelu. Stąd też na potrzeby opracowania modelu dokonano analizy aktów prawnych, w których zawarte są szczegółowe wymagania dotyczące nośności. Wytypowano również subiektywne symptomy utraty nośności oceniane przez dowódcę akcji ratowniczo-gaśniczej. W dalszym etapie prac nad modelem należy przeprowadzić wywiady i ankiety wśród dowódców, którzy posiadają odpowiednie doświadczenie i mogą określić pewne oznaki, które towarzyszą zawaleniu się konstrukcji budowlanej podczas pożaru.
Wyniki: Opracowano model szacujący możliwość utraty nośności przez konstrukcję budowlaną na skutek pożaru, który obejmuje budynki charakteryzowane kategorią zagrożenia ludzi (ZL), produkcyjne i magazynowe (PM) oraz obiekty budowlane, dla których nie określono wymagań prawnych w zakresie wytrzymałości konstrukcji lub zostały one zniesione przed 1994 r. Po przeprowadzeniu analizy literaturowej, na obecnym etapie prac, wytypowano 6 głównych oznak utraty nośności przez konstrukcję budowlaną na skutek pożaru, których ocena możliwa jest przy odpowiednio przeprowadzonym rozpoznaniu podczas akcji ratowniczo-gaśniczej. Przeprowadzenie wywiadów i ankiet umożliwi porównanie wytypowanych oznak utraty nośności z rzeczywistymi symptomami określonymi przez dowódców.
Wnioski: Zaproponowany model może stanowić ważną pomoc dla dowódców podczas akcji ratowniczo-gaśniczych. Niezbędne jest jednak wykorzystanie doświadczenia dowódców z wieloletnim stażem, do optymalnego określania ryzyka utraty nośności konstrukcji.

Słowa kluczowe: utrata nośności konstrukcji budowlanej, wspieranie decyzji dowódcy, działania ratowniczo-gaśnicze, bezpieczeństwo pożarowe
Typ artykułu: doniesienie wstępne

ABSTRACT

Aim: The purpose of this article is to present a model to predict the potential loss of a building load bearing capacity as a consequence of a fire.
Methods: The proposed model is part of an engineer's toolbox, used for decision making purposes and intended for use by commanders of the Polish State Fire Service (PSFS) during firefighting and rescue operations in buildings. There is a limited number of full scale studies performed on buildings exposed to fire activity and infrequent incidents involving the collapse of buildings as a result of fires, making it difficult to harness practical experience in this area for the development of a model. For this reason the model is based on an analysis of national statutes, which contain specific requirements appertaining to load bearing capacities. The authors also utilized subjective assessments of deterioration to the building construction load bearing capacity, provided by commanders responsible for fire-rescue operations.

[1] Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy; / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland; tpopielarczyk@cnbop.pl;
[2] Autorzy wnieśli jednakowy wkład merytoryczny w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.5

In the subsequent phase of model development, it is appropriate to conduct interviews and questionnaires among commanders, who have appropriate experience and can identify certain signs, which accompany the collapse of building structures during fire incidents.
Results: A model was designed, to determine the potential loss of a building's load-carrying capacity under fire conditions. The model covers three types of the buildings: one where a hazard to humans is created (ZL), the second incorporates buildings used for production and storage (PM) and third concerns other buildings, for which there are no statutory requirements for structural strength or buildings built before 1994. After an analysis of literature, the authors selected 6 key indicators, which point to a potential loss of load bearing capacity during fire incidents. An evaluation of these indicators is possible by Commanders during fire incident operations. Interviews and questionnaires will provide information for comparison between selected indicators and actual symptoms identified by commanders.
Conclusions: The proposed model enables the assessment of the potential loss of a building load bearing capacity under fire conditions and can provide important support for commanders during fire and rescue operations. However, it is necessary to use the experience of commanders, to optimise decisions about any deterioration to building load bearing capacity during fire incidents.

Keywords: loss of the building load carrying capacity, support the commander's decision, fire and rescue operations, fire safety
Type of article: short scientific report

АННОТАЦИЯ

Цель: Цель данной статьи заключается в представлении модели, которая позволяет оценить вероятность потери грузоподъёмности строительной конструкции в результате пожара.
Методы: Модель, которая оценивает вероятность потери грузоподъёмности строительной конструкции в результате пожара, является элементом инженерного метода, который используется для поддержки решений и предназначен для руководителей спасательно-гасящих действий подразделений Государственной Пожарной Службой Польши, проводимых на строительных объектах. Небольшое количество полномасштабных исследований пожаров строительных объектов и небольшое число случаев полного разрушения зданий при реальных пожарах делает невозможным использование практического опыта в этой области для предложенной модели. Поэтому с этой целью был совершен анализ правовых актов, в которых содержатся подробные требования относительно грузоподъёмности. Были выбраны также субъективные признаки потери грузоподъёмности, оцениваемые руководителями спасательно-гасящих действий. На следующем этапе работ над моделью следует провести интервью и опросы среди руководителей спасательно-гасящих действий, у которых есть соответственный опыт и которые могут указать некоторые признаки, сопровождающие разрушение строительной конструкции во время пожара.
Результаты: Была разработана модель, которая оценивает вероятность потери грузоподъёмности строительной конструкции в результате пожара, охватывающего здания категории ZL, которые представляют угрозу для людей, производственные здания и склады (PM), а также строительные объекты, для которых не определены правовые требования относительно их грузоподъёмности или они были отклонены до 1994 года. После проведения анализа литературы на данном этапе работ выбраны 6 главных симптомов потери грузоподъёмности строительной конструкции в результате пожара, оценка которых возможна только при соответственно проведённом распознавании во время спасательно-гасящих действий. Интервью и опросы позволят сравнить выбранные симптомы потери грузоподъёмности с реальными симптомами, определенными руководителями действий.
Выводы: Предложенная модель может помочь руководителям спасательно-гасящих действий. Для оптимального определения риска потери грузоподъёмности необходимо, однако, использовать также опыт руководителей действий с многолетним стажем.

Ключевые слова: потеря грузоподъёмности строительной конструкции, поддержка принятия решений руководителем, спасательно-гасящие действия, пожарная безопасность
Вид статьи: предварительный отчёт

1. Wprowadzenie

Kierowanie akcją gaśniczą jest procesem złożonym obejmującym zarówno planowanie, jak i organizowanie, nadzorowanie i koordynowanie działań. Aby osiągnąć pożądane rezultaty, dowódca akcji ratowniczo-gaśniczej powinien mieć na uwadze wiele różnorodnych czynników oraz posiadać umiejętność przewidywania ich zmienności oraz ryzyka dla skutków ich wystąpienia. Z uwagi na wysokie prawdopodobieństwo znacznych strat oraz konieczność przeprowadzenia szybkich działań, za szczególnie problematyczne uważa się dowodzenie akcją ratowniczo-gaśniczą w obiektach budowlanych.

Budynki wraz z zainstalowanymi urządzeniami powinny być zaprojektowane i wykonane w sposób zapewniający w razie pożaru m.in. zachowanie nośności konstrukcji minimum przez czas wynikający z rozporządzenia Ministra Infrastruktury [1] lub poprzedzającego go rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa [2]. W niniejszym artykule przedstawiono koncepcję modelu szacowania możliwości utraty nośności przez konstrukcję budowlaną na skutek pożaru. Omówiony model uwzględnia wymagania krajowych przepisów w zakresie ochrony przeciwpożarowej obiektów budowlanych oraz ocenę subiektywnych symptomów świadczących o możliwości utraty nośności przez konstrukcję budowlaną. Jako końcowa zostaje zwrócona, w pięciostopniowej skali, wartość określająca prawdopodobieństwo utraty przez konstrukcję nośności w warunkach pożaru. W kolejnym etapie badań planuje się określenie subiektywnych oznak wraz z przypisaniem im wag do szacowania końcowej wartości ryzyka.

2. Metody

Zespół autorów zaproponował model szacujący możliwość utraty nośności przez konstrukcję budowlaną na skutek pożaru, który spełnia wyznaczone kryteria. Nośność, czyli „zdolność do przejęcia określonych oddziaływań" [3], odniesiono do całej konstrukcji budowlanej. Poszczególne elementy konstrukcji mogą przenosić pomiędzy sobą obciążenia, w sytuacji, gdy jeden element utraci nośność, jego funkcje mogą przejąć sąsiednie elementy, dzięki czemu

cała konstrukcja zachowuje właściwości nośne. Przyjęto, że właściwości nośne związane są z obciążeniami normalnymi, a nie funkcjonalnymi (trudnymi do przewidzenia w trakcie prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych), oraz należy je odnosić do całej konstrukcji budowlanej, a nie jej poszczególnych elementów. W związku z tym, przyjętą utratę nośności konstrukcji budowlanej należy traktować jako zawalenie obiektu budowlanego, a co za tym idzie zaproponowanej koncepcji modelu nie można odnosić do oceny popożarowej obiektu budowlanego.

3. Wyniki

Z uwagi na niewielką ilość badań pożarowych obiektów budowlanych przeprowadzanych w dużej skali oraz brak wyczerpujących danych dotyczących zawalenia się konstrukcji w sytuacji pożarowej, w pierwszej kolejności przeanalizowano wymagania prawne stawiane obiektom budowlanym w zakresie ochrony przeciwpożarowej. Proponowaną koncepcję oparto na wymaganiach prawnych stawianych obiektom budowlanym oraz subiektywnej ocenie symptomów dokonywanej przez dowódcę akcji ratowniczo-gaśniczej. Podstawowym dokumentem regulującym krajowe wymagania dotyczące odporności pożarowej konstrukcji nośnej obiektów pożarowych jest wprowadzone w 2002 roku Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie [1], które zastąpiło obowiązujące wcześniej Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa [2]. W wyżej wymienionych dokumentach zostały wskazane wymagane klasy odporności ogniowej (i przypisane im minimalne czasy) dla konstrukcji nośnej obiektów budowlanych w zależności od ich przeznaczenia, wysokości i (w przypadku obiektów przemysłowych i magazynowych) maksymalnej gęstości obciążenia ogniowego strefy pożarowej. W oparciu o nie zostaje wyznaczony projektowy czas wytrzymałości konstrukcji nośnej. Zwraca się szczególną uwagę na to, iż oceny zgodności elementów konstrukcji z wymaganiami (w szczególności w zakresie kryterium nośności – R) można dokonać na kilka sposobów, jak również, że zgodnie z obowiązującym prawem warunki uznaje się za spełnione, jeżeli konstrukcja ta odpowiada polskim normom dotyczącym projektowania i obliczania konstrukcji [4].

Diagram czynności realizowanych przez model zobrazowano na rycinie 1.

Ryc. 1. Diagram czynności modelu szacującego możliwość utraty nośności przez konstrukcję budowlaną na skutek pożaru
Źródło: Opracowanie własne.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.5

Fig. 1. Activity diagram for modelling of the possible loss of building's load-carrying capacity during a fire
Source: Own elaboration.

3.1. Obiekty magazynowe i przemysłowe

Dla obiektów magazynowych i przemysłowych (budynki klasyfikowane jako PM) wymagania odnośnie minimalnych czasów odporności ogniowej konstrukcji nośnej nie zmieniły się wraz ze zmianą przepisów, a ich wartości zostały przedstawione w tabeli 1. Zmiany nie zaszły również w nazewnictwie wysokości budynków, zgodnie z którym wyróżnia się: budynki niskie (do 12 m włącznie nad poziomem terenu lub mieszkalne o wysokości do 4 kondygnacji nadziemnych włącznie), średniowysokie (ponad 12 m do 25 m włącznie nad poziomem terenu lub mieszkalne o wysokości ponad 4 do 9 kondygnacji nadziemnych włącznie), wysokie (ponad 25 m do 55 m włącznie nad poziomem terenu lub mieszkalne o wysokości ponad 9 do 18 kondygnacji nadziemnych włącznie) i wysokościowe (powyżej 55 m nad poziomem terenu).

Tabela 1. Wymagane minimalne czasy wytrzymałości konstrukcji nośnej dla budynków kategorii PM [min]
Table 1. Required minimum time of structural strength for the production and storage buildings PM [min]

Maksymalna gęstość obciążenia ogniowego strefy pożarowej w budynku Q [MJ/m²] / Maximum fire load density of fire zone in the building Q [MJ/m²]	**Budynek o jednej kondygnacji nadziemnej (bez ograniczenia wysokości) / Single storey building (no height limit)**	**Budynek wielokondygnacyjny / Multi-storey building**			
		Niski / Low-rise (N)	Średniowysoki / Mid-rise (SW)	Wysoki / High-rise (W)	Wysokościowy/ Skyscraper (WW)
Q ≤ 500	Brak wymagań / No requirements	30	60	120	120
500<Q≤1000	30	30	60	120	120
1000 <Q≤ 2000	60	60	60	120	120
2000 <Q≤ 4000	120	120	120		
Q > 4000	140	240	240		

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [1–2].
Source: Own elaboration based on [1–2].

3.2. Budynki ZL

Nieco bardziej skomplikowane staje się jednak określenie projektowego minimalnego czasu wytrzymałości konstrukcji nośnej dla budynków kategorii ZL (mieszkalne, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej), ponieważ zmianie uległy nie tylko wymagania co do minimalnego czasu, ale również sam podział na kategorie ZL. Różnice zostały zobrazowane w tabeli 2.

Tabela 2. Podział budynków ze względu na kategorię zagrożenia ZL
Table 2. Types of building ZL – human hazard category

ZL	**Przed 2002 rokiem Before 2002**	**Od 2002 roku After 2002**
ZL I	budynki użyteczności publicznej lub ich części, w których mogą przebywać ludzie w grupach ponad 50 osób / public buildings or their parts, in which people can stay in groups of more than 50 people	budynki zawierające pomieszczenia przeznaczone do jednoczesnego przebywania ponad 50 osób nie będących ich stałymi użytkownikami, a nie przeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się / buildings containing rooms for the simultaneous presence of more than 50 people who are not their regular users, not primarily intended for use by people with limited mobility
ZL II	budynki lub ich części przeznaczone do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się / buildings or parts intended for use by people with limited mobility	budynki przeznaczone przede wszystkim do użytku ludzi o ograniczonej zdolności poruszania się, takie jak szpitale, żłobki, przedszkola, domy dla osób starszych / buildings intended for use by people with limited mobility, such as hospitals, nurseries, kindergartens, homes for the elderly
ZL III	szkoły, budynki biurowe, domy studenckie, internaty, hotele, ośrodki zdrowia, otwarte przychodnie lekarskie, sanatoria, lokale handlowo-usługowe, w których może przebywać do 50 osób, koszary, pomieszczenia Elektronicznej Techniki Obliczeniowej (ETO), zakłady karne i inne podobne / schools, office buildings, dormitories, boarding schools, hotels, health centers, open medical clinics, sanatoriums, commercial and service premises, which can hold up to 50 people, barracks, Electronic Computing Technology (ETO) rooms, prisons and other similar	budynki użyteczności publicznej, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II / public buildings, not categorized as ZLI and ZL II
ZL IV	budynki mieszkalne / residential buildings	budynki mieszkalne / residential buildings
ZL V	archiwa, muzea i biblioteki / archives, museums and libraries	budynki zamieszkania zbiorowego, niezakwalifikowane do ZL I i ZL II / collective residential buildings, not categorised as ZLI and ZL II

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [1–2].
Source: Own elaboration based on [1–2].

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.5

W odniesieniu do obiektów zakwalifikowanych jako ZL wraz ze zmianą przepisów zaszły również zmiany odnośnie minimalnych czasów odporności pożarowej konstrukcji nośnej, które przed 2002 rokiem ustalone były na poziomie:

- minimum 120 min dla liczących powyżej 2 kondygnacji ZL I, ZL II i ZL V, wysokie i wysokościowe ZL III, wysokościowe ZL IV;
- minimum 60 min dla dwukondygnacyjnych ZL I, ZL II i ZL V, powyżej 2 kondygnacji niskie i średniowysokie ZL III, powyżej 3 kondygnacji niskie, średniowysokie i wysokie ZL IV;
- minimum 30 min dla jednokondygnacyjnych ZL II, do 2 kondygnacji ZL III i trzykondygnacyjne ZL IV.

Nie została przewidziana minimalna odporność pożarowa konstrukcji nośnej dla budynków kategorii ZL wynosząca 240 minut, natomiast dla budynków jednokondygnacyjnych z elementów nierozprzestrzeniających ognia ZL I i ZL V oraz do 2 kondygnacji ZL IV nie przedstawiono kryteriów.

Zdecydowanie zaostrzono wymagania w 2002 roku, ustalając:

- minimum 240 min dla budynków wysokościowych z wyłączeniem ZL IV;
- minimum 120 min dla wszystkich budynków wysokich, wysokościowych ZL IV, średniowysokich z wyłączeniem ZL IV i niskich ZL I i ZL II;
- minimum 60 min dla niskich ZL III i ZL V oraz średniowysokich ZL IV;
- minimum 30 min dla niskich ZL IV.

Dodatkowo, gdy obiekt jest wyposażony w stałe urządzenia gaśnicze, dopuszcza się obniżenie minimalnego czasu odporności pożarowej konstrukcji nośnej o połowę. Zakłada się więc, że w takim przypadku czas ten zostanie obniżony. Przeprowadzona analiza pozawala na określenie projektowego czasu wytrzymałości konstrukcji.

3.3. Inne obiekty

W przypadku obiektów nie zakwalifikowanych do kategorii ZL ani PM przyjmuje się, że z racji braku wymagań prawnych dotyczących konstrukcji nośnej, ryzyko zawalenia takiego na skutek pożaru jest bardzo wysokie.

4. Działanie modelu

Po wyznaczeniu minimalnego projektowego czasu wytrzymałości konstrukcji, projektowe obciążenie termiczne zostaje porównane z rzeczywistym. Szczegółowe informacje dotyczące rzeczywistego przebiegu pożaru dostarczone zostają od innego modułu będącego elementem narzędzia do wspomagania decyzji, przeznaczonego dla dowódców podczas działań ratowniczo-gaśniczych PSP w obiektach budowlanych. Obciążenie termiczne projektowe (OTP), czyli scałkowana wartość temperatury w zależności od czasu na jaki zaprojektowana jest dana konstrukcja nośna obiektu budowlanego, obliczana jest w następujący sposób:

$\Theta_p(t) = 20 + 345 \cdot \log_{10}(8 \cdot t + 1)$ – krzywa standardowa przebiegu pożaru [3]

t_0 – czas początkowy pożaru

t_p – czas wyznaczonej minimalnej odporności konstrukcji nośnej

$$OTP = \int_{t_0}^{t_p} \Theta_p(t)dt \quad (1)$$

OTR – obciążenie termiczne rzeczywiste

$\Theta_r(t)$ – krzywa temperaturowa zgodnie z rzeczywistym rozkładem temperatury

t_0 – czas początkowy pożaru

t_r – czas rzeczywisty (czas obliczeń)

$$OTR = \int_{t_0}^{t_r} \Theta_r(t)dt \quad (2)$$

W celu sprawdzenia, czy nastąpiło przekroczenie czasu, należy przyrównać otrzymane wartości. Gdy OTR ≥ OTP występuje przekroczenie czasu projektowego. W przeciwnym razie, gdy OTR < OTP – przekroczenie czasu projektowego nie występuje.

Dla obiektów nieobjętych uregulowaniami prawnymi w zakresie wymagań klas odporności ogniowej przyjmuje się ryzyko bardzo wysokie, tak samo jak dla budynków, dla których rzeczywista energia cieplna przekroczyła wymagania projektowe. Gdy przekroczenie czasu projektowego nie wystąpiło – ryzyko klasyfikuje się jako bardzo niskie (wartość 1 w pięciostopniowej skali ryzyka). Przewidziano możliwość obniżenia ryzyka bardzo wysokiego (bądź podwyższenia ryzyka bardzo niskiego) poprzez przeprowadzenie subiektywnej oceny właściwości pożaru. Po przeprowadzeniu analizy literaturowej [5–7], na obecnym etapie prac, wytypowano 6 głównych oznak utraty nośności przez konstrukcję budowlaną na skutek pożaru, których ocena możliwa jest przy odpowiednio przeprowadzonym rozpoznaniu podczas akcji ratowniczo-gaśniczej. Zaliczono do nich:

- wystąpienie eksplozji (wybuchów);
- pęknięcia ścian;
- wyboczenia elementów konstrukcji;
- przechylenie konstrukcji obiektu budowlanego;
- nietypowe odgłosy (trzaski, skrzypienie itp.);
- wydobywanie się wody lub dymu ze spoin.

Dla każdej oznaki dowódca akcji ma możliwość zadeklarowania jednego ze stanów:

- TAK;
- NIE;
- BD (brak danych).

Automatycznie dla każdego symptomu zakłada się przypisanie wartości „brak danych", która do obliczeń końcowej wartości ryzyka ma wartość zerową – nie wpływa na ostateczne ryzyko. Wybór stanu „nie występuje" obniża wartość ryzyka o zadaną wartość (lub do wartości minimalnej 1), natomiast stan „występuje" podwyższa wartość ryzyka końcowego o zadaną wartość (lub do wartości maksymalnej wynoszącej 5). Przyjęcie takiego rozwiązania daje możliwość otrzymania końcowych wartości ryzyka w przedziale od 1 do 5 z krokiem 0,5, oznaczając odpowiednio:

- ryzyko bardzo niskie – gdy wartość końcowa ryzyka wynosi 1,0;
- ryzyko niskie – gdy wartość końcowa ryzyka wynosi 1,5 lub 2,0;
- ryzyko średnie – gdy wartość końcowa ryzyka wynosi 2,5 lub 3,0;
- ryzyko wysokie – gdy wartość końcowa ryzyka wynosi 3,5 lub 4,0;

- ryzyko bardzo wysokie – gdy wartość końcowa ryzyka wynosi 4,5 lub 5,0.

W kolejnych etapach prac planowane jest przeprowadzenie weryfikacji symptomów i podjęcie próby przypisania im odpowiednich wag do obliczeń wartości końcowego ryzyka.

5. Dyskusja nad metodami i wynikami

Pożar jest złożonym procesem, zależnym w głównej mierze od materiału palnego oraz dostępu do utleniacza. Biorąc pod uwagę maksymalną gęstość obciążenia ogniowego dla budynków kategorii PM oraz podziału ze względu na kategorię zagrożenia ZL, przez ustawodawcę zostały określone minimalne czasy odporności pożarowej konstrukcji nośnej. Opracowując opisany model założono, że obiekty budowlane niespełniające opisanych wymagań nie występują. Czasy odporności pożarowej zostały przyjęte jako podstawa do wyznaczenia algorytmu określającego prawdopodobieństwo utraty nośności przez konstrukcję. Ponieważ jednak w warunkach pożaru konstrukcja budynku poddawana jest licznym oddziaływaniom termicznym i mechanicznym, które powodują pojawienie się widocznych symptomów, w metodyce zostały wprowadzone dodatkowe współczynniki korygujące określone wcześniej prawdopodobieństwo. Końcowy algorytm opiera się zatem na określonych w rozporządzeniu czasach odporności pożarowej oraz subiektywnej ocenie opartej na weryfikacji występujących symptomów utraty nośności przez konstrukcję na skutek pożaru. Taki model może być z powodzeniem wykorzystywany jako element narzędzia dedykowanego wsparciu decyzji dowódców działań ratowniczo-gaśniczym PSP w obiektach budowlanych.

6. Podsumowanie

Powstały model ma być w szczególności wsparciem dla dowódców podczas akcji ratowniczo-gaśniczych jako element rozbudowanego narzędzia. Opracowany algorytm nie zastąpi dowódcy, jednak w znaczącym stopniu może ułatwić podjęcie decyzji w sytuacji ograniczonego czasu i danych wejściowych. Opracowanie oparte na minimalnych czasach określonych w aktach prawnych oraz na ocenie symptomów zawiera pomocne informacje zdecydowanie ułatwiające podjęcie odpowiednich decyzji, które mogą mieć wpływ na dalszy przebieg akcji ratowniczo-gaśniczej oraz jej rezultat, w tym również na zdrowie i życie ratowników i użytkowników obiektów.

Artykuł został opracowany w ramach projektu nr DOBR/0010/R/ID1/2013/03 pt. „Nowoczesne narzędzia inżynierskie do wspomagania decyzji przeznaczone dla dowódców podczas działań ratowniczo-gaśniczych PSP w obiektach budowlanych" finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

Skróty

OTP – obciążenie termiczne projektowe
OTR – obciążenie termiczne rzeczywiste
PM – budynki produkcyjne i magazynowe
ZL – kategorie zagrożenia ludzi

Literatura

[1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690).
[2] Rozporządzenie Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dnia 14 grudnia 1994 roku w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. 1995 Nr 10, poz. 46).
[3] PN-EN 1991-1-2:2006 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje – Część 1-2: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru.
[4] Król P., *Ocena odporności ogniowej stropów na belkach stalowych*, BiTP, Vol. 35 Issue 3, 2014, pp. 73-79.
[5] Poremba J., *Building Collapse: Learn the Warning Signs* [dok. elektr.], http://www.firerescue1.com/firefighter-safety/articles/458061-Building-Collapse-Learn-the-Warning-Signs/ [dostęp: 29.01.2015].
[6] Robertson H., *Establishing Collapse Zones at Structure Fires* [dok. elektr.], http://www.firefighternation.com/article/special-operations/establishing-collapse-zones-structure-fires [dostęp: 29.01.2015].
[7] Brennan T., *The signs of impending building collapse* [dok. elektr.], http://www.fireengineering.com/articles/print/volume-153/issue-7/departments/random-thoughts/the-signs-of-impending-building-collapse.html [dostęp: 29.01.2015].

* * *

mgr inż. Urszula Garlińska – absolwentka Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego i Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie oraz studiów podyplomowych na Politechnice Warszawskiej i Wyższej Szkoły Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie. Od 2013 pracownik Zespołu Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej CNBOP-PIB, w którym zajmuje się badaniami kwalifikacyjnymi elementów dźwiękowych systemów ostrzegawczych.

mgr inż. Paweł Michalak – absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej oraz Podyplomowych Studiów Zarządzania Projektami Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie. Od 2013 roku pracownik Zespołu Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej, w którym zajmuje się badaniami kwalifikacyjnymi systemów transmisji alarmów pożarowych i sygnałów uszkodzeniowych oraz opraw oświetleniowych do oświetlenia awaryjnego.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.5

mgr inż. Tomasz Popielarczyk – absolwent Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Od początku swojej pracy zawodowej związany z Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej, jako pracownik Zespołu Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej. Od 2013 r. pełni funkcję zastępcy kierownika Zespołu Laboratoriów. Zajmuje się badaniami kwalifikacyjnymi, w tym badaniami funkcjonalnymi, środowiskowymi oraz kompatybilności elektromagnetycznej, na potrzeby certyfikacji urządzeń systemów sygnalizacji pożarowej, głównie central i głośników do dźwiękowych systemów ostrzegawczych oraz systemów zasilania. Ponadto jako auditor wiodący lub techniczny dokonuje ocen zakładowej kontroli produkcji badanych wyrobów. Jest autorem publikacji na tematy związane z ochroną przeciwpożarową budynków i obiektów budowlanych.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.6

mł. bryg. dr inż. **Joanna Rakowska**[1]
mgr **Katarzyna Radwan**[1]
mgr **Bożenna Porycka**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 03.08.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 18.08.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Metody oceny środków pianotwórczych do gaszenia pożarów w portach morskich[2]

Methods for Evaluating Firefighting Foam Used at Seaports

Методы оценки пенообразующих средств для тушения пожаров в морских портах

ABSTRAKT

Cel: Podczas akcji gaśniczych w portach morskich lub na statkach pianotwórcze środki gaśnicze stosuje się zazwyczaj z wodą morską. Skład wody morskiej znacznie różni się od składu wody wodociągowej. Wody słone zawierają znaczne ilości soli mineralnych, które mogą powodować niszczenie pian gaśniczych, zmniejszając skuteczność gaśniczą, co ma istotny wpływ na powodzenie akcji ratowniczej. Z uwagi na to środki pianotwórcze przeznaczone do stosowania z wodą morską powinny posiadać podwyższoną odporność na duże stężenie elektrolitów zawartych w wodzie zasolonej. Celem artykułu jest porównanie przydatności metod badania jakości środków pianotwórczych stosowanych do gaszenia pożarów przy użyciu wody zasolonej.
Projekt i metody: W badaniach wykorzystano najczęściej stosowane w Europie metody badań środków pianotwórczych przeznaczonych do stosowania z wodą morską określone w normach PN-EN 1568 cz. 1–4, ISO 7203-1 i ISO 7203-3 w przepisach Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO). W artykule przedstawiono wyniki badań jakości piany: liczby spienienia i szybkości wykraplania piany oraz skuteczności gaśniczej: czasu gaszenia i czasu nawrotu palenia trzech syntetycznych środków pianotwórczych (środki S1, S2 i S3) i jednego środka fluoroproteinowego (FP 4). Środki S1 i S3 były przeznaczone do stosowania tylko z wodą niezasoloną, natomiast środki S2 i FP4 były przeznaczone do użytkowania z wodą niezasoloną i morską.
Wyniki: Badania, zarówno dla środków przeznaczonych do stosowania z wodą niezasoloną, jak i morską potwierdziły gorszą zdolność pianotwórczą i mniejszą trwałość piany wytworzonej z koncentratów przy zastosowaniu wody zasolonej. Gaszenie pożarów testowych przy zastosowaniu tych samych wydajności piany (11 l/min) jest trudniejsze w przypadku testów określonych w przepisach IMO niż w przypadku innych testów (m. in. ze względu na kształt tacy). Jednak jednoczesne zastosowanie trzech dysz i zwiększenie przez to intensywności podawania piany znacznie poprawia efektywność działań gaśniczych oraz umożliwia szybkie i skuteczne ugaszenie pożaru testowego opisanego w przepisach IMO.
Wnioski: Jakość środków gaśniczych wykorzystywanych podczas akcji gaśniczych ma ogromny wpływ na efektywność działań gaśniczych. W portach morskich szczególnie istotna jest ich odporność na działanie słonej wody. Środek gaśniczy o odpowiedniej jakości, właściwie zastosowany, zwiększa bezpieczeństwo osób oraz umożliwia ograniczenie ekonomicznych i ekologicznych strat pożarowych.

Słowa kluczowe: pianotwórcze środki gaśnicze, woda morska, akcje ratowniczo-gaśnicze
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

ABSTRACT

Aim: Fire extinguishing foam is usually combined with sea water during firefighting operations on a ship or at a seaport. The structure of sea water is different from fresh water. Sea water contains large quantities of mineral salts, which may cause the deterioration of extinguishing foam and consequently reduce the effectiveness of firefighting. For this reason foam intended for use in conjunction with sea water should contain a higher resistance to the high concentration of electrolytes contained in salt water. The purpose of this paper is to compare the suitability of testing methods for foam used in firefighting, which is mixed with sea water.
Project and methods: This research project utilised the most commonly used methods in Europe for testing firefighting foam, which is mixed with sea water, specified in standards; PN-EN 1568, ISO 7203-1, ISO 7203-3 and regulations from the International Maritime

[1] Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy; / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland; jrakowska@cnbop.pl

[2] Wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage contribution: J. Rakowska – 50%, K. Radwan – 35%, B. Porycka – 15%;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.6

Organisation (IMO). The article reveals results from investigations dealing with foam quality for three synthetic foaming agents (S1, S2 and S3) and one fluoroprotein foam concentrate (FP4). Tests focussed on; foam creation, expansion ratio and drainage velocity, and extinguishing effectiveness. Two foaming agents (S1 and S3) can be mixed with freshwater only. Other agents (S2 and FP4) can be mixed with both, freshwater and sea water.
Results: Tests, of agents intended to be mixed with fresh water as well as those designed for mixing with sea water confirmed an inferior production of foam, with a lower expansion ratio and reduced foam stability, for concentrates formulated with the use of sea water. Achievement of the flow rate identified in IMO regulations was more difficult during tests. However, a simultaneous application of three nozzles and an increase in the delivery intensity significantly increased the effectiveness of extinguishing operations and allowed for quick and successful extinguishing of test fires.
Conclusions: The quality of extinguishing agents used during fire incidents has a large bearing on the effectiveness of firefighting. During operations at sea ports, extinguishing agents' resistance to influences of sea water is of particular importance. An agent, of appropriate quality and suitably applied increases the safety of people and mitigates the economic as well as ecological losses attributable to fires.

Keywords: firefighting foam, sea water, fire and rescue operations
Type of article: original scientific article

АННОТАЦИЯ

Цель: Во время гасящих работ в морских портах или на морских суднах пенообразующие гасящие средства используются, чаще всего, с морской водой. Состав морской воды значительно отличается от состава водопроводной воды. Соленые воды содержат большое количество минеральных солей, которые могут разрушать гасящую пену, уменьшая её гасящую способность, что имеет существенное влияние на успех спасательной операции. В связи с тем пенообразующие средства, предназначенные для использования с морской водой, должны характеризоваться повышенной устойчивостью к высокой концентрации электролитов, содержащихся в соленой воде. Целью статьи является сравнение пригодности методов тестирования качества пенообразующих средств, используемых для тушения пожаров с помощью соленой воды.
Проект и методы: В исследованиях были использованы наиболее популярные в Европе методы исследований пенообразующих средств, предназначенных для использования с морской водой, указанные в стандартах PN-EN 1568 часть 1–4, ISO 7203-1 и ISO 7203-3, в требованиях Международной Морской Организации (IMO). В статье были представлены результаты исследований качеств пены: её кратности пенообразования и скорости превращения в воду и огнетушащей эффективности: времени тушения и времени рецидива горения трех синтетических пенообразующих средств (средства S1, S2, S3) и одного фторпротеиного (FP 4). Средства S1 и S3 были предназначены для использования только с незасоленной водой, а средства S2 и FP4 с незасоленной и морской водой.
Результаты: Исследования как для средств, предназначенных для использования с несоленой водой, так и с морской, подтвердили низкую пенообразующую способность и меньшую стабильность пены, образованной на основе концентратов при помощи солёной воды. Тушение тестовых пожаров при использовании одинаковых значений производительности пены (11 л/м) сложнее для испытаний указанных в требованиях IMO чем при других (между прочим учитывал форму лотка). Однако, одновременное использование трёх насадок и повышение интенсивности подачи пены значительно улучшает эффективность гасящих действий и позволяет быстро и эффективно ликвидировать тестовый пожар, указанный в требованиях IMO.
Выводы: Качество гасящих средств, используемых во время гасящих действий, имеет огромное влияние на эффективность тушения пожаров. В морских портах особенно важна их устойчивость к соленой воде. Гасящее средство соответственного качества, которое используется правильно, повышает безопасность людей и позволяет ограничить экономический и экологический ущерб, вызванный пожарами.

Ключевые слова: пенообразующие гасящие средства, морская вода, спасательно-гасящие действия
Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wprowadzenie

Port morski to „logistyczny i gospodarczy węzeł w systemie transportu globalnego o silnym morskim charakterze, skupiający funkcjonalnie i przestrzennie różnorodną działalność bezpośrednio lub pośrednio związaną z łańcuchami logistycznymi, których częścią pozostają lądowo-morskie łańcuchy transportowe" [1]. Porty morskie, z uwagi na rolę początkowych i docelowych punktów transportu kolejowego, samochodowego i rzecznego, są dogodnym miejscem lokalizacji wszelkiej działalności gospodarczej, w tym handlowej lub przemysłowej, co powoduje konieczność koncentracji ładunków na ich terytoriach [2].

Takie nagromadzenie różnorodnych materiałów oraz intensywny ruch zwiększa prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzeń niebezpiecznych w porcie [3], zarówno na jego obszarze lądowym, jak też w części wodnej. Na skutek takich sytuacji może dochodzić do uwalniania toksycznych substancji, wybuchów, pożarów zagrażających życiu lub zdrowiu ludności oraz powodujących skażenie środowiska [4–6]. Podejmowane akcje ratowniczo-gaśnicze wymagają zastosowania odpowiedniego sprzętu oraz środków, w tym środków gaśniczych.

W ostatnich latach liczba pożarów i wartość strat pożarowych wykazują tendencję rosnącą [7–8]. W celu zapewnienia skutecznych działań ratowniczo-gaśniczych podczas zdarzeń niebezpiecznych należy dysponować odpowiednią liczbą ratowników oraz sprzętem i środkami gaśniczymi. W zależności od rodzaju palącego się materiału powinien zostać zastosowany odpowiedni środek gaśniczy (woda, środek pianotwórczy, proszek gaśniczy lub gaz gaśniczy) oraz dobrany właściwy sprzęt przystosowany do dozowania środka gaśniczego (armatura gaśnicza, pompa) [7–10]. Spośród wymienionych środków gaśniczych najpowszechniej

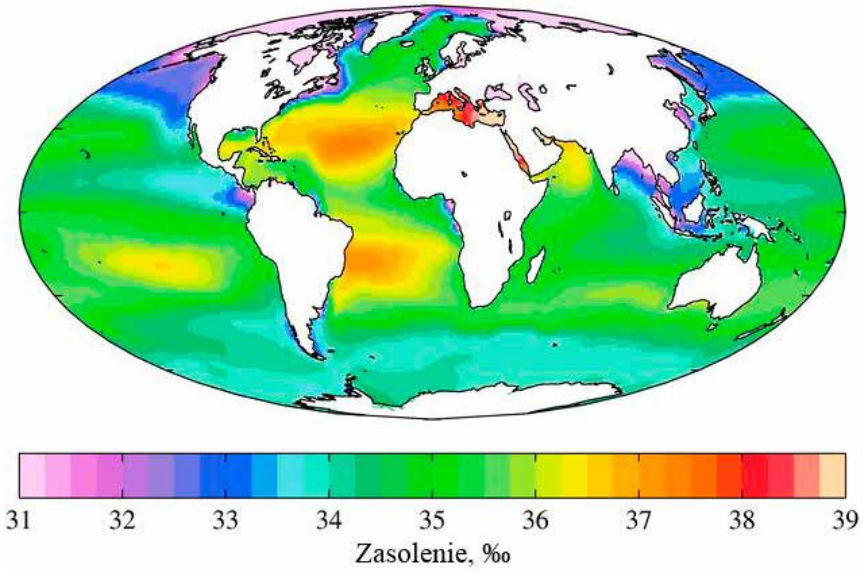
stosowana jest woda, nie tylko ze względu na stosunkowo niski koszt użycia, ale również w związku z jej dostępnością oraz właściwościami fizykochemicznymi. Woda stosowana jest nie tylko do bezpośredniego gaszenia pożaru, ale również jako środek chłodzący rozgrzane zbiorniki z płonącymi paliwami ciekłymi lub inne obiekty zagrożone pożarem. Poprzez zastosowanie specjalnych technik podawania oraz odpowiednich środków gaśniczych można dodatkowo zwiększyć efektywność jej działania [9].

Woda stosowana do działań gaśniczych ma różny skład w zależności od źródła jej pochodzenia. Na powierzchni Ziemi jest mniej niż 3% wody słodkiej, natomiast wody zasolonej jest ponad 97% [11].

2. Wody zasolone

Skład wód zasolonych znacznie różni się od wód wodociągowych. Zasolenie jest to ogólna, wagowa zawartość soli mineralnych rozpuszczonych w wodzie, wyrażona w procentach lub promilach. Wody słodkie zawierają z reguły węglany, których ogólna zawartość wagowa wynosi około 60% wszystkich rodzajów soli, natomiast wody morskie zawierają ok. 88% soli w postaci chlorków. W wodach powierzchniowych duże zasolenie występuje zazwyczaj na obszarach suchych i gorących, gdzie wskutek intensywnego parowania i małej ilości wód opadowych następuje kumulacja, a nawet wytrącanie soli [9].

Najmniejsze zasolenie występuje w strefie okołobiegunowej (25‰), gdzie woda odsala się w procesach zamarzania i topnienia. Natomiast największe zasolenie stwierdzono w Morzu Czerwonym (37–42‰)[3]. Ze względu na małe zasolenie Bałtyk, jako morze zamknięte, zalicza się do wód słonawych. Średnie zasolenie wód Bałtyku wynosi ok. 7‰ [11]. Na rycinie 1 przedstawiono rozkład zasolenia wód na świecie.



Ryc. 1. Globalna mapa zasolenia [12]
Fig. 1. Global map of salinity [12]

3. Piany gaśnicze

Akcje ratowniczo-gaśnicze w portach morskich prowadzone są przeważnie z użyciem wody morskiej. Z tego powodu stosowane pianotwórcze środki gaśnicze powinny być odporne na działanie wody zasolonej. Piany gaśnicze wytwarzane są z roztworów wodnych pianotwórczych środków gaśniczych przy zastosowaniu odpowiednich urządzeń. Pianotwórcze środki gaśnicze zależnie od składu chemicznego dzieli się na [13–16]:

- proteinowe (P),
- fluoroproteinowe (FP),
- syntetyczne (S),
- alkoholoodporne środki pianotwórcze (AR),
- tworzące film wodny (AFFF),
- fluoroproteinowe tworzące film wodny (FFFP).

Skład pianotwórczych środków gaśniczych determinuje ich właściwości, a w konsekwencji zakres stosowania. Piany gaśnicze są powszechnie używane do ograniczenia rozprzestrzeniania i gaszenia pożarów grupy B (cieczy palnych) oraz do zabezpieczania przed ponownym zapaleniem. Mogą także być stosowane do zapobiegania zapaleniu cieczy palnych oraz do gaszenia pożarów grupy A [9].

Jednymi z czynników wpływających na jakość piany i jej skuteczność gaśniczą, obok takich elementów jak dobór odpowiedniego koncentratu do palącego się materiału, są odpowiednie stężenie środka pianotwórczego w roztworze wodnym, rodzaj sprzętu wytwarzającego pianę, temperatura i jakość wody, w tym stopień jej zasolenia oraz temperatura otoczenia. W wodach zasolonych rozpuszczone są znaczne ilości soli mineralnych; w wysokim stężeniu występują kationy sodu, potasu, magnezu oraz aniony chlorkowe, siarczanowe i węglanowe. Elektrolity zawarte w wodzie zasolonej mogą przyczyniać się jednak do niszczenia pian gaśniczych [9] oraz wpływać na zwiększenie

[3] Nie uwzględniono jezior, w tym M. Martwego i M. Kaspijskiego.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.6

ilości osadów w roztworze, powodując zatykanie dysz podających pianę, a tym samym obniżać efektywność akcji ratowniczych. Mogą również zwiększać napięcie powierzchniowe i aktywność związków powierzchniowych, a także reagować ze związkami powierzchniowo czynnymi, głównymi składnikami środków pianotwórczych, co może prowadzić do powstania nowych związków destabilizujących pianę. Środki pianotwórcze przeznaczone do stosowania z wodą morską, dzięki zawartym w ich kompozycji odpowiednim składnikom, posiadają podwyższoną odporność na wysokie stężenie elektrolitów zawartych w wodzie zasolonej i dlatego tylko takie produkty powinny być wykorzystywane do gaszenia pożarów z zastosowaniem wody morskiej.

4. Wybrane metody badania środków pianotwórczych do stosowania z wodą morską

Oceny przydatności pianotwórczych środków gaśniczych do zastosowania z wodą morską dokonuje się najczęściej w oparciu o badania i wymagania norm PN-EN 1568 cz. 1–4 [13–16], ISO 7203-1 [17] i ISO 7203-3 [18], wymagań zawartych w przepisach Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO) [19] lub Narodowego Stowarzyszenia Ochrony Przeciwpożarowej USA (NFPA) [20]. W celu określenia jakości piany oraz przydatności do stosowania, w tym z wodą zasoloną, przeprowadza się badania takich parametrów jak:

- liczba spienienia – stosunek objętości piany do objętości roztworu, z której ją otrzymano [13–19];
- szybkość wykraplania piany – czas wycieku 25% i 50% początkowej objętości roztworu z wytworzonej piany [13–19]. Trwałość piany określana jest na podstawie szybkości wyciekania z niej roztworu środka pianotwórczego. Im wolniej następuje proces niszczenia pęcherzyków, tym piana jest trwalsza. Czas, w którym wypłynie 25% lub 50% objętości roztworu, z którego piana została wytworzona, jest miarą trwałości piany;
- czas gaszenia – czas od chwili rozpoczęcia podawania środka gaśniczego do całkowitego ugaszenia pożaru testowego [21]. Im krótszy czas gaszenia, tym większa skuteczność gaśnicza piany.
- czas nawrotu palenia – czas zaniku piany na powierzchni cieczy pod wpływem działania ognia [21]. Im dłuższy czas nawrotu palenia, tym lepsza zdolność zabezpieczania przed ponownym zapaleniem materiału palnego.

Badania parametrów piany (liczba spienienia, szybkość wykraplania piany) oraz skuteczności gaśniczej środków gaśniczych do zastosowania z wodą słoną wykonuje się z zastępczą wodą morską o następującym składzie wagowym [13–19]: chlorek sodowy (NaCl) – 2,50%, chlorek magnezowy ($MgCl_2 \times 6H_2O$) – 1,10%, chlorek wapniowy ($CaCl_2 \times 2H_2O$) – 0,16%, siarczan sodowy (Na_2SO_4) – 0,40%, woda wodociągowa – 95,84%.

W wyżej opisanych badaniach pianę wytwarza się za pomocą prądownicy, wytwornicy lub odpowiedniego generatora. Warunki otoczenia oraz temperatury cieczy używanych podczas badań podane są w odpowiednich normach [13–19]. Ciśnienie na dyszy ustawia się w odpowiednim zakresie (dane w tabeli 1) tak, aby otrzymać wymaganą w danej metodzie szybkość przepływu strumienia piany. Badanie polega na napełnieniu naczynia pomiarowego pianą, starając się nie pozostawiać pustych przestrzeni.

Badania skuteczności gaśniczej zgodnie z PN-EN 1568 [15–16] oraz przepisami IMO [19] prowadzi się w warunkach podanych w tabeli 1. Na rycinach 2–6 przedstawiono przebieg testów gaśniczych wykonywanych zgodnie z tymi metodami.

Tabela 1. Parametry testu skuteczności gaszenia wg [15–16], [19]
Table 1. Test parameters for successful extinguishing of fires according to [15–16], [19]

Parametr / Parameter	EN 1568-3	EN 1568-4	MSC.1/Circ.1312
Kształt tacy/ Shape of fire tray	●	●	■
Powierzchnia tacy/ Area of fire tray [m^2]	4.52	1.73	4.52
Głębokość tacy/ Depth of a fire tray [mm]	200	150	200
Powierzchnia ekranu/ Area of screen [m2]	1	1	1
Ciśnienie na dyszy/ Nozzle pressure [bar[4]]	6.3 ± 0.3	6.3 ± 0.3	6.3 ± 0.3
Wydajność prądownicy/ Flow rate [l/min]	11.4	11.4	11.4 – 34.2
Rodzaj i ilość paliwa/ Type and quantity of fuel	n-heptan, 144 l na warstwie 90 l wody/ n-heptane, 144 l on 90 l layer of water	aceton/acetone, 125 l izopropanol/ isopropanol, 125 l	n-heptan/n-heptane, 144 l aceton/acetone, 234 l
Rodzaj i ilość wody w tacy/ Type and quantity of water in a fire tray	wodociągowa/ tap water, 90 l	–	morska/sea water, 90 l

[4] W dokumentach normatywnych ciśnienie podane jest w barach. Według układu SI ciśnienie 6,3 bar = 0,63MPa.

Parametr / Parameter	EN 1568-3	EN 1568-4	MSC.1/Circ.1312
Czas rozpalenia/ Kindling duration [s]	60 ± 2	120 ± 2	60 ± 2
Sposób podawania piany/ Method of foam delivery	bezpośrednie lub łagodne/ direct or gentle	łagodne/gentle	łagodne/gentle
Czas podawania piany/ Foam delivery duration [s]	300 ± 2 – łagodne/gentle 180 ± 2 – bezpośrednie/direct	180 ± 2 – kl. 1/class 1 300 ± 2 – kl. 2/class 2	300 ± 2
Czas gaszenia/ Extinguishing duration [min]	≤ 5 – kl. 3/class 3 ≤ 4 – kl. 2/class 2 ≤ 3 – kl. 1/class 1	≤ 5 – kl. 2/class 2 ≤ 3 – kl. 1/class 1	≤ 5
Wielkość naczynia do nawrotu palenia/ Dimensions of burn-back container [mm]	∅ = 300 h = 250	∅ =300 h = 250	∅ = 300 h = 150
Czas nawrotu palenia/ Burn-back duration [min]	≥ 5*– łagodne/gentle ≥ 10**– bezpośrednie/direct	≥ 5	≥ 15

*w zależności od uzyskanego czasu określa się poziom odporności na nawrót palenia B, C lub D.
**uzyskanie ponad 10 min nawrotu palenia – poziom odporności na nawrót palenia A.
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Ryc. 2. Badanie skuteczności gaśniczej pianotwórczych środków gaśniczych (podawanie łagodne) wg [15]
Fig. 2. Extinguishing effectiveness test of foam concentrates (gentle application) according to [15]
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Ryc. 3. Nawrót palenia wg [15]
Fig. 3. Burn-back resistance test according to [15]
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 67–76

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.6

Ryc. 4. Badanie skuteczności gaśniczej wg [19]
Fig. 4. Extinguishing effectiveness test according to [19]
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Środek pianotwórczy do stosowania z modą morską według norm [13–16] powinien uzyskać skuteczność gaśniczą zarówno działaniach z wodą niezasoloną, jak i morską. Natomiast według IMO [19] nie określono wymagań skuteczności gaszenia pożarów z użyciem wody niezasolonej. Konieczne jest jedynie potwierdzenie właściwości gaśniczych w testach z zastosowaniem wody morskiej. Istotną różnicą między porównywanymi metodami jest dopuszczenie przez przepisy IMO stosowania do 3 prądownic (ryc. 5) równocześnie podczas wykonywania testu gaśniczego [19].

Ryc. 5. Badanie skuteczności gaśniczej wg [19] z zastosowaniem 3 prądownic
Fig. 5. Extinguishing effectiveness test according to [19] delivery with 3 nozzles
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Ryc. 6. Nawrót palenia wg [19]
Fig. 6. Burn-back resistance test according to [19]
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

5. Materiały i metody

W pracy przedstawiono porównanie wyników jakości piany i skuteczności gaśniczej trzech syntetycznych środków pianotwórczych (środki S1, S2 i S3) i jednego środka fluoroproteinowego (FP4). Zgodnie z deklaracją producenta środki S1 i S3 można stosować jedynie z wodą wodociągową niezasoloną, natomiast środki S2 i FP4 są odporne na działanie składników wody morskiej, w związku z tym pianę gaśniczą można wytwarzać zarówno przy użyciu wody wodociągowej, jak i zasolonej.

W celu wykazania różnic jakości piany wytworzonej z koncentratów przeznaczonych do stosowania z wodą niezasoloną i wodą morską wykonano badania liczby spienienia i czasu wykraplania 50% piany wg [15–16], [19].

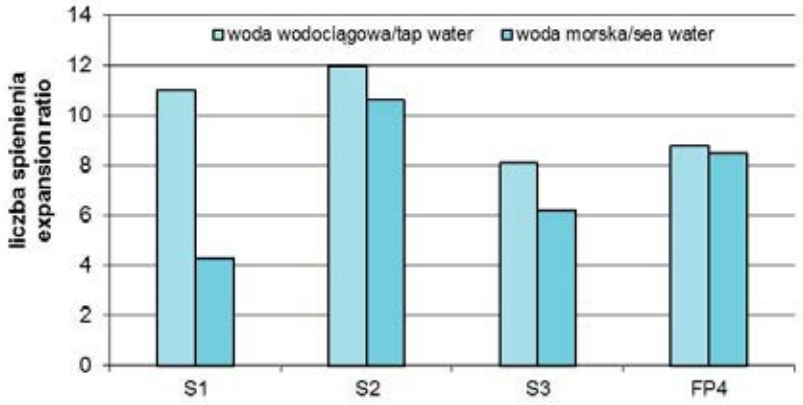
Wykonano badania skuteczności gaśniczej metodą wg [15] z zastosowaniem wody niezasolonej i morskiej dla syntetycznego środka gaśniczego (S3). Do badań sporządzono 3-procentowe roztwory, zgodnie z zaleceniami producenta. Przeprowadzono także testy porównawcze skuteczności gaszenia n-heptanu metodą wg [15–16] oraz [19] 6-procentowym roztworem fluoroproteinowego środka pianotwórczego (FP4) przeznaczonego do stosowania z wodą wodociągową i morską. Test wg [19] wykonano stosując jedna prądownicę o wydajności ok. 11, 4 l/min.

6. Wyniki i dyskusja

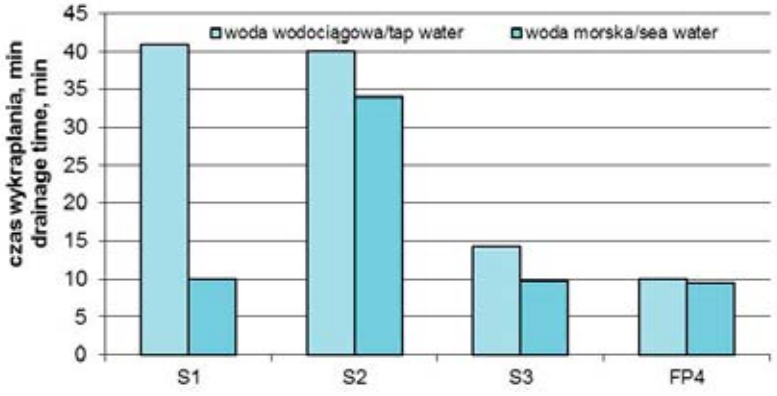
Na rycinach 7 i 8 przedstawiono porównanie parametrów piany 3-procentowych roztworów syntetycznych środków pianotwórczych oraz 6-procentowego roztworu środka fluoroproteinowego sporządzonych na bazie wody śródlądowej niezasolonej oraz zastępczej wody morskiej.

Największą liczbę spienienia uzyskano dla pianotwórczego środka S2 przy zastosowaniu z wodą wodociągową, natomiast najmniejszą dla środka S1 przy stosowaniu z wodą morską. Duża pianotwórczość jest związana z większą trwałością wytworzonej piany, co potwierdzają wartości czasu wykraplania dla środków S1 oraz S2.

Wyniki badań środków przeznaczonych do stosowania z wodą niezasoloną oraz z morską potwierdziły gorszą zdolność pianotwórczą i mniejszą trwałość piany wytworzonej z koncentratów przy zastosowaniu wody zasolonej. W przypadku środków przeznaczonych do wytwarzania pian gaśniczych z wodą morską pogorszenie parametrów piany w stosunku do pian uzyskanych z roztworów na bazie wody wodociągowej było relatywnie małe (do ok. 15%), podczas gdy dla środków nieprzeznaczonych do stosowania z wodą zasoloną trwałość piany zmniejszyła się o ok. 75%. Ostateczna ocena przydatności stosowania środka z wodą zasoloną wymaga jednak wykonania testów gaśniczych.



Ryc. 7. Porównanie liczby spienienia środków do zastosowania z wodą wodociągową i morską
Fig. 7. Comparison of expansion ratio for foam concentrate intended for use with fresh water and sea water
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 8. Porównanie czasu wykraplania 50% dla środków do zastosowania z wodą wodociągową i morską
Fig. 8. Comparison of 50% drainage time for foam concentrate intended for use with fresh water and sea water
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.6

Wyniki testów skuteczności gaśniczej z zastosowaniem wody niezasolonej i morskiej przedstawiono w tabeli 2. Potwierdzono skuteczność gaszenia paliw węglowodorowych pianą wytworzoną ze środka S2 i wody wodociągowej. W teście gaśniczym z wodą morską nie uzyskano 90-procentowego opanowania pożaru ani całkowitego ugaszenia, mimo że środek posiada wystarczającą pianotwórczość. Jednak z powodu małej trwałości wytwarzanej piany środek S3 nie nadaje się on do zastosowania z wodą zasoloną.

Tabela 2. Skuteczność gaśnicza środka S3 – pożar n-heptanu wg [15]
Table 2. Firefighting effectiveness for synthetic agent S3 – n-heptane fire test according to [15]

Wielkość mierzona/ Parameter		**Woda niezasolona/ Fresh water**	**Woda morska/ Sea water**
Czas gaszenia/ Extinguishing duration [min]	Opanowanie w 90%/ 90% under control	0'55"	nie uzyskano/ not achieved
	Opanowanie w 99%/ 99% under control	1'50"	nie uzyskano/ not achieved
	Opanowanie całkowite/ Completely under control	3'00"	nie uzyskano/ not achieved
Czas nawrotu palenia/ Burn-back duration [min]	25% nawrót palenia/ 25% burn-back	16'45"	nie uzyskano/ not achieved

W celu porównania skuteczności gaszenia n-heptanu metodą wg [15] oraz [19] wykonano testy gaśnicze dla fluoroproteinowego środka pianotwórczego (FP4) przeznaczonego do stosowania z wodą wodociągową i morską. Przykładowe wyniki przedstawiono w tabeli 3. Dla badanego środka FP4 nie uzyskano całkowitego ugaszenia pożaru testowego z n-heptanem z powodu małej odporności piany na wysoką temperaturę oraz małej zdolności do rozpływania się po powierzchni paliwa. Na skutek kontaktu z płomieniami na powierzchni piany powstawała „skorupa" zmniejszająca zdolność rozpływania się cieczy. Zaobserwowano niewystarczającą izolacyjność piany, co powodowało „przebijanie" na jej powierzchnię par powstających podczas ogrzewania n-heptanu (ryc. 9). Krótki czas nawrotu palenia prawdopodobnie był związany z brakiem całkowitego opanowania pożaru i obecnością płomieni pozostających przy krawędzi tacy.

Ryc. 9. Brak całkowitego ugaszenia pożaru testowego wg [19]
Fig. 9. Failed to completely extinguish the test fire according to [19]
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

W badaniach porównawczych potwierdzono mniejszą skuteczność gaśniczą środka pianotwórczego podczas stosowania wody morskiej. Dodatkowe utrudnienie warunków gaszenia, wynikające z przepisów [19] tj. obecność zasolonej wody pod warstwą płonącego paliwa węglowodorowego, powoduje jeszcze intensywniejsze niszczenie piany i brak całkowitego ugaszenia pożaru.

Zaobserwowano, że przy zastosowaniu takich samych wydajności piany spełnienie wymagań wg przepisów IMO jest trudniejsze. Jednakże metoda MSC.1/Circ.1312 dopuszcza w teście skuteczności gaśniczej jednoczesne zastosowanie do trzech dysz o wydatku 11,4 l/min każda, co znacznie zwiększa efektywność działań gaśniczych. Przy zastosowaniu trzech prądownic nie tylko uzyskano całkowite ugaszenie, ale czas gaszenia pożaru testowego zmniejszył się o ok. 4 min w porównaniu z testem przeprowadzonym zgodnie z PN-EN 1568-3 [15].

Tabela 3. Badanie skuteczności gaszenia n-heptanu środkiem FP4 wg PN-EN 1568-3 [15] dla wody wodociągowej i morskiej, podawanie łagodne i wg przepisów IMO [19]
Table 3. N-heptane fire test for FP4 foam concentrate according to PN-EN 1568-3 [15] with fresh water and sea water, gentle application in compliance with IMO regulations [19]

Wielkość mierzona/ Parameter \ Metoda/Method		PN-EN 1568-3		IMO MSC.1/Circ. 1312	
		woda wodociągowa/ tap water	woda słona/ sea water	woda słona/sea water	
				1 prądownica/1 nozzle	3 prądownice/ 3 nozzles
Czas gaszenia/ Extinguishing duration [min]	Opanowanie w 90%/ 90% under control	0'37"	0'43"	0'33"	0'10"
	Opanowanie w 99%/ 99% under control	1'03"	2'19"	2'35"	0'25"
	Opanowanie całkowite/ Completely under control	3'37"	4'50"	nie uzyskano/ not achieved	0'45"
Czas nawrotu palenia/ Burn-back duration [min]	25% nawrót palenia/ 25% burn-back	13'35"	11'57"	9'13"	18'36"

7. Podsumowanie

Jakość środków gaśniczych ma ogromny wpływ na efektywność działań straży pożarnej. Podczas pożarów w portach morskich szczególnie istotna jest odporność piany gaśniczej na działanie słonej wody. Długi czas gaszenia lub całkowity brak skuteczności do tłumienia płomieni oraz niebezpieczeństwo ponownego rozpalenia pożaru wykluczają możliwość stosowania takich koncentratów do wytwarzania pian gaśniczych w portach morskich. Środek gaśniczy o odpowiedniej jakości, właściwie zastosowany, zwiększa bezpieczeństwo osób oraz umożliwia ograniczenie ekonomicznych i ekologicznych strat pożarowych. Z tego powodu istotne jest odpowiednie zabezpieczenie logistyczne działań na terenie chronionego obiektu, jakim jest port morski. Jeśli środki gaśnicze stosowane są w specyficznych warunkach, np. szczególnie duże zasolenie, niska temperatura wody i powietrza, to ich jakość należy sprawdzić w takich właśnie warunkach.

Badania przedstawione w artykule wykonano w ramach działalności statutowej CNBOP-PIB (nr zadania badawczego 016/BC/CNBOP-PIB/MNiSW/2011-2016).

Literatura

[1] Notteboon T.E., *Land access to sea ports*, University of Antverp, Antverp 1998.
[2] Christowa C., *Port morski jako centrum logistyczne w międzynarodowych łańcuchach dostaw*, „Logistyka" Issue 4, 2012, pp. 53–56.
[3] Herdzik J., *Analiza skutków wybranych wypadków na morzu jako zagrożeń utrudniających akcje ratownicze*, „Logistyka" Vol. 36 Issue 4, 2014, pp. 419–429.
[4] Obolewicz A., *Zagrożenia związane z transportem drogowym towarów niebezpiecznych a tunele drogowe*, BiTP Issue 2, 2009, pp. 97–116.
[5] Górski S., Cłapa M., *Ochrona ludności w Unii Europejskiej. Podstawy prawne, sposób funkcjonowania oraz wybrane formy współpracy na poziomie unijnym*, BiTP Issue 1, 2012, pp. 11–22.
[6] Mizerski A., *Piany jako nośniki chemicznych środków neutralizacji skażeń*, BiTP Vol. 31 Issue 1, 2013, pp. 87–93.
[7] Mazur R., Kwasiborski A., *Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń za lata 2007–2012. Pożary*, BiTP Vol. 30 Issue 2, 2013, pp. 17–22
[8] Pecio M., *Społeczno-ekonomiczne koszty pożarów*, BiTP Vol. 35 Issue 3, 2014, pp. 39–45.
[9] Rakowska J., Porycka B., *Ocena efektywności stosowania zanieczyszczonych wód powierzchniowych w akcjach gaśniczych*, CNBOP-PIB, Józefów 2012, ISBN: 978-83-61520-25-2.
[10] Schroeder M. (red.), *Była taka akcja…*, CNBOP-PIB, Józefów 2012, ISBN: 978-83-61520-13-9.
[11] Kamińska M., *Warunki środowiskowe polskiej strefy południowego Bałtyku w 2001 roku*, Materiały Oddziału Morskiego IMGW, Gdynia 2004.
[12] World Ocean Atlas 2013, [dok. elektr.] http://www.nodc.noaa.gov/OC5/woa13/ [dostęp: 10.12.2014 r.].
[13] PN-EN 1568-1:2008/AC 2010 Środki gaśnicze. Pianotwórcze środki gaśnicze. Część 1: Wymagania dotyczące środków pianotwórczych do wytwarzania piany średniej służącej do powierzchniowego gaszenia cieczy palnych nie mieszających się z wodą.
[14] PN-EN 1568-2:2008/AC 2010 Środki gaśnicze. Pianotwórcze środki gaśnicze. Część 2: Wymagania dotyczące środków pianotwórczych do wytwarzania piany lekkiej służącej do powierzchniowego gaszenia cieczy palnych nie mieszających się z wodą.
[15] PN-EN 1568-3:2008/AC 2010 Środki gaśnicze. Pianotwórcze środki gaśnicze. Część 3: Wymagania dotyczące środków pianotwórczych do wytwarzania piany ciężkiej służącej do powierzchniowego gaszenia cieczy palnych nie mieszających się z wodą.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.6

[16] PN-EN 1568-4:2008/AC 2010 Środki gaśnicze. Pianotwórcze środki gaśnicze. Część 4: Wymagania dotyczące środków pianotwórczych do wytwarzania piany ciężkiej służącej do powierzchniowego gaszenia cieczy palnych mieszających się z wodą.
[17] ISO 7203-1:2011 Fire extinguishing media. Foam concentrates. Part 1: Specification for low-expansion foam concentrates for top application to water-immiscible liquids.
[18] ISO 7203-3:2011 Fire extinguishing media. Foam concentrates. Part 3: Specification for low-expansion foam concentrates for top application to water-miscible liquids.
[19] MSC.1/Circ.1312, ed. 2009 Revised guidelines for the performance and testing criteria, and surveys of foam concentrates for fixed fire-extinguishing systems
[20] NFPA 11:2010 Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam.
[21] Rakowska J., Porycka B., Radwan K., *Zastosowanie pian gaśniczych i zwilżaczy do gaszenia pożarów lasów, torfowisk i zarośli*, w: *Inżynieria bezpieczeństwa z zagrożenia cywilizacyjne, Zmienność zagrożeń a innowacje w ratownictwie*, A. Gil, U. Nowacka, M. Chmiel (red.), Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarniczej w Częstochowie, Częstochowa 2014, 183–202.

* * *

mł. bryg. dr inż. Joanna Rakowska – ukończyła studia na Wydziale Inżynierii Materiałowej Politechniki Warszawskiej. Stopień doktora nauk technicznych w zakresie technologii chemicznej uzyskała na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej. Obecnie pracuje w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej – PIB w Zespole Laboratoriów Badań Chemicznych i Pożarowych. Specjalność – technologia preparatów chemicznych stosowanych przez jednostki ratowniczo-gaśnicze.

mgr Katarzyna Radwan – ukończyła studia na Wydziale Matematyczno-Przyrodniczym (kierunek chemia) Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach. Obecnie pracuje w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej – PIB w Zespole Laboratoriów Badań Chemicznych i Pożarowych. Specjalność – technologia preparatów gaśniczych.

mgr Bożenna Porycka – ukończyła studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Warszawskiego. Pracuje w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej – PIB w Zespole Laboratoriów Badań Chemicznych i Pożarowych. Specjalność – technologia środków gaśniczych i neutralizujących.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB Please cite as: BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 77–92

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.7

dr hab. inż. **Jarosław Prońko**, prof. UJK[1]
st. bryg. w st. sp. mgr inż. **Jan Kielin**[2]
mgr **Beata Wojtasiak**[2]

Przyjęty/Accepted/Принята: 08.06.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 27.08.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Przestrzenna analiza zagrożeń na podstawie danych historycznych[3]

Spatial Analysis of Hazards Based on Historical Data

Пространственное размещение угроз на основе исторических данных

ABSTRAKT

Cel: Opis metody przestrzennej analizy zagrożeń.
Wprowadzenie: W celu doskonalenia systemu ratownictwa potrzebna jest wiedza na temat występujących na danym obszarze zdarzeń wymagających działania służb ratowniczych. Powinna być ona rzetelnie udokumentowana, a metody wnioskowania wiarygodne. Wiedzę na ten temat czerpiemy zawsze z przeszłości. Może być ona zawarta w zbiorach danych lub w doświadczeniu ekspertów. Korzystanie z wiedzy i doświadczenia ekspertów jest niekiedy konieczne, jednakże zawsze obarczone subiektywizmem. Dane archiwalne natomiast są mniej subiektywne. Wymagają jednak stosowania odpowiednich narzędzi w procesie wydobywania z nich wiedzy i wnioskowania. Dokonując ukierunkowanej analizy statystycznej danych dotyczących pożarów i innych zdarzeń miejscowych, które miały miejsce na danym obszarze w określonym przedziale czasu, możemy wskazać na przestrzenne rozmieszczenie tych zdarzeń. Z przeprowadzonych badań wynika, że ewolucja zmian w rozkładzie gęstości zdarzeń krytycznych jest bardzo powolna. Pozwala to założyć, że rozkład gęstości zdarzeń krytycznych jest w kilkuletnich przedziałach czasowych stacjonarny. Prowadzenie zatem takich analiz może być bardzo przydatne do planowania: rozmieszczenia i potencjału jednostek ratowniczych, w kontekście narzuconych norm czasowych reakcji systemu ratowniczego na incydenty krytyczne.
Metodologia: Analiza i prognozowanie statystyczne.
Wnioski: Proces pojawiania się zdarzeń krytycznych na wybranym obszarze można opisać za pomocą stacjonarnego (w pewnym przedziale czasowym) procesu Poissona. Prognozy oparte na tym schemacie są w znacznym stopniu wiarygodne pod warunkiem, że oceny ryzyka wystąpienia zdarzeń krytycznych dokonamy agregując prognozy z obszarów podstawowych. Najmniejszym obszarem podstawowym dla takiej analizy może być kwadrat o pow. 1 km^2 wyznaczony przez współrzędne topograficzne. Zliczamy liczbę zdarzeń krytycznych w poszczególnych kwadratach podstawowych na przestrzeni np. jednego roku. Rezultatem tego będzie mapa z historyczną gęstością zdarzeń krytycznych na wskazanym obszarze. Z przeprowadzonych badań wynika, że przyjmując wyznaczoną liczbę zdarzeń krytycznych w poszczególnych kwadratach, jako oczekiwaną liczbę zdarzeń krytycznych w rozkładzie Poissona, możemy z dużym stopniem wiarygodności prognozować liczbę zdarzeń krytycznych w roku następnym. Prognoza taka pomimo metodycznej prostoty jest prognozą w 90% wiarygodną. Starano się to wykazać w prezentowanym artykule.

Słowa kluczowe: analiza ryzyka, analiza statystyczna, prognozowanie statystyczne
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

ABSTRACT

Aim: To describe the process for the conduct of a spatial analysis of hazards.
Introduction: Improvements to the rescue system require knowledge of incidents taking place in a given area, which need the intervention from rescue services. Such information ought to be scrupulously documented and inference methods should be plausible. Knowledge of issues is gained from past experience. This may be held on a database or derived from the experience of experts. Use of expert knowledge and experience is at times necessary, however, it is always weighed down with subjectivity. On the other hand, historical data

[1] Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach / The Jan Kochanowski University in Kielce;
[2] Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, Józefów / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland; jkielin@cnbop.pl;
[3] Wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage contribution: J. Prońko – 60%, J. Kielin – 20%, B. Wojtasiak – 20%;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.7

is less subjective. The use of historical data requires an application of appropriate tools during the process of knowledge extraction and formulation of conclusions. It is possible to reveal a spatial dispersion of incidents from a focused statistical analysis of historical data, about fires and other local incidents, which occurred in a given area within a specified time frame. Prior research reveals that evolutionary change in the distribution density of critical incidents is very slow. This allows for an assumption that the density distribution of critical incidents, in a time frame of several years, is static. Therefore, the production of such an analysis can be very useful for planning purposes, to deal with issues concerning the distribution and capability levels of fire stations in context of applied standards for speed of response, to address critical incidents.
Methodology: Analysis and statistical forecasting.
Conclusions: Emergence of critical incidents in selected areas may be described with the aid of a stationery (in a particularly compartmentalized time frame) Poisson distribution. Forecasts based on this approach have significant credibility, subject to the proviso that the risk evaluation of a critical incident event will be made by aggregating forecasts from initial base areas. The smallest base area for such an analysis may be a square with an area of 1 km ^{2} identified by topographic co-ordinates. The number of critical incidents should be counted for each square over a period of say, one year. The result will reveal a map with a historical density of critical incidents for an identified target area. Research reveals that by accepting an identified number of critical incidents in individual squares, as an anticipated number of critical incidents in a Poisson distribution, it is possible to forecast the number of critical incidents in the following year with a high level of confidence. Such an estimate, despite the simplistic approach, is a forecast with 90% credibility, a point, which this article sought to demonstrate.

Keywords: risk analysis, statistical analysis, statistical forecasting
Type of article: original scientific article

АННОТАЦИЯ

Цель: Описание метода пространственного анализа угроз.
Введение: Для совершенствования системы спасения нужно обладать информацией относительно событий, которые происходят на данной территории, и которые требуют интервенции спасательных служб. Такая информация должна быть тщательно задокументирована, а методы подведения итогов – достоверны. Мы получаем её всегда из прошлого. Она может содержаться в базах данных или в опыте экспертов. Иногда использование знаний и опыта экспертов необходимо, но оно всегда связано с субъективизмом. Архивные данные менее субъективны. Однако, они требуют использования соответствующих инструментов в процессе извлечения информации и выводов. Проводя направленный статистический анализ данных, касающихся пожаров и других аварий, которые случились на данном участке в определённом промежутке времени, мы можем определить пространственное распределение этих событий. Из проведенных исследований следует, что эволюция изменений в распределении плотности критических явлений очень медленная. Это позволяет предположить, что плотность распределения критических явлений, появляющихся в период нескольких лет, стационарная. Поэтому, такие анализы могут быть очень полезны для планирования: распределения и потенциала спасательных единиц, в контексте обязательных стандартов времени реакции спасательной системы на критические инциденты.
Методология: Статистический анализ и прогнозирование.
Выводы: Процесс появления критических явлений на данном участке можно описать при помощи стационарного (в определенный период времени) процесса Пуассона. Прогнозы, основанные на этой схеме, в значительной степени достоверны при условии, что оценка риска появления критических явлений будет сделана путём объединения прогнозов с основных участков. Наименьшим основным участком для такого анализа может быть квадрат поверхностью 1 км^2, обозначенный топографическими координатами. Подсчитывается число критических событий в отдельных основных квадратах в течении, например, одного года. Результатом будет карта с исторической плотностью критических событий на определённом участке. Из проведенных исследований следует, что принимая данное число критических событий в отдельных квадратах в качестве ожидаемого числа событий в распределении Пуассона, можно с большой степенью уверенности прогнозировать число критических явлений в следующем году. Прогноз помимо методологической простоты является 90% достоверным методом, что и старались доказать авторы в данной статье.

Ключевые слова: анализ риска, статистический анализ, статистическое прогнозирование
Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wstęp

Podczas tworzenia bądź reorganizacji systemu ratowniczego zawsze stajemy w obliczu pytania: na ile ów system będzie skuteczny i efektywny? Skuteczność działania służb ratowniczych postrzegana jest najczęściej przez pryzmat szybkości reakcji oraz adekwatności wyposażenia i umiejętności ratowników. Jej wzrost możemy osiągać zarówno poprzez zwiększanie potencjału tych służb, jak i przez efektywniejsze ich wykorzystanie. We współczesnym świecie to ten drugi sposób jest wyznacznikiem postępu i rozwoju cywilizacyjnego. Tak naprawdę nie jest istotne, ile wydajemy pieniędzy, ale jaki efekt osiągamy. Jak wykazały japońskie przedsiębiorstwa, wdrażając filozofię Kaizen, doskonalenie jest procesem ciągłego poszukiwania oraz eliminacji marnotrawstwa sił i środków, a nie wtłaczania pieniędzy w skostniałe struktury. Podstawowym etapem procesu doskonalenia jest gruntowne zrozumienie sytuacji, dopasowanie się do niej, ujawnianie miejsc powstawania szeroko rozumianego marnotrawstwa i ich eliminacji. Pierwszym krokiem jest jednak pełne rozpoznanie sytuacji.

System ratownictwa konstruuje się w celu niesienia skutecznej pomocy ludziom doświadczającym różnego

typu zdarzeń, które zagrażają ich życiu, zdrowiu i mieniu. Ma on skutecznie działać w przypadku zagrożeń miejscowych. Wielkość zdarzeń kwalifikujących się do tego miana nie jest precyzyjnie określona. Zależy ona od możliwości działania służb ratowniczych. W przypadku większych zdarzeń uruchamiany jest system zarządzania kryzysowego, który pozwala na mobilizację większej liczby sił i środków.

Doskonalenie systemu ratownictwa wymaga zatem wiedzy na temat występujących na danym obszarze zdarzeń wymagających działania służb ratowniczych. Powinna być ona rzetelnie udokumentowana, a metody wnioskowania wiarygodne. Wiedzę na ten temat czerpiemy zawsze z przeszłości. Może być ona zawarta w zbiorach danych lub w doświadczeniu ekspertów. Korzystanie z wiedzy i doświadczenia ekspertów jest niekiedy konieczne, jednakże zawsze obarczone subiektywizmem. Zarówno w sferze poznawczej, jak i prognostycznej. Dane archiwalne natomiast są mniej subiektywne, zwłaszcza jeżeli opieramy się na liczbach, a nie opiniach. Wymagają jednak stosowania odpowiednich narzędzi w procesie wydobywania z nich wiedzy i wnioskowania.

W każdej jednak sytuacji wnioski dotyczące oceny działania systemu ratownictwa płyną z przeszłości, a ewentualne zmiany i udoskonalenia sprawdzane będą w przyszłości. Rodzi się zatem kilka istotnych pytań:

- Jaki jest związek przyszłych zdarzeń z podobnymi z przeszłości?
- Jakich narzędzi użyć do tworzenia prognoz?
- Jak bardzo możemy tym prognozom wierzyć?

2. Wprowadzenie metodyczne

Prezentowana w niniejszym artykule metoda przestrzennej analizy zagrożeń miejscowych oparta została na informacjach o wydarzeniach z przeszłości zapisanych w rejestrach Państwowej Straży Pożarnej. Ich wstępna analiza wskazuje na sporadyczność występowania takich zdarzeń. Na analizowanym obszarze o powierzchni około 620 km^2 w rejestrach PSP zanotowano około 1300 zdarzeń w skali roku. Co daje około 3–4 zdarzeń dziennie, a w ujęciu przestrzennym – 1 wydarzenie na obszarze około 170 km^2 dziennie, lub średnio 2 wydarzenia rocznie na km^2. Wśród analizowanych zdarzeń można wyróżnić: pożary, wypadki i kolizje drogowe, usuwanie skutków działania sił natury, zabezpieczenie działania innych służb ratowniczych itp.

Nie ulega wątpliwości, że poszczególne incydenty krytyczne są wzajemnie niezależne i występują w sposób losowy. A zatem najlepszym modelem opisu ich występowania będzie model probabilistyczny. O ile do analizy przestrzennego rozkładu występowania zdarzeń krytycznych można wykorzystać empiryczne rozkłady zmiennych losowych, o tyle w sferze prognozowania niezbędne jest aproksymowanie ich rozkładami teoretycznymi. W tym celu dokonano wstępnej analizy danych empirycznych.

Wstępne badania przeprowadzono w oparciu o dane dotyczące obszaru jednego powiatu, którego obszar 620 km^2 podzielono na obszary jednostkowe – kwadraty o powierzchni 1 km^2, zgodnie z Państwowym Układem Współrzędnych Geodezyjnych 1992. Przestrzenny rozkład liczby pożarów w latach 2009–2011 na obszarze obejmującym 100 obszarów jednostkowych przedstawiono w tabeli 1. Jak wynika z danych tam zawartych ulega on, z roku na rok, jedynie niewielkim zmianom, związanym z losowością zjawiska. Uogólniając, przestrzenny rozkład liczby pożarów w skali roku jest wystarczająco stabilny do stwierdzenia, że proces ich pojawiania się jest procesem stacjonarnym, przynajmniej na przestrzeni kilku lat.

Tabela 1. Przestrzenny rozkład liczby pożarów na obszarze 100 km^2 w latach 2009–2011
Table 1. Spatial distribution of the number of fires in the area of 100 km^2 during years 2009–2011

2009

					12				
		6	5						
	15	7	14	1					
	8	7	12						
	11	4	10	14	11			2	2
3	34	5	18	11	11	10			
1	9	3	10	23	9				
6	2	14	7						
6	4	1	6	6			1	1	3
10	3	5		3					

2010

			5		8				
		3	2						
	6	8	14		1				
	3	4	18						
	7	2	8	13	5			1	1
2	34	6	13	18	23	15	2		
1	1	7	3	18	9		2		1
1	4	9	9	1	1	1			
5	3	4	1	4					1
3	5	7		2					

2011

			2		15				
		3	6						
	5	8	17		3				
	18	9	16				1		
	9	3	12	22	7		1	4	2
2	32	5	12	23	12	11			
1	7	4	5	18	8		4		1
3	4	18	6	1	3	4			
2	2	7	4	11		1	1		4
5	7	4	1	4		3		4	

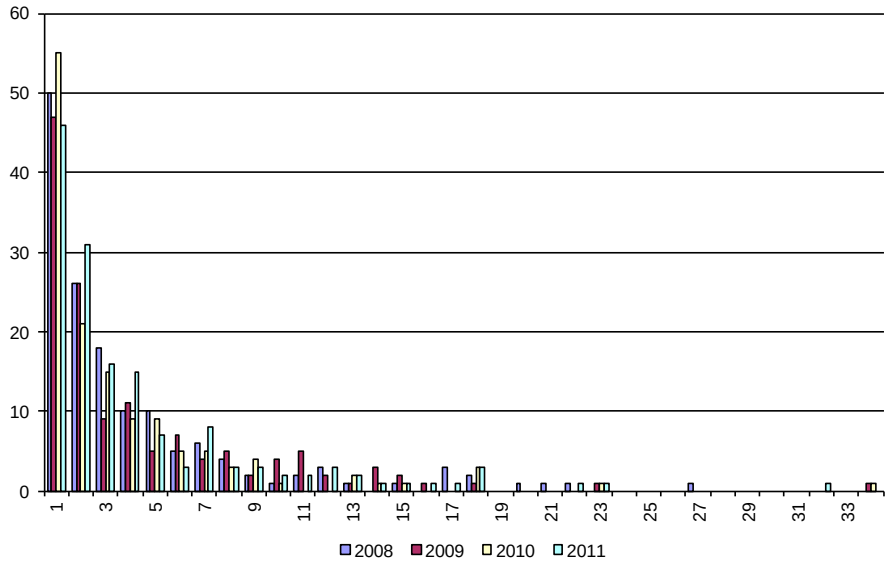
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST 2.5.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST 2.5.

Podobnie, liczba obszarów jednostkowych o jednakowej liczbie pożarów dla całego rozpatrywanego obszaru w poszczególnych latach ulega niewielkim zmianom, co przedstawiono na rycinie 1. Nie uwzględniono na niej obszarów jednostkowych, na których pożary nie wystąpiły. Ich liczba w poszczególnych latach wynosiła odpowiednio: rok 2008 – 472; rok 2009 – 483; rok 2010 – 484; rok 2011 – 469.

Liczba zdarzeń krytycznych na danym obszarze zależy od:

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.7

– pokrycia terenu, a w szczególności infrastruktury i zabudowy terenu;
– gęstości zaludnienia;
– kultury zamieszkujących go ludzi, a w szczególności ich mentalności;
– przyzwyczajeń.



Ryc. 1. Histogramy empirycznych rozkładów pożarów na analizowanym terenie w latach 2008–2011
Fig. 1. Histograms of empirical distributions analyzed fires in the area in the years 2008–2011
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST 2.5.
Source: Personal elaboration on the basis of data from the database SWD-ST 2.5.

Wskazane elementy podlegają powolnej ewolucji, jednakże w dość znacznych (kilkuletnich) przedziałach czasowych można je uznać za stałe. Pozwala to przyjąć założenie o stacjonarności procesu pojawiania się kolejnych zdarzeń krytycznych, przynajmniej w przedziałach niezmienności wskazanych powyżej czynników. Założenie to potwierdzają również wyniki analiz przestrzennego rozkładu zdarzeń krytycznych, których najistotniejsze elementy przedstawiono powyżej.

Na podstawie powyższych analiz można założyć, że proces pojawiania się kolejnych zdarzeń krytycznych na danym obszarze można opisać stacjonarnym procesem Poissona. Typowa realizacja takiego procesu to funkcja skokowa o wartości skoku 1, której argumentem jest czas. Rozpoczyna się od wartości 0, aby po pewnym czasie zmienić swą wartość na 1, a następnie 2, itd. Skok wartości o 1 dokonuje się w chwilach losowych. Jeżeli czas pojawiania się kolejnych skoków można opisać rozkładem wykładniczym o stałym parametrze λ, to proces ten nazywamy stacjonarnym.

Jak wynika z powyższego opisu, jest to typowy proces zliczający zdarzenia, wartość funkcji jest zawsze liczbą naturalną (początkowa wartość to 0), natomiast argumentem jest czas, który możemy opisywać w sposób ciągły lub dyskretny. W tym drugim przypadku musi być spełniony warunek, że przedziały czasu na jakie dzielimy okres obserwacji powinny być tak małe, aby prawdopodobieństwo pojawienia się dwóch zdarzeń w jednym przedziale czasowym było znikomo małe.

Dokładnie tak, jak opisano powyżej, pojawiają się zdarzenia krytyczne na badanym obszarze. Rozpoczynając obserwację od początku roku kalendarzowego, początkowa liczba zdarzeń krytycznych wynosi 0, po pewnym czasie pojawia się pierwsze zdarzenie, następnie drugie i kolejne. W rezultacie na koniec roku otrzymujemy sumę zdarzeń krytycznych za ubiegły rok. Czas pojawiania się kolejnych zdarzeń jest całkowicie losowy, a liczba zdarzeń w kolejnych latach jest wzajemnie niezależna. Aby wskazany opis procesu można było zastosować do prognozowania liczby zdarzeń w kolejnych latach, należy określić podstawowy parametr tego procesu – oczekiwaną liczbę zdarzeń lub oczekiwaną częstość ich pojawiania się. W przypadku procesu stacjonarnego zakładamy, że jest on taki sam dla kolejnych rozłącznych okresów obserwacji. Natomiast w przypadku procesu niestacjonarnego zakładamy, że parametr ten jest zmienny w czasie i znamy funkcję opisującą tę zmienność.

A zatem kolejnym krokiem powinno być określenie zależności między czasami pojawiania kolejnych zdarzeń krytycznych. Ze względu na ograniczenia objętościowe tekstu, analiza taka zostanie przedstawiona na przykładzie pojawiania się pożarów na wybranym obszarze obejmującym 16 km^2, czyli 16 obszarów jednostkowych.

Na wybranym obszarze w kolejnych latach było:
– 178 pożarów – 2008 rok;
– 175 pożarów – 2009 rok;
– 153 pożary – 2010 rok;
– 152 pożary – 2011 rok.

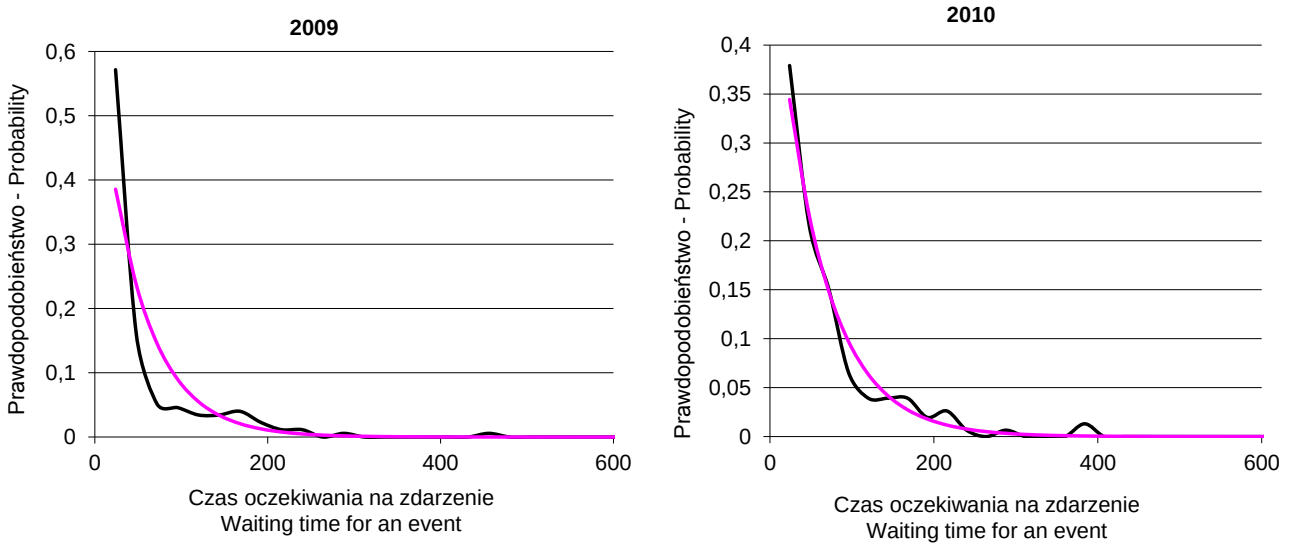
Podstawowe parametry rozkładów empirycznych czasu oczekiwania na kolejne zdarzenie przedstawiono w tabeli 2. Okresy oczekiwania na kolejne zdarzenie liczono, jak w przypadku procesu Poissona – od północy 1 stycznia danego roku.

Tabela 2. Podstawowe parametry rozkładów empirycznych czasu oczekiwania na kolejne zdarzenie w poszczególnych latach
Table 2. Basic parameters of an empirical distribution of waiting time for the next event in subsequent years

Rok Year	2008	2009	2010	2011
Średni czas oczekiwania na zdarzenie (godz.) The average time for an event (hrs.)	49,13	49,28	56,85	56,92
Najdłuższy czas oczekiwania na zdarzenie (godz.) The longest waiting time for an event (hrs.)	495,75	712,1	381,7	363,94
Najkrótszy czas oczekiwania na zdarzenie (godz.) The shortest waiting time for an event (hrs.)	0,19	0,13	0,39	0,18
Odwrotność średniego czasu oczekiwania (λ) (1/godz.) The reciprocal of the average waiting time (λ) (1 / hr.)	0,0203	0,0203	0,0176	0,0176

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST 2.5.
Source: Personal elaboration on the basis of data from the database SWD-ST 2.5.

Na rycinie 2. porównano gęstość prawdopodobieństwa empirycznych rozkładów czasu oczekiwania z gęstością prawdopodobieństwa rozkładów wykładniczych o średnim czasie oczekiwania wynikającym z tabeli 2. Ze względu na ograniczoną objętość artykułu przedstawiono tylko lata 2009 i 2010.

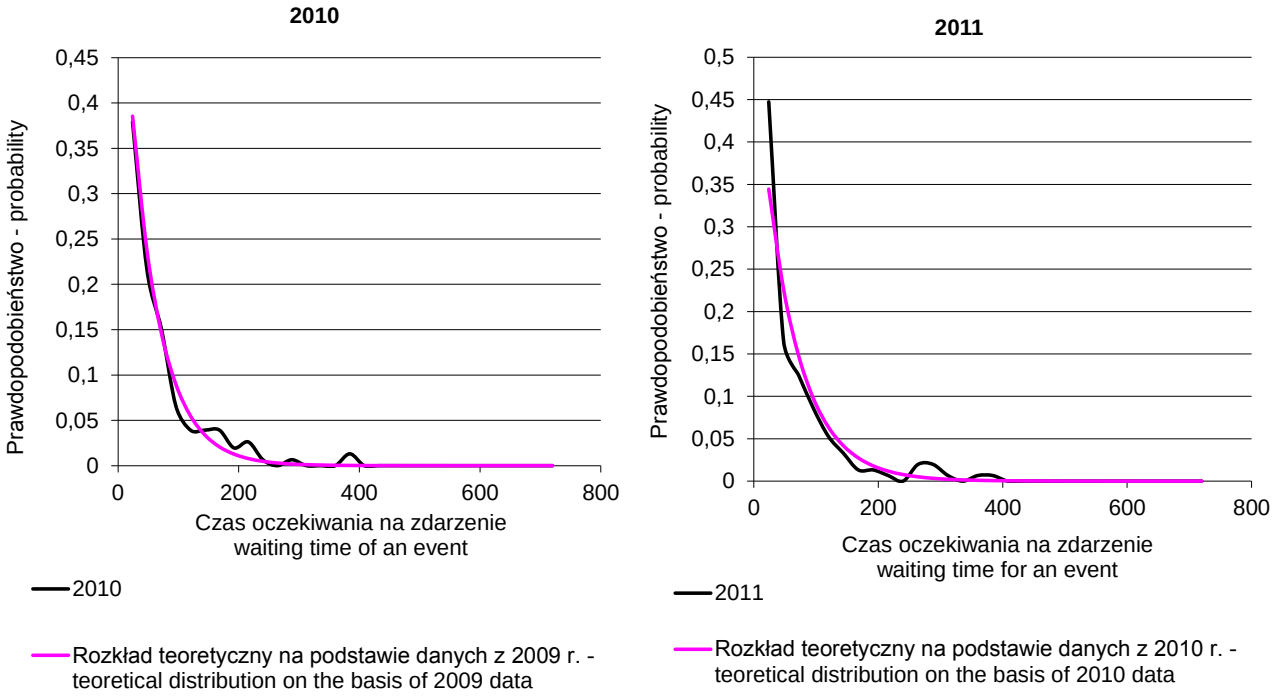


Ryc. 2. Porównania gęstości prawdopodobieństwa rozkładów empirycznych z teoretycznymi o tym samy współczynniku λ
Fig. 2. Comparison of probabilistic density for empirical and theoretical distributions using the same factor λ
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST 2.5.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST 2.5.

Jak widać na ryc. 2., kształt funkcji gęstości prawdopodobieństwa rozkładu empirycznego i teoretycznego jest bardzo zbliżony. Dla weryfikacji powyższego wniosku oszacowano błąd średniokwadratowy dopasowania krzywej empirycznej do teoretycznej. Dla danych z roku 2009 błąd ten wynosił 0,0013, natomiast dla roku 2010 – 0,0004. W pozostałych latach wynosił odpowiednio: 2008 r. – 0,0005; 2011 r. – 0,0008. Wielkość tego błędu zależy w znacznej mierze od ilości danych empirycznych poddanych analizie, jeżeli zatem podzielimy obszar na mniejsze podobszary to błąd średniokwadratowy dopasowania zwiększa się. I tak w przypadku obszarów podstawowych osiąga wartość na poziomie 0,02. Na podstawie powyższych analiz można stwierdzić, że aproksymacja empirycznych rozkładów czasu oczekiwania na kolejne zdarzenie rozkładem wykładniczym o czasie oczekiwania na kolejne zdarzenie równym średniej czasów oczekiwania rozkładu empirycznego jest poprawna.

Zasadniczym problemem, w kontekście prognozowania przyszłych zdarzeń, jest pytanie: Czy empiryczny rozkład gęstości prawdopodobieństwa czasu oczekiwania na zdarzenie jest zbieżny z rozkładem teoretycznym opracowanym na podstawie danych z poprzedniego okresu obserwacji? Poszukując odpowiedzi na to pytanie, porównano kształt krzywej opisującej empiryczny rozkład gęstości prawdopodobieństwa z teoretycznym rozkładem wykładniczym o oczekiwanym czasie zajścia kolejnego zdarzenia równym średniej tego czasu z poprzedniego roku (zobacz ryc. 3) oraz wyznaczono błąd średniokwadratowy dopasowania tych funkcji.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.7



Ryc. 3. Porównania gęstości prawdopodobieństwa rozkładów empirycznych z teoretycznymi o współczynniku λ z roku poprzedniego

Fig. 3. Comparisons probability density distributions of empirical and theoretical coefficient of λ from the previous year

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST 2.5.

Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST 2.5.

Podobnie jak w poprzednim przypadku kształty tych funkcji są bardzo zbliżone. Podobnie błąd średniokwadratowy ich dopasowania wynosi odpowiednio: rok 2009 – 0,0013; rok 2010 – 0,0003; rok 2011 – 0,0008.

W dotychczasowych analizach średni czas oczekiwania na zdarzenie szacowano na podstawie faktycznych czasów oczekiwania. W praktyce może to być dość uciążliwe. Analizując dane historyczne, wykazano, że czas oczekiwania na kolejne zdarzenie krytyczne bardzo dobrze opisuje rozkład wykładniczy (zob. ryc. 2), którego dystrybuantę możemy opisać wzorem:

$$p(T,\lambda)=1-e^{-\lambda T}$$

gdzie: $p(T,\lambda)$ – prawdopodobieństwo, że kolejne zdarzenie zaistnieje w czasie T od zdarzenia poprzedniego (początku obserwacji); λ – częstość zdarzeń – liczba zdarzeń w jednostce czasu.

Liczbę zdarzeń w jednostce czasu (λ), w dotychczasowych rozważaniach, określano jako odwrotność średniej z czasów oczekiwania na kolejne zdarzenia. Załóżmy, że znamy jedynie liczbę zdarzeń w roku (*k*). Wówczas częstość zdarzeń (λ) w jednostce czasu (godz.) możemy oszacować z następującej zależności:

$$\lambda=\frac{k}{8760}$$

gdzie: 8760 – liczba godzin w roku kalendarzowym (nieprzestępnym)

Z analizy danych empirycznych (zob. tabela 3) wynika, że różnice między tymi dwoma metodami oszacowania parametru (λ) są znikome. Można zatem, zamiast uciążliwej metody szacowania czasu oczekiwania na kolejne zdarzenie z analizy danych empirycznych (metoda I), skorzystać z metody uproszczonej – podzielić oczekiwaną liczbę zdarzeń w danym przedziale czasowym (roku) przez liczbę jednostek czasu objętych tym przedziałem (8760 h) (metoda II).

Tabela 3. Częstość zdarzeń wyznaczona dwoma metodami: metoda I – średnia z danych empirycznych; metoda II – z ilości zdarzeń w roku

Table 3. Frequency of events determined by two methods: Method I – average empirical data; Method II – the number of events per year

		Rok / Year			
		2008	**2009**	**2010**	**2011**
metoda I method I	średni czas oczekiwania na zdarzenie (godz.) the average waiting time for an event (hrs.)	49,13517	49,2856	56,85379	56,92954
	częstość zdarzeń λ [1/godz.] eventrate λ [1 / hr.]	0,020352	0,02029	0,017589	0,017566

		Rok / Year			
		2008	2009	2010	2011
metoda II method II	liczba zdarzeń w roku the number of events per year	178	174	152	151
	średni czas oczekiwania (8760/k) the average waiting time (8760 / f	49,21348	50,34483	57,63158	58,01325
	częstość zdarzeń λ [1/godz.] event rate λ [1 / hr.]	0,02032	0,019863	0,017352	0,017237

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST 2.5.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST 2.5.

Na podstawie wynikow badań, ktore w skróconej formie zaprezentowano w tej części artykułu, możemy stwierdzić, że:

- proces pojawiania się kolejnych zdarzeń krytycznych w skali roku można opisać za pomocą stacjonarnego procesu Poissona;
- proces pojawiania się zdarzeń krytycznych jest procesem stacjonarnym na przestrzeni kilku lat;
- do prognozowania liczby zdarzeń w kolejnym roku można przyjąć, jako wartość oczekiwaną, liczbę zdarzeń z roku poprzedniego;
- można również, jako wartość oczekiwaną, przyjąć średnią z kilku ostatnich lat (w przypadku małej liczby zdarzeń danego rodzaju), jednakże sięganie w przeszłość ma swoje ograniczenia związane ze: zmianami w pokryciu terenu, jego zabudowie, gęstości zaludnienia oraz zmian w kulturze społecznej; wskazane uwarunkowania ograniczają wiarygodny przedział czasowy do trzech lat poprzedzających.

Reasumując, można stwierdzić, że proces pojawiania się kolejnych zdarzeń krytycznych na wskazanym obszarze w danym roku jest stacjonarnym procesem Poissona o wartości oczekiwanej równej liczbie zdarzeń z roku ubiegłego lub średniej z maksymalnie trzech lat poprzedzających.

3. Prognozowanie

Podstawowym parametrem rozkładu Poissona jest oczekiwana liczba zdarzeń (λ) w danym przedziale czasowym (T) na określonym obszarze (S). Znając ten parametr i przyjmując jego stałość w rozpatrywanym okresie czasu (proces stacjonarny), możemy wyznaczyć prawdopodobieństwo pojawienia się k zdarzeń na tym obszarze (S) w zadanym czasie (T) ze wzoru (funkcja gęstości prawdopodobieństwa):

$$P(k;\lambda) = \frac{\lambda^k}{k!} \cdot e^{-\lambda}$$

Natomiast prawdopodobieństwo pojawienia się co najwyżej k zdarzeń na tym obszarze (S) w określonym przedziale czasu (T) wyznaczamy ze wzoru (dystrybuanta rozkładu):

$$P\{i \le k;\lambda\} = e^{-\lambda} \cdot \sum_{i=1}^{k} \frac{\lambda^i}{i!}$$

Załóżmy, że chcemy wyznaczyć prawdopodobieństwo pojawienia się *k* zdarzeń na danym obszarze (S), ale w przedziale czasowym *n* razy dłuższym. Uwzględniając stacjonarność procesu, należy stwierdzić, że oczekiwana liczba zdarzeń (λ) w każdym z *n* przedziałów czasowych będzie taka sama, a zatem oczekiwana liczba zdarzeń w przedziale n*T będzie równa n*λ. A zatem prawdopodobieństwo pojawienia się k zdarzeń w przedziale n razy dłuższym od T będzie wynosić:

$$p(k;n\lambda) = \frac{(n\lambda)^k}{k!}$$

Przez analogię przedział czasowym możemy podzielić na *n* przedziałów o jednakowej długości, wówczas:

$$\lambda' = \frac{\lambda}{n} \rightarrow\ p\left(k;\frac{\lambda}{n}\right) = \frac{\left(\frac{\lambda}{n}\right)^k}{k!}$$

Podobnie jest w przypadku łączenia obszarów o znanych wartościach oczekiwanych liczb zdarzeń. Natomiast podział obszaru na mniejsze elementy jest możliwy jedynie przy założeniu, że wartość oczekiwana liczby zdarzeń jest taka sama dla każdego z podobszarów.

Załóżmy, że powiat składa się z 5 gmin. W danym roku zanotowano w poszczególnych gminach odpowiednio: λ_1, λ_2, λ_3, λ_4, λ_5 zdarzeń. Wówczas liczba zdarzeń zanotowanych w całym powiecie będzie równa sumie zdarzeń z poszczególnych gmin. Przyjmując zanotowaną liczbę zdarzeń, jako ich wartość oczekiwaną w roku przyszłym (zgodnie z wnioskami z poprzedniego rozdziału) możemy stwierdzić, że oczekiwana liczba zdarzeń w roku przyszłym dla całego powiatu będzie sumą oczekiwanej liczby zdarzeń w poszczególnych gminach.

Znając oczekiwaną liczbę zdarzeń (λ) na danym obszarze (S) w określonym przedziale czasu (T), można wyznaczyć prawdopodobieństwo pojawienia się kolejnego zdarzenia w określonej odległości czasowej od zdarzenia poprzedniego.

Załóżmy, że w chwili t_0 zaszło zdarzenie, chcemy wyznaczyć prawdopodobieństwo pojawienia się kolejnego zdarzenia w chwili t_1. Przyjmijmy również, że oczekiwana liczba zdarzeń w określonym przedziale czasowym (T) wynosi λ. Wówczas liczba zdarzeń w jednostce czasu (min) wyniesie:

$$\mu = \frac{\lambda}{T}\left[\frac{1}{min}\right]$$

A zakładana odległość czasowa między zdarzeniami wyniesie:

$$t = t_1 - t_0$$

Załóżmy ponadto, że czas mierzymy w sposób dyskretny z dokładnością do jednostki czasu (np. 1 min). Z założenia tego wynika, że jeżeli w pierwszej minucie zaszło zdarzenie, a następne zaistniało między początkiem i końcem trzeciej

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.7

minuty, to według naszej miary zaszło ono w trzeciej minucie, a odległość czasowa między pierwszym i drugim zdarzeniem wyniesie według naszej miary dwie minuty. Prawdopodobieństwo, że do czasu t_1 nie zajdzie zdarzenie możemy wyznaczyć ze wzoru:

$$p(k = 0\ dla\ t \leq t_1; \mu) = e^{-\mu t_1}$$

Natomiast prawdopodobieństwo, iż pierwsze zdarzenie pojawi się dopiero po czasie t_1 możemy wyznaczyć ze wzoru:

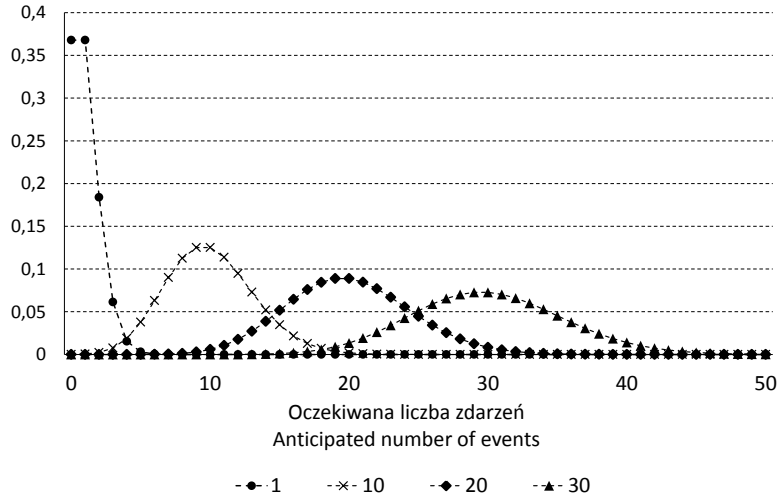
$$P\{k > 0\ dla\ t > t_1; \mu\} = 1 - e^{-\mu t_1}$$

Powyższe równanie opisuje dystrybuantę rozkładu wykładniczego, natomiast gęstość prawdopodobieństwa opisana jest wzorem:

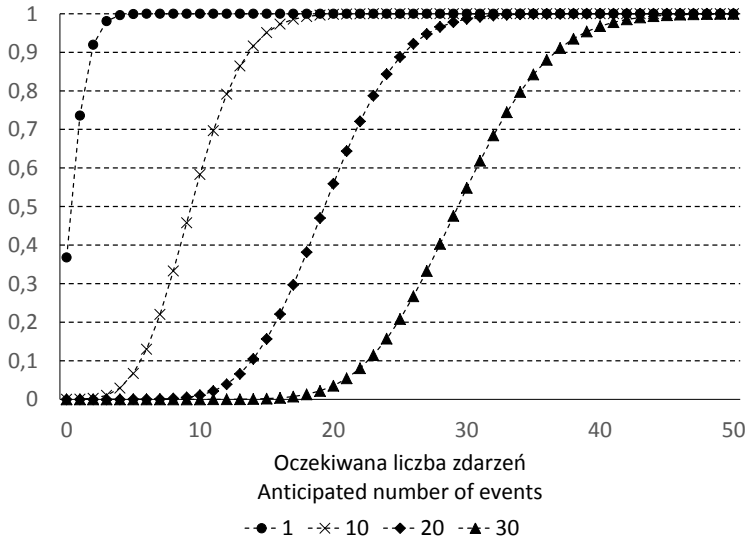
$$P\{k = 1\ dla\ t \leq t_1; \mu\} = \mu e^{-\mu t_1}$$

Z powyższych wzorów wynika, że rozkład Poissona jest ściśle związany z rozkładem wykładniczym, który opisuje rozkład losowy odstępów czasowych między kolejnymi zdarzeniami.

Rozkład Poissona poza ścisłym związkiem z rozkładem wykładniczym wykazuje również pewne własności predykcyjne, przydatne dla oceny ryzyka w najbliższej przyszłości. Jedną z tych własności jest brak pamięci w rozkładzie wykładniczym, czyli przyszłe realizacje tego rozkładu nie zależą od przeszłości, a jedynie od jego parametrów. Własność tę zachowuje również proces Poissona. Liczba zdarzeń w danym przedziale czasowym nie zależy od tego co zdarzyło się w poprzednich okresach czasu, a jedynie od parametrów tego procesu, czyli oczekiwanej liczby zdarzeń. Kolejną własność zobrazowano na rycinach 4 i 5 przedstawiających gęstość prawdopodobieństwa i dystrybuantę dla wybranych wartości *k* (oczekiwanej liczby zdarzeń).



Ryc. 4. Rozkład prawdopodobieństwa rozkładu Poissona dla różnych wartości oczekiwanej liczby zdarzeń
Fig. 4. Probability distribution function of Poisson distribution for different values of anticipated number of events
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 5. Dystrybuanta rozkładu Poissona dla różnych wartości oczekiwanej liczby zdarzeń
Fig 5. Probability distribution function of Poisson distribution for different values of the anticipated number of events
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Na przedstawionych rycinach wyraźnie widać, że zaobserwowana w danym przedziale czasowym liczba zdarzeń mieści się w pewnym zakresie zależnym od oczekiwanej liczby zdarzeń. Wielkość tego zakresu można wyznaczyć przy założonym poziomie ufności (1 – α) dla otrzymanego wyniku. Ujmując problem nieco inaczej, możemy wyznaczyć zakres przyszłych realizacji zmiennej losowej, jaką jest liczba zdarzeń w zadanym przedziale czasowym, z maksymalnym dopuszczalnym błędem α. Zakres ten nazywamy w statystyce przedziałem ufności dla oczekiwanej liczby zdarzeń. Możemy to zapisać w następującej postaci matematycznej:

$$P\{A \le l \le B\} = 1 - \alpha$$

Zakładając poziom istotności α = 0,1, ucinamy zakres dystrybuanty rozkładu na poziomie p = 0,05 oraz p = 0,95. Wyznaczone w ten sposób wartości A i B wskazują zakres przyszłych realizacji liczby zdarzeń w zadanym przedziale czasowym na standardowym obszarze na poziomie ufności (1 – α)=0,9, ponieważ:

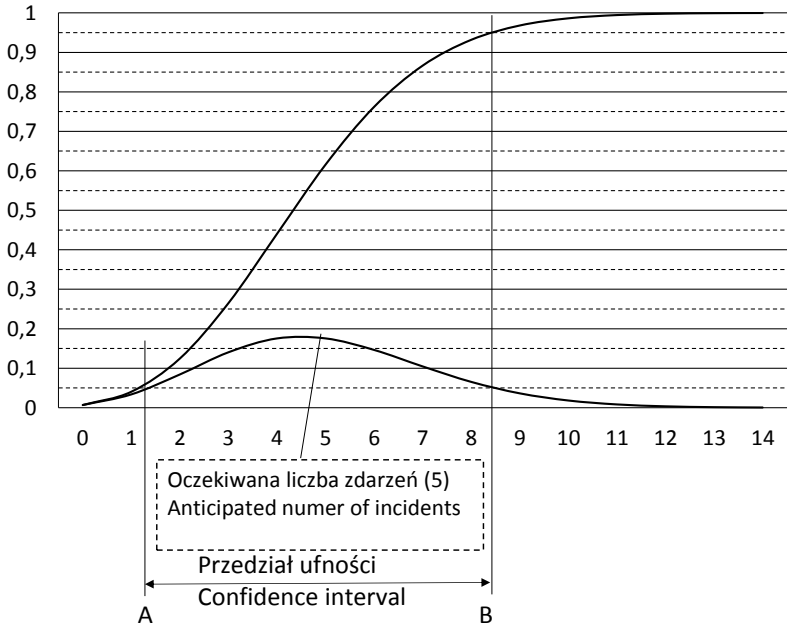
$$P\{A \le l \le B\} = P\{l \le B\} - P\{l \le A\} = 0{,}95 - 0{,}05 = 0{,}9$$

Dolną granicę A przedziału ufności możemy wyznaczyć ze wzoru:

$$p\{l \le A\} = 0{,}05 \rightarrow \sum_{l=0}^{A} \frac{\lambda^l}{l!} e^{-\lambda} = 0{,}05$$

Górną granicę B przedziału ufności możemy wyznaczyć ze wzoru:

$$p\{l \le B\} = 0{,}95 \rightarrow \sum_{l=0}^{B} \frac{\lambda^l}{l!} e^{-\lambda} = 0{,}95$$



Ryc. 6. Graficzna prezentacja prognozowania liczby zdarzeń z wykorzystaniem rozkładu Poissona przy oczekiwanej ich liczbie 5 oraz poziomie ufności 0,9
Fig. 6. Graphic presentation of predicting the number of events using the Poisson distribution with an anticipated number of 5 and a confidence level of 0.9
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Określanie przedziału ufności przy zadanym poziomie ufności przedstawiono na rycinie 8, z której można odczytać, że dla oczekiwanej liczby 5 zdarzeń przedział ten wynosi od 2 do 8 na poziomie ufności 0,9. Oznacza to, że w następnym okresie czasowym na tym obszarze należy oczekiwać od 2 do 8 incydentów. Najbardziej prawdopodobne są 4 lub 5 zdarzeń.

W tabeli 4 zestawiono prognozowane liczby zdarzeń dla różnych wartości oczekiwanej ich liczby przy poziomie ufności 0,9.

Tabela 4. Zestawienie przewidywanej liczby zdarzeń dla różnych wartości oczekiwanej ich liczby przy poziomie ufności 0,9
Table 4. Statement of the expected number of events for different values of anticipated numbers at a confidence level of 0.9

Oczekiwana liczba zdarzeń / Anticipated number of incidents	**Przewidywana liczba zdarzeń / Expected number of incidents**	
	Minimalna / Minimum	**Maksymalna / Maximum**
1	0	2
2	0	4
3	1	5

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.7

Oczekiwana liczba zdarzeń / Anticipated number of incidents	Przewidywana liczba zdarzeń / Expected number of incidents	
	Minimalna / Minimum	Maksymalna / Maximum
4	1	7
5	2	8
6	2	9
7	3	11
8	4	12
9	4	13
10	5	15

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Reasumując, najważniejsze dla potrzeb niniejszego artykułu własności procesu Poissona to:
- brak pamięci – przyszłe realizacje zależą jedynie od parametrów procesu, nie zaś od jego historii;
- występuje ścisły związek między procesem Poissona i rozkładem wykładniczym;
- możliwość łączenia przedziałów czasowych i obszarów przestrzennych;
- możliwość dzielenia przedziałów czasowych oraz ograniczona w zakresie obszarów przestrzennych, ze względu na ich niejednorodność;
- ograniczony zakres przyszłych realizacji procesu w zadanym przedziale czasowym (T) i obszarze (S) zależnym od parametrów procesu i przyjętego poziomu ufności dla prognozy.

4. Algorytm przestrzennej analizy ryzyka incydentów krytycznych

Przestrzenna analiza zdarzeń krytycznych pozwala wyspecyfikować obszary o szczególnym natężeniu zjawisk danego typu. Może być ona pomocna w:
- opracowaniu programów profilaktycznych oraz działań w zakresie zapobiegania tego typu zjawiskom na danym obszarze;
- w procesie kształtowania potencjału i rozmieszczenia służb ratowniczych w danym rejonie.

Należy jednak pamiętać o ograniczeniach tej metody wynikających ze specyfiki zjawisk przypadkowych – wiarygodne zobrazowanie zjawiska uzyskujemy jedynie przy odpowiedniej liczbie zdarzeń. Ich liczbę można wyznaczyć na podstawie przedziału ufności dla szacowanego parametru – oczekiwanej liczby zdarzeń.

Przedział ufności na poziomie 0,95 dla oczekiwanej liczby zdarzeń w rozkładzie Poissona można z dobrym przybliżeniem oszacować, wykorzystując następujące wzory [1]:

$$\lambda_d = \frac{n}{l} \cdot \left(1 - \frac{1{,}96}{\sqrt{n-1}}\right)$$

$$\lambda_g = \frac{n}{l} \cdot \left(1 + \frac{1{,}96}{\sqrt{n-1}}\right)$$

gdzie: n – liczba próbkowanych punktów lub zdarzeń; l – długość linii próbek (lub przedział czasowy);

Stosując powyższe zależności, do oceny oszacowania oczekiwanej liczby zdarzeń należy przyjąć:
- n – liczba zdarzeń na terenie powiatu w czasie 1 roku;
- l – liczba obszarów podstawowych obejmujących dany powiat.

Obszar podstawowy to fragment obszaru, który przyjmiemy jako obszar jednostkowy. Może nim być np.: gmina lub teren wyznaczony przez linie siatki topograficznej np.: w Państwowym Układzie Współrzędnych Geodezyjnych 1992 lub wielokrotność tego obszaru obejmującego na przykład 4 km^2. Wybór zależy od celu jakiemu ma służyć przygotowywana analiza.

Średnia liczba zdarzeń przypadających na jeden obszar podstawowy (λ) wynosi: $\frac{n}{l}$. Górną i dolną granicę przedziału ufności dla otrzymanego wyniku określają powyższe wzory. Granice te są symetryczne do wartości oczekiwanej (λ). Stąd odległość granicy górnej od wartości oczekiwanej wynosi:

$$\lambda_g - \lambda = \lambda \cdot \frac{1{,}96}{\sqrt{n-1}}$$

Dokonując przekształceń powyższych wzorów, otrzymamy:

$$n = 1 + \left(\frac{1{,}96}{\delta\lambda}\right)^2 \approx \left(\frac{1{,}96}{\delta\lambda}\right)^2$$

Gdzie: $\delta\lambda = \frac{\lambda_g - \lambda}{\lambda}$ – względny błąd oszacowania wartości oczekiwanej (λ) przy założonym powyżej poziomie ufności 0,95 dla otrzymanego wyniku.

Uwzględniając powyższe: oszacowanie oczekiwanej liczby zdarzeń zawierało się będzie w zakresie $\lambda = \overline{\lambda} \pm 0{,}1 \cdot \overline{\lambda}$ (przy poziomie ufności 0,95), jeżeli liczba zdarzeń uwzględniana przy jego wyznaczaniu będzie wynosić co najmniej **385**. Wyznaczona liczba zdarzeń nie zależy od liczby obszarów podstawowych, a jedynie od liczby zdarzeń dla całego rozpatrywanego obszaru. Wskazana metoda określania niezbędnej liczby zdarzeń dla osiągnięcia wymaganego stopnia dokładności zakłada, iż rozkład wartości oczekiwanej w poszczególnych obszarach podstawowych (np.: 1 km^2) jest w miarę równomierny na całym rozpatrywanym obszarze. Oznacza to, iż w poszczególnych obszarach podstawowych prawdopodobieństwo zaistnienia zdarzenia jest podobne (nie

znaczy takie same). Dlatego też prognozy będą mniej dokładne dla obszarów podstawowych, na których zarejestrowana liczba zdarzeń znacznie odbiega od przeciętnej liczby zdarzeń.

Uwzględniając powyższe, można określić algorytm prowadzenia analizy przestrzennego rozkładu zdarzeń krytycznych:

1. Wybieramy rodzaj analizowanych zdarzeń oraz określamy ich liczbę na rozpatrywanym obszarze, np.: na terenie jednego powiatu, jeżeli liczba tych zdarzeń w skali roku jest mniejsza od minimalnej liczby zdarzeń dla założonego przedziału ufności oszacowania parametru (λ), to w analizach uwzględniamy zdarzenia tego samego typu z lat poprzednich (zwiększa to liczbę próbek i zdarzeń).
2. Dzielimy rozpatrywany obszar na obszary podstawowe, w zależności od potrzeb prowadzonej analizy, należy jednak pamiętać, że przyszła agregacja obszarowa danych jest możliwa, natomiast nie jest możliwa operacja odwrotna. Stąd też należy wybierać jak najmniejsze obszary podstawowe, np.: wyznaczone przez linie siatki topograficznej.
3. Zliczamy liczbę zdarzeń w poszczególnych obszarach podstawowych w skali jednego roku lub liczymy średnią, jeżeli wykorzystujemy dane z kilku lat.
4. Na podstawie wyznaczonej oczekiwanej liczby zdarzeń (λ) dla każdego obszaru podstawowego dokonujemy oszacowania przedziału zdarzeń z przyjętym arbitralnie poziomem ufności np.: 0,95, wykorzystując własności rozkładu Poissona wskazane na rycinie 4, 5 oraz w tabeli 4.
5. Otrzymane prognozy można pogrupować, ponieważ ich wartość jest bardzo podobna dla kilku wartości parametru λ, np. dla λ = 9, 10 oraz 11, przedział przewidywanej liczby zdarzeń zawiera się między 5 a 15 przy poziomie ufności 0,95. Przy takim grupowaniu dla λ = 9 osiągnięcie górnej granicy liczby zdarzeń jest mniej prawdopodobne niż dolnej, jednakże różnice są minimalne. Agregując zmniejszamy natomiast liczby różnych kategorii obszarów podstawowych ze względu na prognozowaną liczbę zdarzeń, co pozwala na bardziej czytelne zaprezentowanie wyników analizy, na przykład z zastosowaniem kolorów.
6. Prezentujemy otrzymane wyniki na mapie poprzez podkolorowanie obszarów podstawowych (patrz punkt poprzedni) lub oznaczenie ich w inny sposób.

5. Przykłady

Poniżej przedstawione zostały przykłady zastosowania proponowanej metody dla trzech powiatów z różnych województw. Prezentacja ta nie tylko pozwala zobrazować schemat postępowania, ale również ocenić wiarygodność proponowanej metody. Ze względów formalnych nazwy tych powiatów oraz dane pozwalające na ich identyfikację zostały pominięte, jednakże wszystkie dane są autentyczne i pochodzą z bazy danych SWD – ST 2,5 prowadzonej i wykorzystywanej przez PSP.

Do analiz przyjęto jedną kategorię zdarzeń – pożary, nie klasyfikując ich ze względu na wielkość. Natomiast jako obszar podstawowy przyjęto obszar gminy. Wyniki analiz zestawiono w tabeli 5. Kolorem zaznaczono prognozy nietrafione.

Z analizy danych w tabeli 5 wynika, że liczba prognoz nietrafionych dla gmin na poziomie ufności 0,95 wyniosła 53 przy 190 prognozach, co stanowi około 27%. Natomiast na poziomie ufności 0,98 prognoz nietrafionych było 38, co stanowi 20% wszystkich prognoz dla gmin. W przypadku powiatów błąd ten jest znacznie większy i wynosi 53% (8 nietrafionych na 15 wszystkich).

Jeżeli jednak prognozy dla powiatów powstaną jako agregacja prognoz dla gmin, wówczas dla poziomu ufności 0,95 będzie 6 nietrafionych prognoz na 15, czyli 40%. Natomiast dla poziomu ufności 0,98 jedynie 2 nietrafione prognozy na 15, czyli 13%. Należy ten fakt wyraźnie podkreślić, o czym pisano już wcześniej. Prognozowanie należy czynić dla małych obszarów podstawowych, a później dokonywać agregacji prognoz dla większych obszarów gmin i powiatów.

Na potwierdzenie tego faktu przeprowadzona została analiza w oparciu o obszary podstawowe wyznaczone liniami siatki topograficznej w Państwowym Układzie Współrzędnych Geodezyjnych 1992 dla gmin o największym współczynniku chybionych prognoz. Z tabeli 5 wynika, że należą do nich gmina 12 i 17 z powiatu III.

Tabela 5. Przestrzenna analiza ryzyka dla trzech powiatów (obszar podstawowy gmina)
Table 5. Spatial risk analysis for three districts (commune as a basic area)

Gmina Commune	2006			2007			2008			2009			2010			liczba zdarzeń 2011 number of events 2011
	liczba zdarzeń / number of events	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast(0,98)	liczba zdarzeń / number of events	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	liczba zdarzeń / numbers of events	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	liczba zdarzeń / numbers of events	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	liczba zdarzeń / number of events	prognoza (0,95) forecast 0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	
Powiat I District I																
1	407	440	454	614	655	672	670	713	730	638	680	697	415	449	462	521
2	22	30	33	14	20	23	17	24	27	14	20	23	19	26	29	13
3	13	19	21	14	20	23	27	36	39	6	10	12	11	16	19	25
4	13	19	21	13	19	21	26	34	38	30	39	43	15	21	24	17
5	8	13	15	4	7	9	10	15	17	5	9	10	8	13	15	5

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.7

Gmina Commune	2006			2007			2008			2009			2010			liczba zdarzeń 2011 number of events 2011
	liczba zdarzeń / number of events	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast(0,98)	liczba zdarzeń / number of events	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	liczba zdarzeń / numbers of events	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	liczba zdarzeń / numbers of events	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	liczba zdarzeń / number of events	prognoza (0,95) forecast 0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	
6	24	32	35	16	23	25	23	31	34	23	31	34	39	49	54	22
7	28	37	40	22	30	33	47	58	63	39	49	54	24	32	35	26
8	26	34	38	11	16	19	26	34	38	24	32	35	10	15	17	22
9	12	18	20	17	24	27	25	33	37	30	39	43	6	10	12	12
10	11	16	19	17	24	27	29	38	42	16	23	25	15	21	24	24
11	15	21	24	11	16	19	21	29	32	19	26	29	18	25	28	13
12	16	23	25	13	19	21	19	26	29	10	15	17	4	7	9	19
13	13	19	21	16	23	25	28	37	40	31	40	44	13	19	21	25
14	19	26	29	21	29	32	29	38	42	38	48	52	19	26	29	24
15	14	20	23	16	23	25	42	53	57	17	24	27	11	16	19	11
16	29	38	42	19	26	29	18	25	28	26	34	38	14	20	23	17
Razem / Total	670	713	730	838	886	905	1057	1110	1133	966	1017	1038	453	488	503	507
Powiat II District II																
1	118	136	143	113	130	138	96	112	119	139	158	166	82	97	103	87
2	32	41	45	21	29	32	26	34	38	33	42	46	16	23	25	42
3	72	86	92	48	59	64	55	67	72	103	120	127	46	57	62	72
4	385	417	431	264	291	302	323	353	365	328	358	370	229	254	264	219
5	66	79	85	87	102	109	52	64	69	77	91	97	80	95	101	87
Razem / Total	673	716	733	533	571	587	552	591	607	680	723	741	453	488	503	507
Powiat III District III																
1	315	344	356	313	342	354	314	343	355	260	287	298	292	320	332	253
2	42	53	57	54	66	71	48	59	64	44	55	59	61	74	79	79
3	19	26	29	16	23	25	4	7	9	7	11	13	13	19	21	10
4	2	4	5	6	10	12	9	14	16	12	18	20	15	21	24	16
5	29	38	42	24	32	35	28	37	40	21	29	32	40	50	55	43
6	8	13	15	10	15	17	4	7	9	9	14	16	12	18	20	14
7	9	14	16	8	13	15	6	10	12	10	15	17	10	15	17	11
8	37	47	51	48	59	64	34	44	48	39	49	54	46	57	62	38
9	7	11	13	7	11	13	3	6	7	6	10	12	13	19	21	3
10	14	20	23	31	40	44	31	40	44	24	32	35	45	56	61	55
11	12	18	20	12	18	20	6	10	12	10	15	17	9	14	16	14
12	23	31	34	52	64	69	51	63	68	69	83	88	96	112	119	70
13	13	19	21	7	11	13	13	19	21	11	16	19	18	25	28	11
14	69	83	88	136	155	163	70	84	89	51	63	68	75	89	95	87
15	15	21	24	24	32	35	10	15	17	13	19	21	19	26	29	46
16	28	37	40	32	41	45	43	54	58	45	56	61	60	73	78	44
17	54	66	71	108	125	132	85	100	106	81	96	102	104	121	128	147
Razem / Total	696	739	757	888	937	957	759	804	823	712	756	774	928	978	999	941

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own elaboration.

Z analizy przestrzennej zagrożeń zawartej w tabeli 6 wynika, że w przypadku gminy 12 z powiatu III tylko jedna prognoza była nietrafiona przy poziomie ufności 0,95, co wskazuje na 80-procentową skuteczność. Przy poziomie ufności 0,98 wszystkie prognozy były trafione. Nadmiarowość prognozowania kształtowała się na różnym poziomie. W rozliczeniu 5-letnim wyniosła ona dla poziomu ufności 0,95 – 42% (prognozowano około 42% zdarzeń więcej). Natomiast dla poziomu ufności 0,98 zaprognozowano około 60% więcej zdarzeń.

Tabela 6. Przestrzenna analiza ryzyka dla gminy 12 powiatu III (obszar podstawowy 1 km)
Table 6. Spatial risk analysis for commune 12 district III (1 km as a basic area)

Kwadrat o boku 1 km Square with 1km side	2006			2007			2008			2009			2010			Liczba zdarzeń 2011 number of events 2011
	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	
1				3	6	7	7	11	13	3	6	7	2	4	5	1
2	1	3	3													
3				1	3	3	5	9	10	3	6	7	9	14	16	14
4	1	3	3	3	6	7										
5				2	4	5							1	3	3	
6	1	3	3													
7				1	3	3				2	4	5	1	3	3	
8				2	4	5	1	3	3	2	4	5	3	6	7	3
9				1	3	3										
10				1	3	3										
11	1	3	3	15	21	24	28	37	40	34	44	48	51	63	68	35
12	6	10	12	4	7	9										
13				1	3	3				3	6	7	2	4	5	3
14	1	3	3													
15	1	3	3													
16	4	7	9	5	9	10										
17	1	3	3													
18	1	3	3	1	3	3	1	3	3	1	3	3	2	4	5	1
19				1	3	3	5	9	10	6	10	12	7	11	13	4
20							2	4	5	4	7	9	11	16	19	8
21				1	3	3										
22				5	9	10	2	4	5	10	15	17	6	10	12	1
23	4	7	9	4	7	9										
24				1	3	3				1	3	3				
25	1	3	3													
26													1	3	3	
Gmina Commune	23	51	57	52	100	113	51	80	89	69	108	123	96	141	159	70
nadmiarowość prognozy forecast redundancy		-1	5		49	62		11	20		12	27		71	89	

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Przestrzenna analiza zagrożeń oparta na obszarach podstawowych o powierzchni 1 km^2 (obszary wyznaczone przez linie siatki topograficznej w Państwowym Układzie Współrzędnych geodezyjnych 1992) dla gminy 17 powiatu III zawarta w tabeli 7. wskazuje na 100-procentową skuteczność prognoz dla gminy. Nadmiarowość prognoz wynosi odpowiednio w rozliczeniu 5-letnim 60% (poziom ufności 0,95) oraz 80% (poziom ufności 0,98).

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.7

Tabela 7. Przestrzenna analiza ryzyka dla gminy 17 powiatu III (obszar podstawowy 1 km)
Table. 7. Spatial risk analysis for commune 17 district county III (base area 1 km)

Kwadrat o boku 1 km Square with 1 km side	2006			2007			2008			2009			2010			Liczba zdarzeń 2011 number of events 2011
	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	
1	1	3	3													
2				1	3	3										
3							5	9	10	1	3	3	1	3	3	1
4	1	3	3													
5				1	3	3										
6				1	3	3										
7	1	3	3													
8	2	4	5													
9				2	4	5	2	4	5	1	3	3	4	7	9	4
10				1	3	3										
11	1	3	3													
12	1	3	3	2	4	5										
13							2	4	5	1	3	3				1
14	2	4	5	1	3	3	1	3	3	2	4	5	3	6	7	3
15				3	6	7				3	6	7	1	3	3	
16	1	3	3	1	3	3										
17	1	3	3													
18	1	3	3	1	3	3										
19				3	6	7										
20				4	7	9	1	3	3	4	7	9	2	4	5	2
21	2	4	5	4	7	9							2	4	5	4
22	2	4	5	1	3	3										
23	4	7	9	2	4	5										
24	7	11	13	4	7	9										
25	1	3	3	1	3	3										
26				11	16	19	28	37	40	37	47	51	47	58	63	68
27	1	3	3													
28				1	3	3										
29				3	6	7										
30	1	3	3	8	13	15										
31	3	6	7	3	6	7										
32				1	3	3										
33	1	3	3	3	6	7										
34	7	11	13	7	11	13	5	9	10	3	6	7	22	30	33	34
35	1	3	3	4	7	9	5	9	10	11	16	19	8	13	15	4
36	2	4	5				1	3	3							
37							1	3	3							
38	1	3	3	1	3	3										
39	1	3	3													
40	1	3	3													
41				1	3	3										
42				1	3	3										
43				3	6	7				1	3	3				2
44	1	3	3	4	7	9										
45	1	3	3	1	3	3										
46	2	4	5	2	4	5										

Kwadrat o boku 1 km Square with 1 km side	2006			2007			2008			2009			2010			Liczba zdarzeń 2011 number of events 2011
	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	Liczba zdarzeń number of event	prognoza (0,95) forecast (0,95)	prognoza (0,98) forecast (0,98)	
47	1	3	3													
48							1	3	3							
49				1	3	3										
50	2	4	5	5	9	10	5	9	10	6	10	12	3	6	7	3
51				2	4	5	1	3	3				2	4	5	3
52				10	15	17	22	30	33	9	14	16	7	11	13	10
53				1	3	3										
54				1	3	3										
55							3	6	7	1	3	3	1	3	3	7
56							2	4	5	1	3	3	1	3	3	
57				1	3	3										
58																1
Razem / Total	54	120	134	108	212	243	85	139	153	81	128	144	104	155	174	147
nadmiarowość prognozy / forecast redundancy		12	26		127	158		58	72		24	40		8	27	

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Należy równocześnie wskazać, że w rozliczeniu rocznym najmniejsza nadmiarowość prognozy wynosi zaledwie 5%. Wynika to z faktu, iż w gminach tych (12 i 17) dostrzegamy dużą dynamikę liczby zdarzeń krytycznych w kolejnych latach. Zmiana liczby zdarzeń z roku na rok dla tych gmin wynosi nawet 100%. Przy większej stabilności liczby zdarzeń krytycznych nadmiarowość prognozowania będzie mniejsza.

Bardziej szczegółowa analiza wskazuje również pewne tendencje, np. obszar 26 gminy 17 (tabela 7) wskazuje na znaczny przyrost pożarów z roku na rok. Poczynając od 2007 roku, w którym było na tym obszarze 11 pożarów, dostrzegamy wzrost tych zdarzeń do liczby 68 w roku 2011. Liczba pożarów w tym kwadracie wzrosła w ciągu 5 lat 6-cio krotnie.

Reasumując, wiarygodność prognoz rośnie wraz ze zmniejszaniem obszaru podstawowego, dla którego dokonujemy prognozy. Wielkość tego obszaru nie powinna być jednak mniejsza niż 1 km^2. Najwyższą wiarygodność prognoz dla powiatu i gminy uzyskujemy przez agregację prognoz dla obszarów podstawowych.

6. Podsumowanie

Przestrzenna analiza zagrożeń pozwala na ujawnienie obszarów o zwiększonej częstości zdarzeń krytycznych oraz tendencje w dynamice zmian ich występowania. Daje również możliwość prognozowania (w niewielkiej perspektywie czasowej) przyszłego przestrzennego rozmieszczenia miejsc powstawania incydentów krytycznych. Możliwość prognozowania daje silna zbieżność rozkładów empirycznych pojawiania się kolejnych zdarzeń krytycznych z teoretycznym rozkładem wykładniczym. Proces pojawiania się kolejnych zdarzeń krytycznych można opisać stacjonarnym procesem Poissona o oczekiwanej liczbie zdarzeń równej liczbie zdarzeń z poprzedniego okresu obserwacji.

Wysoką wiarygodność prognoz uzyskuje się przez agregację prognoz dla obszarów podstawowych – obszarów o powierzchni 1 km^2 wyznaczonych przez linie siatki topograficznej.

Artykuł został opracowany w ramach projektu nr DOBR/0015/R/ID1/2012/03 pt. „Zaawansowane technologie teleinformatyczne wspomagające projektowanie systemu ratowniczego na poziomach: gmina, powiat, województwo" realizowanego przez konsorcjum naukowe ze środków finansowych Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (konkurs nr 3/2012 na wykonanie projektów w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa).

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.7

Literatura

[1] Ciocchetta F., Gilmore S., Guerriero M. L., Hillston J., *Integrated Simulation and Model-Checking for the Analysis of Biochemical Systems,* "Electronic Notes in Theoretical Computer Science" Vol. 232, 2009, p. 17-38.

[2] Guerriero V., Iannace A., Mazzoli S., Parente M., Vitale S., Giorgioni M., *Quantifying uncertainties in multi-scale studies of fractured reservoir analogues: Implemented statistical analysis of scan line data from carbonate rocks,* „Journal of Structural Geology", 2009.

[3] Koronacki J., Mielniczuk J., *Statystyka dla studentów kierunków technicznych i przyrodniczych*, WNT, Warszawa 2006.

[4] Prońko J., *Bezpieczeństwo, zagrożenie, kryzys w kontekście kierowania organizacjami*, AON, Warszawa 2011.

[5] Prońko J., *Zarządzanie ryzykiem w obszarze bezpieczeństwa powszechnego*, Wyższa Szkoła Administracji, Bielsko-Biała 2010.

[6] *Reducing risks, protecting people. HSE's decision – making process*, Her Majesty's Stationery Office, HSE, Norwich 2001.

[7] Evans Ronald J., Boersma J., Blachman N.M., Jagers A.A., *The Entropy of a Poisson Distribution: Problem 87-6*, „SIAM Review" Vol. 30 Issue, 1988, pp. 314-317

[8] Wawrzynek J., *Metody opisu i wnioskowania statystycznego*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wrocław 2007.

* * *

dr hab. inż. Jarosław Prońko – profesor nadzwyczajny Instytutu Zarządzania Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Absolwent Politechniki Świętokrzyskiej i AON. Były oficer Nadwiślańskich Jednostek Wojskowych. Uczestnik akcji przeciwpowodziowej w 1997 r. – odznaczony Krzyżem Zasługi za Dzielność. W latach 1998–2001, główny specjalista w Biurze Spraw Obronnych MSWiA. Autor i współautor wielu prac z zakresu bezpieczeństwa powszechnego, zarządzania kryzysowego, problematyki podejmowania decyzji oraz analizy ryzyka w obszarze bezpieczeństwa powszechnego.

st. bryg. w st. sp. mgr inż. Jan Kielin – w 1968 r. ukończył Szkołę Oficerów Pożarnictwa w Warszawie, a w 1977 r. Wyższą Oficerską Szkołę Pożarniczą w Warszawie. W latach 1981–1983 odbył studia magisterskie w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Krakowie. W roku 1975 uzyskał uprawnienia rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych. Autor wielu publikacji z zakresu bezpieczeństwa pożarowego (m.in. *Poradnik dla Specjalisty Ochrony Przeciwpożarowej*, *Materiały szkoleniowe dla pracowników zakładów pracy*) oraz tłumaczeń (z j. niemieckiego) z zakresu ochrony przeciwpożarowej.

mgr Beata Wojtasiak – absolwentka Akademii Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej w Warszawie (Wydział Nauk Pedagogicznych). W 2013 r. ukończyła studia podyplomowe Menedżer Innowacji w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie. Aktualnie pracownik Jednostki Certyfikującej Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowego Instytutu Badawczego na stanowisku mł. specjalista inżynieryjno-techniczny.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB Please cite as: BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 93–109

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.8

dr hab. inż. **Jarosław Prońko**, prof. UJK[1]
st. bryg. w st. sp. mgr inż. **Jan Kielin**[2]
mgr **Beata Wojtasiak**[2]

Przyjęty/Accepted/Принята: 30.07.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 27.08.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Klasyfikacja zdarzeń na podstawie danych historycznych[3]

Classification of Incidents on the Basis of Historical Data

Классификация событий на основе исторических данных

A B S T R A K T

Cel: Opis metody klasyfikacji zdarzeń krytycznych stanowiącej uzupełnienie przestrzennej analizy zagrożeń.
Wprowadzenie: Klasyfikacja zdarzeń krytycznych pozwala na ocenę zdolności zorganizowanego systemu ratowniczo-gaśniczego do sprostania wymaganiom występującym na danym terenie. Powinna ona opierać się na analizie danych historycznych, ponieważ tylko one dają prawdziwy obraz występujących na danym terenie zdarzeń krytycznych. Co więcej w kontekście stabilności procesu ich pojawiania się, opisanego rozkładem Poissona, pozwalają przewidywać przyszłość w kilkuletniej perspektywie czasowej. Tym samym pozwalają ocenić zdolność systemu ratowniczo-gaśniczego do realizacji, na akceptowalny poziomie, stawianych przed nim zadań. Prezentowana w niniejszym artykule klasyfikacja zdarzeń krytycznych oparta została na naiwnym klasyfikatorze bayesowskim, który zakłada niezależność cech klasyfikacji. Pomimo swojej mylącej nazwy i prostoty założeń jest on bardzo skutecznym narzędziem klasyfikacji. W artykule zaprezentowano założenia metodyczne prowadzenia klasyfikacji zdarzeń krytycznych, opisano algorytm wykorzystania klasyfikacji zdarzeń krytycznych w przestrzennej analizie zagrożeń oraz zaprezentowano przykład takiej analizy dla jednego z powiatów. W badaniach wykorzystano dane zgromadzone w Systemie Wspomagania Decyzji dla Stanowisk Kierowania w wersji FireBird SWD-ST 2,5.
Metodologia: Analiza i prognozowanie statystyczne.
Wnioski: Cechami wyróżniającymi poszczególne incydenty krytyczne są: rodzaj zdarzenia; czas trwania działań ratowniczych; ilość użytych do działań ratowniczych sił i środków.
Wstępne wyróżnienie cech klasyfikacyjnych związane jest z istotą prowadzonych analiz, których głównym celem jest ocena adekwatności potencjału i czasowych możliwości reakcji systemu ratowniczo-gaśniczego. Dominującymi zatem cechami konstytuującymi daną kategorię zdarzeń będą:
– rodzaj zdarzenia definiowany pod kątem niezbędnego wyposażenia i wyszkolenia;
– wielkość zdarzenia definiowana pod kątem ilości sił i środków niezbędnych do prowadzenia skutecznej akcji ratowniczej i usuwania skutków. (Ponieważ analizy opierają się na danych historycznych należy zatem brać pod uwagę ilość zadysponowanych do danego zdarzenia sił i środków).
– czas trwania działań ratowniczych, który wspólnie z zadysponowanymi siłami i środkami definiuje wielkość zdarzenia.
Przeprowadzona analiza, której efekty jedynie w ograniczonym zakresie przedstawiono w niniejszym artykule, udowadnia słuszność przyjętych założeń.

Słowa kluczowe: analiza ryzyka, analiza statystyczna, prognozowanie statystyczne, klasyfikacja statystyczna
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

A B S T R A C T

Aim: To describe an approach in the classification of critical incidents, which are aggregated for a spatial analysis of threats.
Introduction: Classification of critical incidents allows for a capability evaluation of an organized firefighting and rescue system, to meet the demands identified in a given area. It should be based on an analysis of historical data and only such information provides a realistic

[1] Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach / The Jan Kochanowski University in Kielce, Poland;
[2] Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, Józefów / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland; jkielin@cnbop.pl;
[3] Wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage contribution: J. Prońko – 60%, J. Kielin – 20%, B. Wojtasiak – 20%;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.8

representation of critical incidents, which occur in a given area. In the context of process stability, this profile can be illustrated by the Poisson distribution and will facilitate short term forecasting. Additionally, such data allows for performance evaluation of the firefighting and rescue system in context of tasks placed upon the system. The critical incident classification, presented in this article, is based on the naive Bayesian codifier, which assumes the independence of classification characteristics. Despite the misleading name and simplified assumptions, it is a very effective tool in the classification process. The article presents methodological assumptions for grading of critical events, describes the algorithm used for the codification of such incidents in the course of spatial threat analysis and provides an example of such an analysis for one of the districts. The study used data stored in the support system for decision making in Command and Control Centres, Fire Bird version 2.5 SWD-ST.
Methodology: Statistical analysis and forecasting.
Conclusions: The distinguishing features of critical incidents are: type of event, operation duration and volume of resources used during incidents. The initial distinction of classification features is linked to the essence of the analysis, whose main objective is to assess the adequacy of potential and timely response of the firefighting and rescue system. Therefore, dominant features for a given category of incident will be: type of event, defined in terms of required equipment and training; the size of incident, defined in terms of the volume of resources necessary to conduct an effective rescue operation. Since the analysis is based on historical data, it is necessary to take into account the volume of resources deployed to a given incident and finally; the duration for the operation, which together with resources used, defines the magnitude of the incident. The analysis and outcomes, of which a limited range is presented in this article, confirms the validity of assumptions.

Keywords: analysis of hazards, statistical analysis, statistical forecasting, statistical classification
Type of article: original scientific article

АННОТАЦИЯ

Цель: Описать метод классификации критических событий, который является дополнением пространственного анализа угроз.
Введение: Классификация критических событий позволяет оценить способность организованной спасательно-гасящей системы отвечать требованиям, характерным для данной территории. Классификация должна быть основана на анализе исторических данных, так как только они дают истинную картину происходящих на данной территории событий. В контексте стабильного процесса их регулярного появления, описанного распределением Пуассона, возникает возможность предсказать их на несколько лет вперед. Таким образом, они позволяют оценить способность спасательно-гасящей системы к реализации необходимых задач на допустимом уровне. Классификация критических событий представленная в статье основана на наивном байесовском классификаторе, который предполагает независимость характеристик классификации. Несмотря на свое обманчивое название и простые предположения, он является очень эффективным способом классификации. В статье представлены: методические предположения проведения классификации критических событий, описан алгоритм использования классификации критических событий в пространственном анализе угроз и представлен пример такого анализа для одного района (повята). В исследованиях были использованы данные, собранные в системе поддержки решений для позиций управления в версии FireBird SWD-ST 2,5.
Методология: статистический анализ и прогнозирование.
Выводы: Характеристиками, отличающими отдельные критические происшествия, являются: вид события, длительность спасательных действий, количество сил и средств, использованных при спасательной операции.
Предварительное определение характеристик классификации связано с сущностью проводимых анализов, целью которых является оценка адекватности потенциала и способности провести своевременные реакции спасательно-гасящей системы. Поэтому, доминирующими характеристиками, определяющими данную категорию будут:
– тип события, определяемый с точки зрения необходимого оборудования и обучения;
– масштаб события, определяемый с точки зрения сил и средств необходимых для проведения эффективного спасательного действия и ликвидации последствий события. В связи с тем, что анализы основаны на исторических данных, следует учитывать количество сил и средств, приделенных к данному событию.
– продолжительность спасательных действий, которая вместе с распределенными силами и средствами определяет масштаб события.
Проводимый анализ, эффекты которого только в ограниченном диапазоне представлены в данной статье, доказывает правильность принятых предположений.

Ключевые слова: анализ риска, статистический анализ, статистическое прогнозирование, статистическая классификация
Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wstęp

W artykule pt. *Przestrzenna analiza zagrożeń na podstawie danych historycznych* (BiTP 39 Issue 3, 2015 pp. 77–92) zaprezentowano metodę analizy i predykcji zagrożeń na obszarze powiatu w oparciu o dane historyczne. Opiera się ona na udowodnionej stabilności (w krótkiej perspektywie czasowej kilku lat) procesu Poissona opisującego pojawianie się kolejnych zdarzeń krytycznych. Uzupełnieniem wyżej wspomnianej analizy jest klasyfikacja zdarzeń krytycznych, której uzasadnione metodycznie podstawy prezentuje niniejszy artykuł.

Właściwa klasyfikacja zdarzeń krytycznych pozwala na ocenę zdolności zorganizowanego systemu ratowniczo-gaśniczego do sprostania wymaganiom występującym na danym terenie. Powinna ona opierać się na analizie danych historycznych, ponieważ tylko one dają prawdziwy obraz

występujących na danym terenie zdarzeń krytycznych. Z kolei w kontekście stabilności procesu ich pojawiania się, opisanego rozkładem Poissona, pozwalają przewidywać przyszłość w kilkuletniej perspektywie czasowej. Tym samym pozwalają ocenić zdolność systemu ratowniczo-gaśniczego do realizacji, na akceptowalnym poziomie, stawianych przed nim zadań.

Prezentowana w niniejszym artykule klasyfikacja zdarzeń krytycznych oparta została na naiwnym klasyfikatorze bayesowskim, który zakłada niezależność cech klasyfikacji. Pomimo swojej mylącej nazwy i prostoty założeń jest on bardzo skutecznym narzędziem klasyfikacji.

W artykule zaprezentowano założenia metodyczne prowadzenia klasyfikacji zdarzeń krytycznych, opisano algorytm wykorzystania klasyfikacji zdarzeń krytycznych w przestrzennej analizie zagrożeń oraz zaprezentowano przykład takiej analizy dla jednego z powiatów.

W badaniach wykorzystano dane zgromadzone w Systemie Wspomagania Decyzji dla Stanowisk Kierowania w wersji FireBird SWD-ST 2,5. W systemie tym rejestrowane są poszczególne incydenty krytyczne w zakresie: przestrzennym, czasowym, użytych sił i środków, skutków dla życia i zdrowia ofiar zdarzenia oraz ratowników, rodzaju i przyczyn zdarzenia. System ten pozwala w czasie rzeczywistym przyjmować zgłoszenia oraz obsługiwać zdarzenia w zakresie dysponowania sił i środków Państwowej Straży Pożarnej oraz Ochotniczej Straży Pożarnej funkcjonującej w ramach KSRG i poza nim.

W zakresie przestrzennym ujmuje się w nim: współrzędne geograficzne miejsca zdarzenia w układzie WGS 84; adres zdarzenia – gminę, miejscowość, ulicę oraz liczbę kilometrów przebytych przez jednostkę. Kategorie zdarzeń opisywane są według rodzaju (pożar, zagrożenia miejscowe) i wielkości (małe, średnie, duże). Uzupełnieniem tych informacji są wskazane opisowo przyczyny zdarzenia. W obszarze czasowym gromadzi się następujące dane: czas zauważenia, lokalizacji i usunięcia zdarzenia oraz czas zadysponowania jednostki ratowniczej, dotarcia przez nią do miejsca zdarzenia i powrotu ostatniej jednostki. Dane czasowe podawane są z dokładnością do jednej minuty. W zakresie użytych sił i środków podawane są zadysponowane siły i środki z podziałem na poszczególne rodzaje sprzętu.

2. Wprowadzenie metodyczne

Jak wspomniano, klasyfikacji dokonano metodą naiwnego klasyfikatora bayesowskiego. Przyjęto, że cechami, które wyróżniają poszczególne zdarzenia są:

- rodzaj zdarzenia;
- czas trwania działań ratowniczych;
- liczba użytych do działań ratowniczych sił i środków.

Założono, ze przyjęte cechy klasyfikacji są od siebie niezależne, co stanowi istotę tej metody, bez względu na fakt, czy owa zależność występuje, czy też nie.

Wstępne wyróżnienie cech klasyfikacyjnych związane jest z istotą prowadzonych analiz, których głównym celem jest ocena adekwatności potencjału i czasowych możliwości reakcji systemu ratowniczo-gaśniczego. Dominującymi zatem cechami konstytuującymi daną kategorię zdarzeń będą:

- rodzaj zdarzenia definiowany pod kątem niezbędnego wyposażenia i wyszkolenia;
- wielkość zdarzenia definiowana pod kątem liczby sił i środków niezbędnych do prowadzenia skutecznej akcji ratowniczej i usuwania skutków zdarzenia. Ponieważ analizy opierają się na danych historycznych, należy brać pod uwagę liczbę zadysponowanych do danego zdarzenia sił i środków. Klasyfikacja taka może być bardzo trudna ze względu na znaczną różnorodność danych w tym zakresie. Należy zatem przyjąć określone kryterium, np. liczbę standardowych jednostek podstawowych dysponowanych do danego zdarzenia, bez wnikania w specjalistyczne siły i środki dysponowane do zdarzenia. W przypadku straży pożarnej mogą to być pojazdy gaśnicze ze standardowym wyposażeniem i obsadą.
- czas trwania działań ratowniczych i usuwania skutków zdarzenia, który wspólnie z zadysponowanymi siłami i środkami definiuje wielkość zdarzenia.

Klasyfikowanie zdarzeń pod kątem cech istotnych dla celu analizy może napotykać szereg problemów, do rozwiązywania których możemy wykorzystać inne techniki badawcze, np. analizę ABC, wykresy pudełkowe, itp. Wybór właściwej techniki zależy od celu klasyfikacji.

Analiza ABC i jej odmiany opierają się na zasadzie V. Pareto. W ogólnym ujęciu, mówi ona, że w dużych zbiorach około 20% elementów decyduje o 80% efektów lub cech zbioru. W ujęciu statystycznym oznacza ona istnienie w rozkładzie danej cechy silnej koncentracji statystycznej. Zgodnie z zasadą Pareto krzywa Lorentza przechodzi przez punkt (0,8; 0,2). Analiza taka nie tylko pozwala na podział danej kategorii zdarzeń na dwie lub trzy podkategorie, ale również pozwala wyeliminować ze zbioru analizowanych danych te, które znacznie różnią się od pozostałych. Różnice mogą wynikać ze specyfiki zdarzeń, błędnego ich opisu lub błędu decyzyjnego. Ten ostatni może być efektem zadysponowania zbyt dużych sił i środków do zdarzenia, które tego nie wymagało. Eliminacja zdarzeń znacznie różniących się od pozostałych danych z analizowanego zbioru jest niezbędna ze względu na zachowanie spójności kategorii. Należy jednak podchodzić do niej bardzo ostrożnie, bo być może odstające dane wskazują pewien nowy trend w kształtowaniu się analizowanego zjawiska. Problem właściwego doboru danych do analizy zawsze budzi szereg wątpliwości i często zależy wyłącznie od intuicji badacza i nie ma innych racjonalnych uzasadnień. Ich poszukiwanie wymaga dodatkowych żmudnych badań. Można przyjąć pewne mechanizmy doboru danych do analizy, ale w niektórych przypadkach mogą się one okazać zawodne, ponieważ odrzucone dane mogą wskazywać na nowe cechy jakościowe i ilościowe badanego zjawiska. Z drugiej zaś strony ich uwzględnienie w analizie może skutkować zafałszowaniem wyników, jeżeli przyjęte do analizy dane wynikają ze wskazanych powyżej błędów.

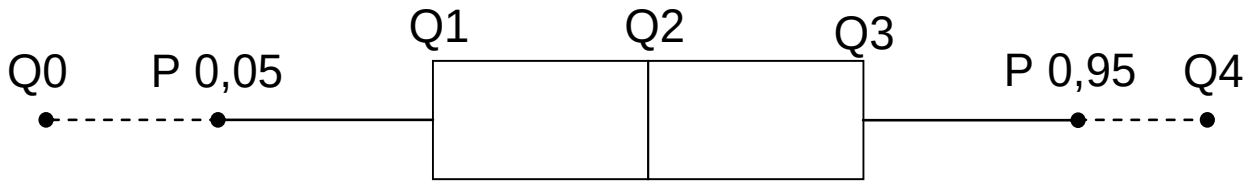
BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 93–109

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.8

Podobną techniką jest reprezentacja danej cechy analizowanych danych w postaci wykresów pudełkowych. Ich istotą jest reprezentacja danych empirycznych (np. czasu trwania działań ratowniczych) w postaci wykresu przedstawionego na ryc. 1. Główny obszar wykresu (pudełko, skrzynka) wskazuje 50% realizacji danej cechy w badanym zjawisku. Kreska wewnątrz pudelka to mediana (Q2), jego brzegi to 1 i 3 kwantyl (Q1 i Q3); wąsy – kreski poza skrzynką – to 0 i 4 kwantyl (Q0 i Q4). Czasami wąsy te są zakończone punktami, które wskazują percentyl 0,95 (P 0,95) i 0,05 (P 0,05). Tak sporządzony wykres danych empirycznych opisujący rozkład analizowanej cechy pozwala z jednej strony sklasyfikować zdarzenia pod kątem analizowanej cechy w jednorodne i rozłączne grupy, z drugiej zaś pozwala na wykrycie danych znacznie różniących się od innych (percentyl 0,95 i 0,05).

Opisane powyżej techniki analizy danych pozwalają na wyodrębnienie rozłącznych, pod względem analizowanych cech, kategorii zdarzeń oraz ułatwiają wybór danych poddawanych dalszym analizom.

Kategoryzacja zdarzeń, pod względem cech wynikających z celu analizy, powinna doprowadzić do podziału zdarzeń na wyraźnie różniące się – rozłączne – pod względem analizowanych cech klasy. Przykład kategoryzacji zdarzeń przedstawiono w dalszej części artykułu.



Ryc. 1. Zasady tworzenia wykresu pudełkowego
Fig. 1. The rules for creating a block diagram
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Kategoryzacja zdarzeń ma ogromny wpływ na interpretację otrzymanych wyników, dlatego też powinna być bardzo szczegółowo opisana w każdej analizie przestrzennej zagrożeń miejscowych.

Prezentowana poniżej klasyfikacja zdarzeń opiera się na danych empirycznych zgromadzonych w bazie SWD-ST. Przyjęto, że każda klasa powinna zawierać w miarę jednorodne zdarzenia pod względem: rodzaju, czasu trwania akcji i ilości użytych sił i środków. Jako wyznacznik liczby użytych sił i środków przyjęto liczbę zaangażowanych pojazdów: z jednostek ratowniczo-gaśniczych oraz ochotniczych straży pożarnych. Pozostałe rodzaje pojazdów i sprzętu używane były bardzo sporadycznie. Nieuwzględnienie ich w prowadzonych poniżej analizach statystycznych nie ma zatem wpływu na wiarygodność otrzymanych wyników, w aspekcie prawdopodobieństwa występowania poszczególnych klas zagrożeń.

3. Klasyfikacja zdarzeń krytycznych

3.1. Rodzaj zdarzenia

W bazie danych SWD-ST występuje podział na pożary i inne zagrożenia miejscowe.

Jednakże w przypadku innych zagrożeń miejscowych należy dokonać bardziej szczegółowej klasyfikacji. W rubryce (baza danych SWD-ST): przyczyny powstania zdarzenia można znaleźć wpisy pozwalające wstępnie podzielić zdarzenia na:

- kolizje i wypadki komunikacyjne;
- usuwanie skutków: podtopień powstałych w wyniku: gwałtownych roztopów lub opadów deszczu, silnego wiatru, gwałtownych opadów śniegu, gołoledzi itp.;
- usuwanie: gniazd owadów, skutków awarii; umożliwianie dostępu do pomieszczeń, ratowanie zwierząt itp.;
- zabezpieczanie imprez masowych, ćwiczenia, zabezpieczanie lądowania helikopterów itp.

Każdy z prezentowanych rodzajów zdarzeń wymaga innego czasu i zaangażowanych sił i środków. Wskazuje to na potrzebę podziału ich na klasy, w których rozkłady empiryczne: czasu trwania akcji i liczby zaangażowanych sił i środków są stabilne, przy jednoczesnym spełnieniu warunku wiarygodności wnioskowania statystycznego – odpowiedniej ilości danych empirycznych reprezentujących daną klasę.

3.2. Pożary

Klasyfikacji pożarów dokonano w oparciu o analizę liczby zaangażowanych pojazdów gaśniczych uzupełnioną analizą czasu trwania akcji ratowniczej. Przyjęto następujące założenia wstępne (założenia analizy ABC opartej na zasadzie V. Pareto):

- około 80% to pożary małe;
- około 15% to pożary średnie;
- około 5% to pożary duże.

Zestawienie liczby pożarów i liczby zaangażowanych pojazdów gaśniczych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Klasyfikacja pożarów według wielkości – kryterium: liczba użytych pojazdów gaśniczych dla badanego powiatu
Table 1. Classification of fires by size – criterion: the number of firefighting vehicles used for the analysed district

Rok Year	2008			2009			2010			
Liczba użytych pojazdów gaśniczych / Number of used firefighting vehicles	Liczba pożarów / Number of fires	Udział procentowy / Percentage participation	Procentowy udział skumulowany / Percentage participation cumulative	Liczba pożarów / Number of fires	Udział procentowy / Percentage participation	Procentowy udział skumulowany / Percentage participation cumulative	Ilość pożarów Number of fires	Udział procentowy / Percentage participation	Procentowy udział skumulowany / Percentage participation cumulative	
1	412	66,7%	66,7%	325	62,0%	62,0%	432	64,2%	64,2%	Małe Small
2	98	15,9%	82,5%	97	18,5%	80,5%	137	20,4%	84,5%	
3	43	7,0%	89,5%	48	9,2%	89,7%	45	6,7%	91,2%	Średnie Medium
4	26	4,2%	93,7%	19	3,6%	93,3%	17	2,5%	93,8%	
5	19	3,1%	96,8%	15	2,9%	96,2%	12	1,8%	95,5%	
6	6	1,0%	97,7%	7	1,3%	97,5%	10	1,5%	97,0%	Duże Large
7	3	0,5%	98,2%	4	0,8%	98,3%	11	1,6%	98,7%	
8	2	0,3%	98,5%	3	0,6%	98,9%	4	0,6%	99,3%	
9	3	0,5%	99,0%	0	0,0%	98,9%	2	0,3%	99,6%	
10	1	0,2%	99,2%	2	0,4%	99,2%	0	0,0%	99,6%	
11	1	0,2%	99,4%	3	0,6%	99,8%	0	0,0%	99,6%	
12	2	0,3%	99,7%	0	0,0%	99,8%	0	0,0%	99,6%	
13	0	0,0%	99,7%	0	0,0%	99,8%	1	0,1%	99,7%	
14	0	0,0%	99,7%	0	0,0%	99,8%	1	0,1%	99,9%	
15	0	0,0%	99,7%	0	0,0%	99,8%	1	0,1%	100,0%	
19	1	0,2%	99,8%	1	0,2%	100,0%	0	0,0%	100,0%	
21	1	0,2%	100,0%	0	0,0%	100,0%	0	0,0%	100,0%	

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.

Z zaprezentowanego w tabeli 1. zestawienia oraz przy uwzględnieniu zasady V. Pareto należy stwierdzić, że:

- pożary małe to takie, do których gaszenia zaangażowano do 2 pojazdów gaśniczych – stanowią one około 80% wszystkich zarejestrowanych w danym roku pożarów;
- pożary średnie to takie, do których gaszenia zaangażowano od 3 do 5 pojazdów gaśniczych – stanowią one około 15% wszystkich zarejestrowanych w danym roku pożarów;
- pożary duże to takie, do których gaszenia zaangażowano więcej niż 5 pojazdów gaśniczych – stanowią one około 5% wszystkich zarejestrowanych w danym roku pożarów.

Dla innych obszarów powyższa klasyfikacja może przedstawiać się nieco inaczej, z innym podziałem na liczbę wykorzystanych sił i środków. Wynika to oczywiście ze specyfiki danego obszaru, na który składają się: tradycja dysponowania sił i środków do zdarzeń (wiedza i umiejętności dyspozytorów); rodzaje pożarów (w niektórych regionach mogą one wymagać większej liczby sił i środków niż w innych). Dlatego też wnioski z analizy jednego obszaru nie mogą być wykorzystywane do podejmowania decyzji na innych obszarach. Wskazują one również na rozbieżności w wyszkoleniu dyspozytorów i uwarunkowaniach poszczególnych regionów. Porównywanie obszarów należy zatem prowadzić w oparciu o dogłębną analizę tych uwarunkowań.

Klasyfikację tę należy uzupełnić o analizę czasu trwania akcji ratowniczej, którego długość powinna być skorelowana z dokonanym wcześniej podziałem. Zestawienie liczbowe przeprowadzonej analizy czasowej przedstawiono w tabeli 2.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.8

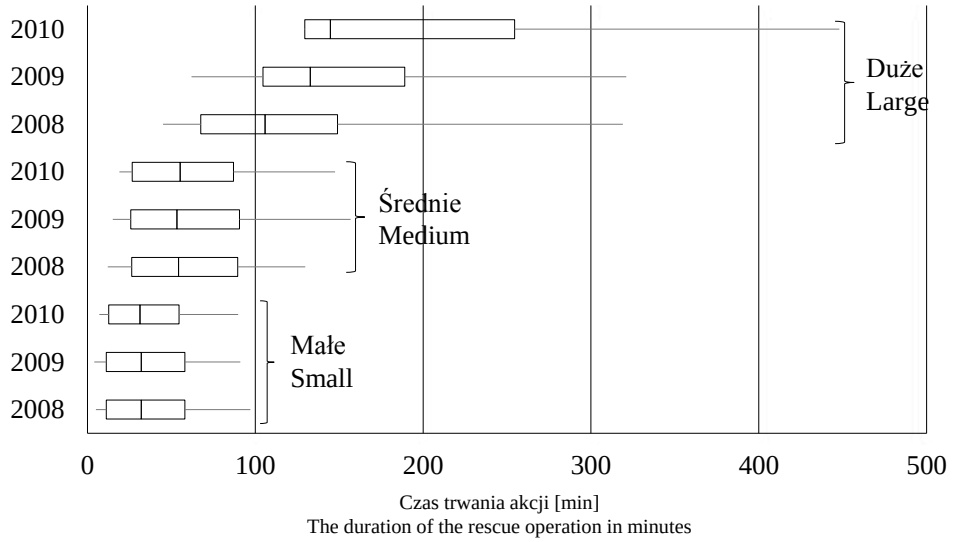
Tabela 2. Rozkłady czasu trwania akcji ratowniczej w poszczególnych klasach pożarów na przestrzeni lat 2008–2010
Table 2. Duration of rescue operation in various classes of fires during the years 2008–2010

Wielkość / Magnitude	Mały / Small			Średni / Medium			Duży / Large		
Rok/Year	2008	2009	2010	2009	2010	2011	2009	2010	2011
kwartyl 0 (minimalna wartość) quartile 0 (min value)	5	4	7	12	15	19	45	62	129
percentyl 0,05 percentile 0,05	11,2	11,2	12,7	26,4	25,75	26,65	67,5	104,5	129,45
kwartyl 1 (25% zdarzeń) quartile 1 (25% of incidents)	32	32	31,3	54,3	53,25	55,25	105,8	132,75	144,75
kwartyl 2 (50% zdarzeń) (mediana) quartile 2 (50% of incidents)	58	58	54,5	89,5	90,5	87	149	189	254,5
kwartyl 3 (75 % zdarzeń) quartile 3 (75% of incidents)	97	91	89,8	130	156,75	147,5	319	321	448
percentyl 0,95 percentile 0,95	158	154	134	239	281,25	305,7	697,3	791,85	608,3
kwartyl 4 (maksymalna wartość) quartile 4 (maximum frequency of incidents)	190	200	304	267	413	425	1384	995	647

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.

W zaprezentowanym w tabeli 2. zestawieniu wyraźnie widać dużą zbieżność rozkładu czasu trwania akcji ratowniczej z rodzajem pożaru określonym na podstawie liczby zaangażowanych pojazdów gaśniczych. Rozkłady czasu trwania akcji w przypadku małych pożarów są niemal identyczne w poszczególnych latach. Zgodność rozkładów dla pożarów średnich i dużych jest również wysoka zważywszy na fakt, iż stanowią one zaledwie 15% i 5% wszystkich pożarów w danym roku. Porównując mediany rozkładów czasu trwania akcji w zależności od wielkości pożaru, dostrzegamy również wyraźną korelację: mediana dla pożaru dużego jest dwa razy dłuższa od mediany dla pożaru średniego, a ta z kolei jest dwa razy dłuższa od mediany dla pożaru małego. Świadczy to o ścisłym związku między czasem trwania akcji ratowniczej a ilością zaangażowanych pojazdów gaśniczych. Zależności te jeszcze wyraźniej widać na wykresach skrzynkowych rozkładu czasu trwania działań ratowniczych, które przedstawiono na ryc. 2.

Linie ciągłe obrazują 20% przypadków po odrzuceniu skrajnych (z lewej i prawej strony) 5% przypadków. Odrzucając wartości skrajne (nie reprezentowane na wykresie), dostrzegamy dużą zbieżność rozkładów czasu trwania akcji, szczególnie w przypadku małych pożarów oraz silną zależność czasu trwania akcji od klasy pożaru: mały, średni i duży.



Ryc. 2. Wykresy skrzynkowe rozkładu czasu trwania akcji ratowniczej z podziałem na kategorie w latach 2009–2011
Fig. 2. Block diagrams illustrating the duration of rescue operations by type for years 2009–2011
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.

Należy zatem uznać, że dokonana klasyfikacja wielkości pożarów według przyjętych kryteriów jest poprawna. Można zatem przyjąć następujący podział pożarów, w którym głównym wyznacznikiem jest liczba zaangażowanych pojazdów:

– małe – liczba zaangażowanych pojazdów gaśniczych do 2, czas trwania akcji ratowniczej zawiera się w przedziale od 12 min do 150 min, na poziomie ufności 0,95; stanowią one około 80% wszystkich pożarów w danym roku;
– średni – liczba zaangażowanych pojazdów gaśniczych od 3 do 5, czas trwania akcji ratowniczej zawiera się w przedziale od 25 min do 300 min, na poziomie ufności 0,95; stanowią one około 15% wszystkich pożarów w danym roku;
– duży – liczba zaangażowanych pojazdów gaśniczych powyżej 5, czas trwania akcji ratowniczej zawiera się w przedziale od 70 min do 700 min, na poziomie ufności 0,95; stanowią one około 5% wszystkich pożarów w danym roku;

Należy jednak zaznaczyć, że klasyfikacja ta może być stosowana do prognozowania przyszłych zdarzeń na obszarze badanego powiatu. W przypadku prowadzenia analiz dla innych obszarów i przedziałów czasowych należałoby sprawdzić, czy przyjęte kryterium spełnia zasadę V. Pareto.

3.3. Miejscowe zagrożenia

Zastosowanie powyższej procedury dla miejscowych zagrożeń jest możliwe dopiero po ich klasyfikacji na możliwie jednorodne zdarzenia. Szczegółowa analiza danych z systemu SWD-ST pozwoliła dokonać podziału miejscowych zagrożeń na następujące klasy:

– kolizje i wypadki komunikacyjne;
– usuwanie skutków działania sił natury (gołoledź, nadmierne opady deszczu, roztopy, silny wiatr, itp.);
– inne zdarzenia (wśród nich dominuje usuwanie niepożądanych owadów, ponadto w klasie tej mieszczą się: awarie, udostępnianie dotarcia do zamkniętych pomieszczeń, przyczyny nieustalone, pomoc policji; itp.);
– zabezpieczenie i ćwiczenia (zabezpieczenie: imprez masowych, lądowania helikoptera, ćwiczeń z materiałami niebezpiecznymi; ćwiczenia własne jednostek ratowniczych, itp.).

W dalszych analizach nie brano pod uwagę ostatniej klasy zdarzeń (zabezpieczenie i ćwiczenia), ze względu na jej deterministyczny, a nie stochastyczny charakter. Analizie poddano zdarzenia z roku 2009, a następnie porównano je z danymi z roku 2011. Zestawienie liczby zdarzeń miejscowych w rozbiciu na kategorie przedstawiono w tabeli 3.

Dane z tabeli 3. wskazują na znaczną trudność podziału tych zdarzeń na małe, średnie i duże z wykorzystaniem zasady V. Pareto. Jedynie w przypadku potraktowania wszystkich jako jednej grupy istnieje taka możliwość.

Tabela 3. Zestawienie liczby miejscowych zagrożeń w rozbiciu na kategorie w roku 2009 na terenie badanego powiatu
Table 3. Number of local hazards, by type in 2009 for the analysed district

Liczba użytych pojazdów gaśniczych / Number of firefighting vehicles used	Kolizje i wypadki komunikacyjne / Road traffic accidents			Usuwanie skutków działania sił natury / Removal of effects caused by forces of nature			Inne zdarzenia / Other incidents			Razem / Total		
	Liczba / Number	Udział procentowy / Percentage participation	Procentowy udział skumulowany / Percentage participation cumulative	Liczba / Number	Udział procentowy / Percentage participation	Procentowy udział skumulowany / Percentage participation cumulative	Liczba / Number	Udział procentowy / Percentage participation	Procentowy udział skumulowany / Percentage participation cumulative	Liczba / Number	Udział procentowy / Percentage participation	Procentowy udział skumulowany / Percentage participation cumulative
1	72	49%	49%	207	69%	69%	373	87%	87%	652	75%	75%
2	41	28%	77%	73	24%	94%	41	10%	96%	155	18%	92%
3	30	21%	98%	16	5%	99%	8	2%	98%	54	6%	99%
4	3	2%	100%	1	0%	100%	2	0%	99%	6	1%	99%
5	0	0%	100%	0	0%	100%	3	1%	99%	3	0%	100%
6	0	0%	100%	0	0%	100%	2	0%	100%	2	0%	100%
8	0	0%	100%	1	0%	100%	1	0%	100%	2	0%	100%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.

Wyróżniane klasy zdarzeń powinny wykazywać również znaczną odrębność pod względem czasu trwania działań ratowniczych. W tabeli 4. oraz na ryc. 2. przedstawiono zestawienie analizy czasu trwania działań ratowniczych.

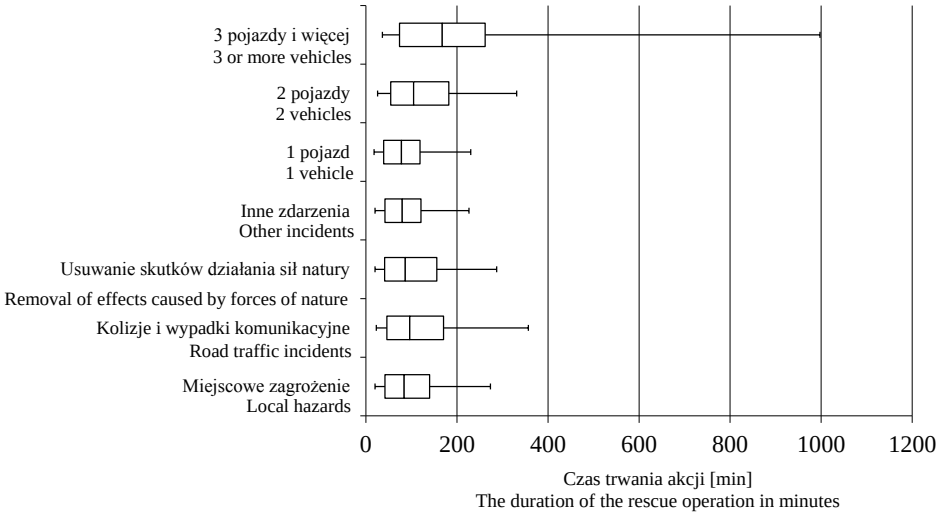
DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.8

Tabela 4. Zestawienie wyników analizy czasu trwania akcji ratowniczej w przypadku różnych rodzajów zdarzeń przy różnej ilości zaangażowanych sił i środków (dane z roku 2009)
Table 4. Analysis results revealing the duration of rescue operation for different type of incidents with varying volumes of used resources (data from 2009)

	Miejscowe zagrożenia razem / Local hazards total	**Kolizje i wypadki komunikacyjne / Road traffic accidents**	**Usuwanie skutków działania sił natury / Removal of effects caused by forces of nature**	**Inne zdarzenia / Other incidents**	**1 pojazd / 1 vehicle**	**2 pojazdy / 2vehicles**	**1–2 pojazdów / 1–2 vehicles**	**3 i więcej pojazdów / 3 or more vehicles**
kwartyl 0 quartile 0	3	10	3	9	3	9	3	14
percentyl 0,05 percentile 0,05	22	23,25	21	22	21	28,7	21,35	37,9
kwartyl 1 quartile 1	42	46,25	41	42	39	54,5	41	74
kwartyl 2 quartile 2	**62**	**73**	**65,5**	**58**	**57**	**76**	**60**	**130**
kwartyl 3 quartile 3	98	124,25	114,75	79	80	127,5	88	188
percentyl 0,95 percentile 0,95	189,5	260,75	200,6	146,55	152,4	226,5	166,3	829,7
kwartyl 4 quartile 4	4620	995	1171	4620	504	386	504	4620

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.

Zaprezentowane wyniki analiz wyraźnie wskazują na brak różnic między przyjętymi klasami zdarzeń w układzie rodzajowym. Dość wyraźna różnica pojawia się jedynie przy analizie cechy: liczba zaangażowanych pojazdów. Podczas analizy ryc. 3. łatwo zauważyć wyraźną różnicę w czasie trwania działań ratowniczych między zdarzeniami, w czasie których zaangażowano do dwóch pojazdów a tymi, w których użyto trzech i więcej. Jako główny wyznacznik różnic między klasami przyjęto odległość między medianami poszczególnych klas – metoda ważonych środków ciężkości.



Ryc. 3. Zobrazowanie danych z tabeli 4. w postaci wykresów skrzynkowych (na wykresach nie uwzględniono kwartylu 0 i 4)
Fig. 3. Block diagram of data from Table 4 (quartile 0 and 4 excluded from the diagram)
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.

Podobne własności wykazują dane z roku 2011. Wyniki analizy zaprezentowano w tabeli 5 i 6 oraz na ryc. 4.

Tabela 5. Zestawienie miejscowych zagrożeń w układzie rodzajowym w roku 2011 dla powiatu otwockiego
Table 5. Number of local hazards by type in 2011 for the district of Otwock

Liczba użytych pojazdów gaśniczych / Number of used firefighting vehicles	Kolizje i wypadki komunikacyjne / Road traffic accidents			Usuwanie skutków działania sił natury / Removal of effects caused by forces of nature			Inne zdarzenia / Other incidents			Razem / Total		
	Liczba / Number	Udział procentowy / Percenage participation	Procentowy udział skumulowany / Percentage of participation cumulative	Ilość Number	Udział procentowy percenage participation	Procentowy udział skumulowany percentage of participation cumulative	Liczba/ Number	Udział procentowy / Percenage participation	Procentowy udział skumulowany / Percentage of participation cumulative	Liczba / Number	Udział procentowy / Percenage participation	Procentowy udział skumulowany / Percentage participation cumulative
1	83	55%	55%	276	73%	73%	308	79%	79%	667	73%	73%
2	37	25%	79%	69	18%	91%	60	15%	94%	166	18%	91%
3	22	15%	94%	15	4%	95%	14	4%	98%	51	6%	96%
4	8	5%	99%	4	1%	96%	6	2%	99%	18	2%	98%
5	1	1%	100%	1	0%	97%	2	1%	100%	4	0%	98%
6	0	0%	100%	4	1%	98%	1	0%	100%	5	1%	99%
7	0	0%	100%	4	1%	99%	0	0%	100%	4	0%	99%
9	0	0%	100%	2	1%	99%	0	0%	100%	2	0%	100%
10	0	0%	100%	1	0%	99%	0	0%	100%	1	0%	100%
12	0	0%	100%	1	0%	100%	0	0%	100%	1	0%	100%
22	0	0%	100%	1	0%	100%	0	0%	100%	1	0%	100%

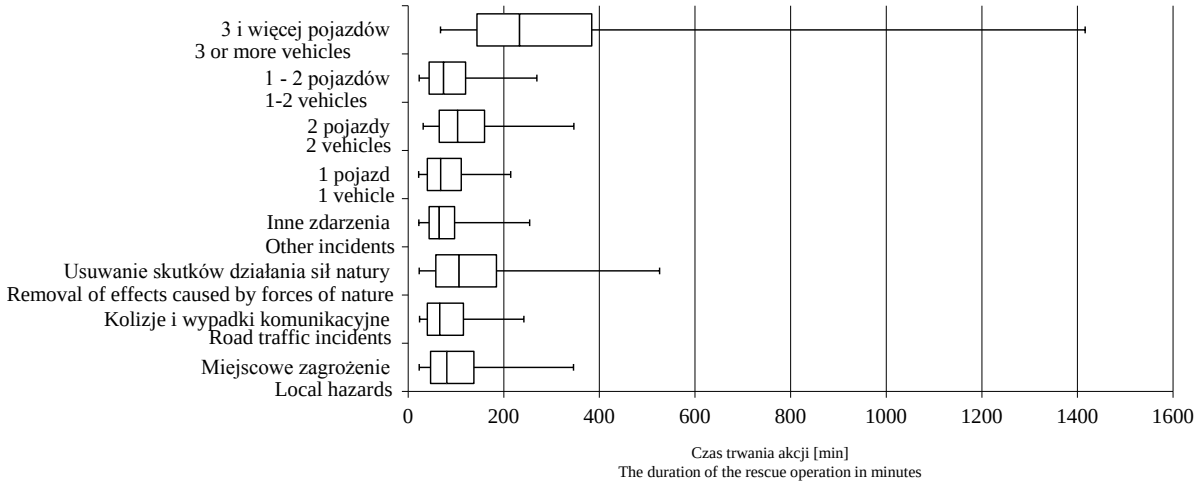
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.

Tabela 6. Zestawienie wyników analizy czasu trwania akcji ratowniczej w przypadku różnych rodzajów zdarzeń przy różnej liczby zaangażowanych sił i środków (dane z roku 2011)
Table 6. Analysis results revealing the duration of rescue operation for different type of incidents with varying volumes of used resources (data from 2011)

	Miejscowe zagrożenie / Local hazards	Kolizje i wypadki komunikacyjne / Road traffic accidents	Usuwanie skutków działania sił natury / Removal of effects caused by forces of nature	Inne zdarzenia / Other incidents	1 pojazd / 1vehicle	2 pojazdy / 2 vehicles	1–2 pojazdów / 1–2 vehicles	3 i więcej pojazdów / 3 or more vehicles
kwartyl 0 quartile 0	4	14	4	11	4	20	4	32
percentyl 0,05 percentile 0,05	23	24	23	22,35	22	31,4	23	67,6
kwartyl 1 quartile 1	47	40	58	43,75	40	65	44	144
kwartyl 2 quartile 2	**81**	**66**	**106,5**	**65**	**68**	**103,5**	**74**	**233**
kwartyl 3 quartile 3	137,5	115,5	184,5	97	111,25	159,75	120	384
percentyl 0,95 percentile 0,95	345,7	242	525,8	254,3	214,45	346,6	269,3	1416
kwartyl 4 quartile 4	4950	432	4950	650	1158	1216	1216	4950

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.8



Ryc. 4. Zobrazowanie danych z tabeli 6. w postaci wykresów skrzynkowych (na wykresach nie uwzględniono kwartylu 0 i 4)
Fig. 4. Block diagram of data for Table 6 (quartile 0 and 4 excluded from the diagram)
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.

Z analizy zdarzeń zakwalifikowanych w bazie SWD-ST jako zagrożenia miejscowe, w roku 2009 i 2011 na terenie badanego powiatu można wyciągnąć następujące wnioski:

- brak statystycznie istotnych różnic między przyjętymi wstępnie kategoriami rodzajowymi zdarzeń (kolizje i wypadki komunikacyjne, usuwanie skutków działania sił natury, inne zdarzenia) pod względem takich cech, jak czas trwania akcji ratowniczej i liczba użytych pojazdów;
- statystycznie istotna różnica pojawia się przy analizie czasu prowadzenia akcji ratowniczej – liczbie użytych pojazdów na poziomie do dwóch i więcej.

Uwzględniając powyższe wnioski, przy analizie miejscowych zagrożeń należy wziąć pod uwagę jedynie dwie kategorie wyróżnione liczbą skierowanych do działań ratowniczych pojazdów:

- małe – do dwóch pojazdów, czas trwania działań ratowniczych od 23 do 270 min; mediana 74 min, stanowią one około 90% zdarzeń;
- duże – powyżej dwóch pojazdów, czas trwania działań ratowniczych od 40 do 800 min; mediana około 200 min, stanowią one około 10% zdarzeń.

Podział na rodzaje zdarzeń pod względem rodzaju ma sens jedynie w zakresie wyposażenia jednostek ratowniczych. Jednakże dane zawarte w bazie SWD-ST wyraźnie wskazują, że do różnego typu zdarzeń dysponowane są te same pojazdy, co pozwala wnioskować, że ich wyposażenie jest dostosowane do prowadzenia działań ratowniczych we wszystkich wymienionych w tym sprawozdaniu rodzajach zdarzeń.

4. Algorytm przestrzennej analizy zagrożeń

Schemat postępowania przy analizie zagrożeń i ryzyka zdarzeń dyskretnych w proponowanej metodzie obejmuje następujące etapy:

1. przygotowanie i wstępna analiza danych:
   - sprawdzenie poprawności danych pod względem formalnym celem eliminacji błędnych danych lub ich poprawienia;
   - określenie miejsca zdarzenia w przyjętej konwencji – określenie przybliżonych współrzędnych topograficznych (określenie współrzędnych kwadratu o powierzchni 1 km^2, w którym zaszło zdarzenie);
2. kategoryzacja zdarzeń:
   - podział zdarzeń na kategorie rodzajowe;
   - analiza ABC pod kątem ilości uczestniczących w akcji ratowniczej pojazdów gaśniczych;
   - analiza empirycznych rozkładów czasów trwania akcji ratowniczej, etap ten pozwala odkryć błędne dane, które nie były widoczne w poprzednim etapie;
   - zdefiniowanie głównych cech (rodzaj, ilość, czas) dla każdej kategorii zdarzeń;
3. ocena liczności badanych prób:
   - sprawdzenie, czy ilość danych w poszczególnych kategoriach spełnia wymogi zakładanej wiarygodności prognoz (wyznaczamy to na podstawie przedziału ufności);
   - jeżeli ilość danych nie spełnia wymogu wiarygodności należy zdecydować czy dołączamy dane z lat poprzednich, czy też łączymy kategorie, pamiętając o zachowaniu spójności przynajmniej dwóch cech, które stanowiły podstawę kategoryzacji;
4. przedstawienie na mapie liczby zdarzeń (wartości oczekiwanej) w podziale na poszczególne kategorie;

W dalszej kolejności można dokonać innych analiz dotyczących:

- trendów zmian w liczbie zdarzeń w poszczególnych obszarach – należy dysponować przynajmniej trzema okresami, każdy z ilością danych zapewniających właściwą wiarygodność;
- prognoz liczby zdarzeń w kolejnych latach;
- poprawy wiarygodności prognoz przez podział rozpatrywanego obszaru na podobszary o podobnej

częstości zdarzeń wybranej kategorii i analizowanie każdego z nich z osobna.

Przeznaczeniem wskazanego algorytmu jest opracowanie mapy ryzyka zagrożeń z możliwością predykcji pod kątem oceny adekwatności zorganizowanego systemu ratowniczo-gaśniczego, czyli jego zdolności do skutecznej reakcji adekwatnie do uwarunkowań lokalnych.

5. Przykład przestrzennej analizy zagrożeń

Poniżej zaprezentowano wykorzystanie opisanego algorytmu do analizy przestrzennej zdarzeń krytycznych na terenie wybranego powiatu. Dane zaczerpnięto z bazy danych SWD-ST2,5, jednakże dane pozwalające na identyfikację obszaru zostały ukryte.

Analizy dokonano w oparciu o dane zdarzeń krytycznych powiatu z przewagą terenów wiejskich o powierzchni 415 km^2. Gęstość zaludnienia wynosi około 105 osób na km^2. W miastach mieszka około 1/6 mieszkańców.

Pierwszy etap algorytmu jest trudny do przedstawienia, związany jest on z twórczą pracą analityka. Większość podejmowanych decyzji o usunięciu danych z analizy jest oparta na intuicji, co prawda uzasadnionej, jednakże uzasadnienie nie musi być akceptowane przez innych analityków. Dlatego też prezentacja algorytmu postępowania rozpocznie się od drugiego etapu – kategoryzacji zdarzeń.

Analizie poddano dane z roku 2008, w którym na terenie badanego powiatu doszło do: 194 pożarów; 148 kolizji i wypadków komunikacyjnych; 107 zdarzeń związanych z działaniem sił natury oraz 228 innych zdarzeń wymagających działań ratowniczych.

Następnym krokiem było dokonanie analizy ABC pod względem liczby zadysponowanych do działań ratowniczych pojazdów gaśniczych. Wyniki tej analizy przedstawiono w tabeli 7.

Na podstawie danych zawartych w tabeli 7 możemy stwierdzić, że zaproponowana powyżej klasyfikacja pożarów na małe, średnie i duże oraz innych zagrożeń miejscowych na małe i duże znajduje potwierdzenie również w statystykach tego powiatu. Badania obejmujące szerszą grupę powiatów wskazują na zasadność przyjętej klasyfikacji. Niewielkie odstępstwa od wyznaczonej reguły występują rzadko i dotyczącą przesunięć granic klasyfikacji o jeden pojazd ratowniczo-gaśniczy.

Dla badanego powiatu możemy stwierdzić, że pożary małe wymagają zadysponowania do dwóch pojazdów gaśniczych, średnie od 3 do 5, a duże powyżej 5. Natomiast w przypadku innych zagrożeń miejscowych klasyfikacja ta obejmuje jedynie dwie grupy: zagrożenia małe wymagające dysponowania do 2 pojazdów oraz duże powyżej dwóch pojazdów.

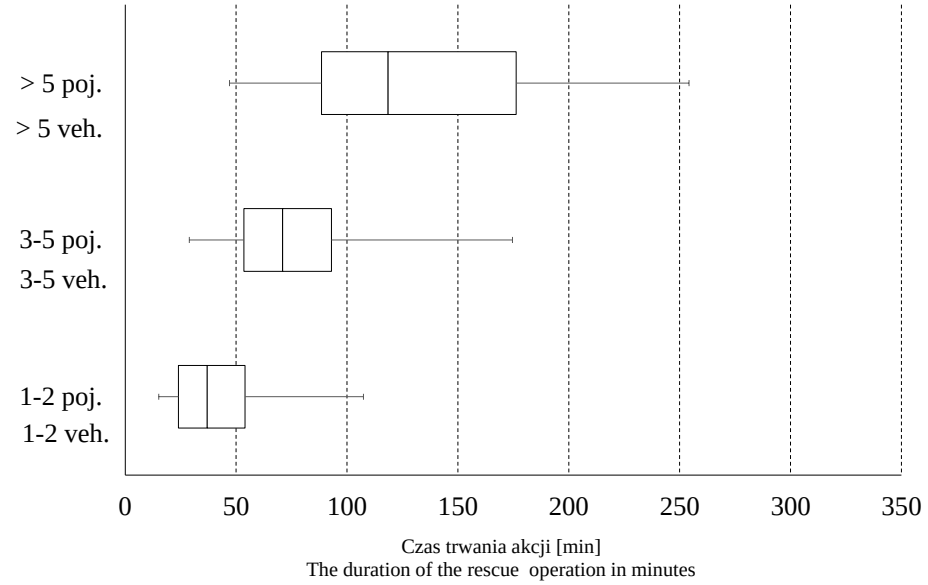
Tabela 7. Analiza ABC pod kątem ilości zaangażowanych sił w działania ratownicze z podziałem na rodzajowe kategorie zdarzeń
Table 7. ABC Analysis dealing with the volume of resources engaged with salvage operations divided into generic event categories

Liczba pojazdów / Number of vehicles	Pożary / Fires			Kolizje i wypadki komunikacyjne / Road traffic accidents			Usuwanie skutków działania sił przyrody / Removal of effects caused by forces of nature			Inne zdarzenia krytyczne / Other critical incidents		
	Ilość zdarzeń / Number of incodents	Udział procentowy / Percentage ofparticipation	Procent skumulowany / Percentage cumulative	liczba zdarzeń / Number of incodents	Udział procentowy / Percentage participation	Procent skumulowany / Percentage cumulative	Liczba zdarzeń / Number of incidents	Udział procentowy / Percentage participation	Procent skumulowany / Percentage cumulative	Liczba zdarzeń / Number of incidents	Udział procentowy / Percentage participation	Procent skumulowany / Percentage cumulative
1	85	44%	44%	73	49%	49%	81	76%	76%	205	90%	90%
2	58	30%	74%	41	28%	77%	22	21%	96%	16	7%	97%
3	20	10%	84%	25	17%	94%	4	4%	100%	5	2%	99%
4	7	4%	88%	4	3%	97%				1	0%	100%
5	8	4%	92%	4	3%	99%					0%	100%
6	10	5%	97%	1	1%	100%				1	0%	100%
7	3	2%	98%									
8	3	2%	100%									

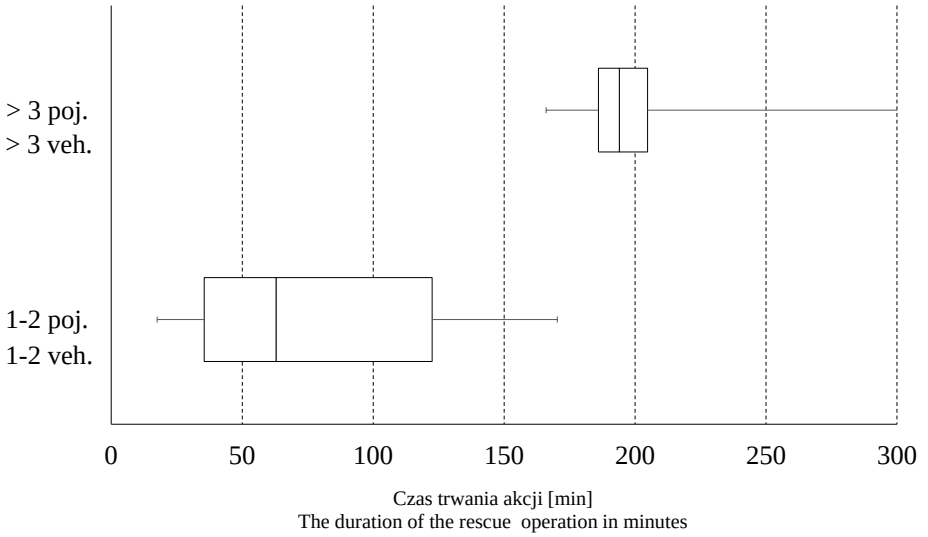
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.

Należy jeszcze sprawdzić, czy określone klasy spełniają wymóg rozłączności czasowej trwania działań ratowniczych. Dokonano tego, wykorzystując wykresy pudełkowe i odległość median poszczególnych grup zdarzeń. Jako rozłączne należy traktować te klasy zdarzeń, dla których mediany czasu prowadzenia działań ratowniczych znacznie się różnią. Na ryc. 5, 6, 7, 8 przedstawiono empiryczny rozkład czasu działań ratowniczych z podziałem na określone klasy zdarzeń. W analizie uwzględniono zdarzenia zawierające się w przedziałach percentyl (0,05) do percentyl (0,95).

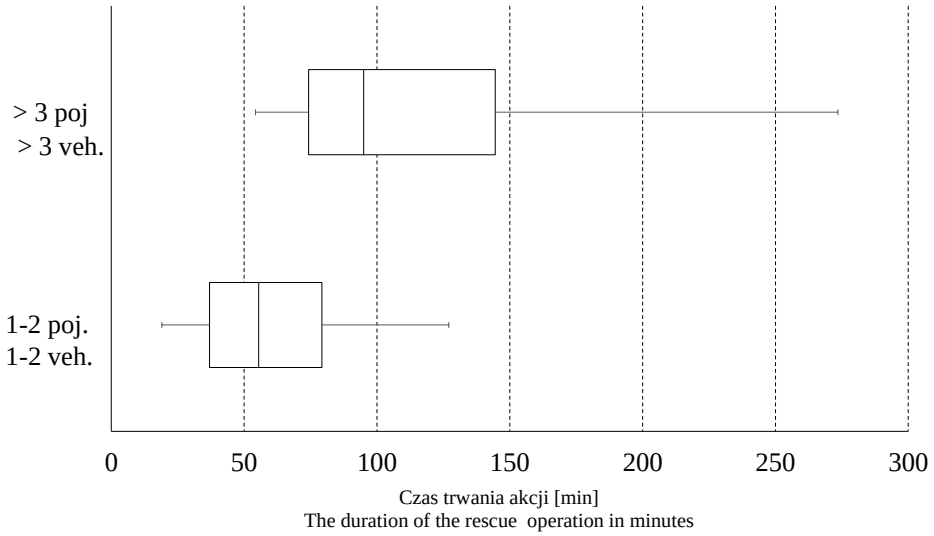
DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.8



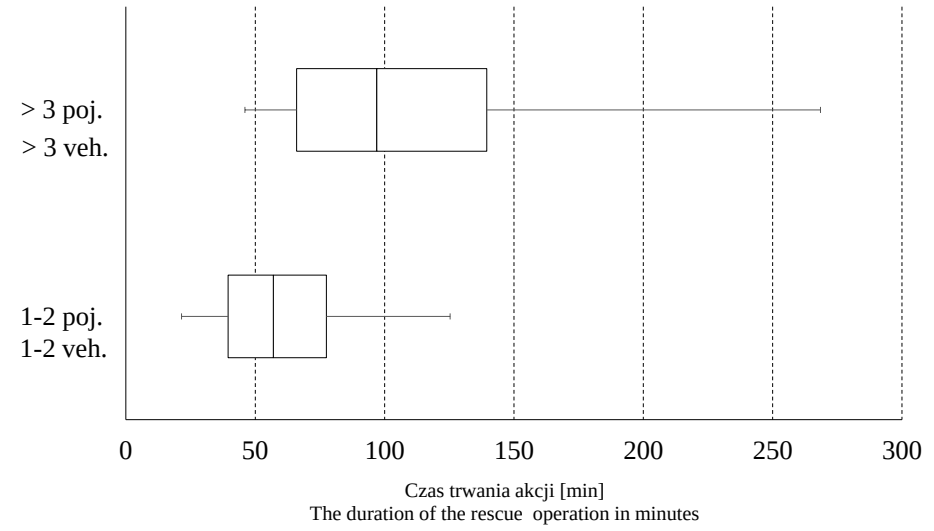
Ryc. 5. Empiryczny rozkład czasu trwania (w minutach) działań ratowniczych w przypadku pożarów z podziałem na kategorie: mały, średni, duży w roku 2008
Fig. 5. Empirical distribution of duration (in minutes), of rescue operations dealing with fires by category: small, medium, large in 2008
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.



Ryc. 6. Empiryczny rozkład czasu trwania (w minutach) działań ratowniczych w przypadku usuwania skutków działania sił natury z podziałem na kategorie: małe, duże w roku 2008
Fig. 6. Empirical distribution of duration (in minutes) of rescue operations dealing with fires by category: small, medium, large in 2008
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.



Ryc. 7. Empiryczny rozkład czasu trwania (w minutach) działań ratowniczych w przypadku kolizji i wypadków komunikacyjnych z podziałem na kategorie: małe, duże w roku 2008
Fig. 7. Empirical distribution of duration (in minutes), of rescue operations dealing with road traffic accidents by category: small, large in 2008
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.



Ryc. 8. Empiryczny rozkład czasu trwania (w minutach) działań ratowniczych w przypadku innych zagrożeń miejscowych z podziałem na kategorie: małe, duże w roku 2008
Fig. 8. Empirical distribution of duration (in minutes), of rescue operations dealing with other local threats by category: small, large in 2008
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.

Z zaprezentowanych danych wynika, że czas działań ratowniczych w przypadku kolizji i wypadków komunikacyjnych oraz innych zagrożeń jest niemal identyczny. Natomiast w przypadku usuwania skutków działania sił przyrody czas działań ratowniczych jest nieco dłuższy.

Na podstawie zaprezentowanych wykresów możemy dokonać następującej klasyfikacji zdarzeń krytycznych na terenie badanego powiatu:

1. Pożary:
   - małe – liczba zaangażowanych pojazdów gaśniczych do 2, czas trwania akcji ratowniczej zawiera się w przedziale od 15 min do 107 min, na poziomie ufności 0,9; mediana 37 min; stanowią one około 80% wszystkich pożarów w danym roku;
   - średnie – liczba zaangażowanych pojazdów gaśniczych od 3 do 5, czas trwania akcji ratowniczej zawiera się w przedziale od 29 min do 175 min, na poziomie ufności 0,9; mediana 71 min; stanowią one około 15% wszystkich pożarów w danym roku;
   - duże – liczba zaangażowanych pojazdów gaśniczych powyżej 5, czas trwania akcji ratowniczej zawiera się w przedziale od 47 min do 250 min, na poziomie

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.8

ufności 0,9; mediana 118 min; stanowią one około 5% wszystkich pożarów w danym roku;

2. Usuwanie skutków działania sił natury:
   - małe – do dwóch pojazdów, czas trwania działań ratowniczych od 17 do 240 min, na poziomie ufności 0,9; mediana 63 min; stanowią one około 90% zdarzeń;
   - duże – powyżej dwóch pojazdów, czas trwania działań ratowniczych od 180 do 213 min, na poziomie ufności 0,9; mediana około 200 min; stanowią one około 10% zdarzeń.
3. Kolizje i wypadki drogowe:
   - małe – do dwóch pojazdów, czas trwania działań ratowniczych od 20 do 120 min, na poziomie ufności 0,9; mediana 55 min; stanowią one około 90% zdarzeń;
   - duże – powyżej dwóch pojazdów, czas trwania działań ratowniczych od 55 do 273 min, na poziomie ufności 0,9; mediana około 95 min; stanowią one około 10% zdarzeń.
4. Inne zdarzenia krytyczne:
   - małe – do dwóch pojazdów, czas trwania działań ratowniczych od 19 do 140 min, na poziomie ufności 0,9; mediana 57 min; stanowią one około 90% zdarzeń;
   - duże – powyżej dwóch pojazdów, czas trwania działań ratowniczych od 38 do 156 min, na poziomie ufności 0,9; mediana około 97 min; stanowią one około 10% zdarzeń.

Wykorzystując powyższą klasyfikację, dokonano przestrzennej analizy zagrożeń na terenie badanego powiatu w oparciu o dane z 2008 r. Analizie poddano pożary małe i średnie oraz małe miejscowe zagrożenia. Pominięto zdarzenia duże ze względu na ich sporadyczność – zbyt małą ilość danych. Analizowane kategorie zdarzeń krytycznych stanowią 95% wszystkich zdarzeń, a zatem ich analiza jest reprezentatywna dla badanego obszaru. Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 8.

Tabela 8. Analiza przestrzenna zdarzeń krytycznych (małych i średnich) za 2008 r. (kwadrat jednostkowy – obszar wyznaczony przez linie siatki topograficznej 1992)
Table 8. Spatial analysis of critical incidents (SMEs) for year 2008 (unit square – an area designated by the grid lines in 1992)

Miejsce / Location			Kategorie zdarzeń / Incident category (level)					
Powiat / District	Gmina Commune	Kwadrat jednostkowy / Unit square	Pożary małe / Little fires	Pożary średnie / Medium fires	Kolizje i wypadki drogowe / Road traffic accidents	Inne zdarzenia / Other incidents	Usuwanie skutków działania sił natury / Removal of effects caused by forces of nature	Razem / Total
Powiat / District			143	35	114	221	103	616
	Gmina I		8	2	19	37	13	79
	Commune I	1				1		1
		2				1		1
		3			1	1		2
		4			2	1	1	4
		5	1					1
		6				1		1
		7				3		3
		8				3		3
		9			1	5	2	8
		10	1	1		2	1	5
		11	1		3	1	1	6
		12			1		1	2
		13				1		1
		14			3	3	1	7
		15			1	3	3	7
		16	1			1		2
		17			2	4	2	8
		18	1					1
		19			1			1
		20	2	1		1	1	5
		21	1		4	5		10
	Gmina II		13	6	13	36	4	72
	Commune II	1	7	1	4	8	2	22
		2				1		1
		3	1					1
		4	1		4	2		7

Miejsce / Location			Kategorie zdarzeń / Incident category (level)					
Powiat / District	Gmina Commune	Kwadrat jednostkowy / Unit square	Pożary małe / Little fires	Pożary średnie / Medium fires	Kolizje i wypadki drogowe / Road traffic accidents	Inne zdarzenia / Other incidents	Usuwanie skutków działania sił natury / Removal of effects caused by forces of nature	Razem / Total
		5		1		1		2
		6	1	1		3		5
		7	1			1		2
		8	1	1				2
		9		1	2			3
		10	1	1		2		4
		11				2	1	3
		12			1			1
		13				2		2
		14				4		4
		15			1	2	1	4
		16			1	8		9
	Gmina III		63	13	24	38	24	162
		1					1	1
	Commune III	2	6	1	4	4	2	17
		3	1	2		3	1	7
		4	1	1		1		3
		5	3				1	4
		6	31	4	11	17	13	76
		7	4			3		7
		8				1		1
		9	11	4	6	0	3	24
		10	4			1		5
		11	1	1		1		3
		12	1		3	3	3	10
		13				3		3
		14				1		1
	Gmina IV		3	1	1	4	14	23
		1	2				5	7
	Commune IV	2					2	2
		3	1			2		3
		4		1		1		2
		5				1	4	5
		6					1	1
		7			1			1
		8					1	1
		9					1	1
	Gmina V		49	9	51	93	39	241
		1	0		1			1
	Commune V	2	2					2
		3				1		1
		4	1		2	1		4
		5		1	1			2
		6			1			1
		7			2	1		3
		8	29	2	30	34	14	109
		9	4		2	14	4	24
		10	3		3	5	3	14
		11			1	2	1	4
		12	2		4	6		12

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.8

Miejsce / Location			Kategorie zdarzeń / Incident category (level)					
Powiat / District	Gmina Commune	Kwadrat jednostkowy / Unit square	Pożary małe / Little fires	Pożary średnie / Medium fires	Kolizje i wypadki drogowe / Road traffic accidents	Inne zdarzenia / Other incidents	Usuwanie skutków działania sił natury / Removal of effects caused by forces of nature	Razem / Total
		13			1	2	4	7
		14	1	1		2		4
		15	1				1	2
		16	1			1		2
		17				1		1
		18	1			2	1	4
		19				3	1	4
		20		1		3		4
		21	1	1	1	2	3	8
		22			1	2		3
		23		1		3	6	10
		24	2			1	1	4
		25		1		3		4
		26	1	1		4		6
		27			1			1
	Gmina VI		7	4	6	13	9	39
		1					1	1
	Commune VI	2		1	1			2
		3	1	1	1	2		5
		4	1			4		5
		5	2		1	1	7	11
		6		2	1	2		5
		7	1					1
		8	2		2	4	1	9

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z bazy SWD-ST.
Source: Own elaboration on the basis of data from the database SWD-ST.

Przeprowadzona analiza prowadzi do dość zaskakujących wniosków:

- 30% zdarzeń krytycznych miało miejsce w dwóch kwadratach jednostkowych (powierzchnia 2 km^2 – gmina III kw. 6; gmina V kw. 8);
- zdarzenia krytyczne zanotowano na obszarze 82 kwadratów jednostkowych (20% powierzchni powiatu)
- 30% zdarzeń krytycznych wystąpiło na 0,5% powierzchni powiatu.

Powyższe wnioski wskazują, iż szczególne zagrożenie wystąpieniem zdarzeń krytycznych dotyczy zaledwie niewielkiej powierzchni powiatu. Sugeruje to, że w tych kwadratach jednostkowych występują szczególne warunki sprzyjające pojawianiu się zdarzeń krytycznych. Być może pewne zmiany infrastrukturalne poprawiłyby znacznie bezpieczeństwo na tych obszarach. Należałoby zatem przeanalizować owe uwarunkowania i skonstruować właściwą politykę prewencyjną.

Istotnym i zaskakującym faktem jest również czas prowadzenia działań ratowniczych gaśniczych w skali roku, który wynosił 1513 godz., co stanowi 17% czasu, jakim dysponowały zespoły ratownicze. Obliczeń dokonano przy założeniu, że działania ratownicze trwały zawsze maksymalny czas określony dla danej kategorii. Jeżeli uwzględnimy, iż średnio czas działań ratowniczych był równy medianie tego czasu dla poszczególnych kategorii, to wówczas wykorzystanie czasu dyspozycji zespołów ratowniczych wynosiło zaledwie 6,3%. Należy oczywiście pamiętać, że analizujemy jedynie zdarzenia, do których zadysponowano nie więcej niż dwa pojazdy gaśnicze.

Zdaniem autorów ciekawym zagadnieniem jest udzielenie odpowiedzi na następujące pytanie: jakie jest prawdopodobieństwo, że w czasie prowadzenia działań ratowniczych pojawi się kolejne zdarzenie krytyczne? Jego rozwiązanie wymaga nieco innej formuły: jakie jest prawdopodobieństwo, że czas oczekiwania na kolejne zdarzenie krytyczne będzie mniejszy niż maksymalny czas prowadzenia działań ratowniczych? Tak sformułowane pytanie możemy zapisać w następującej postaci matematycznej:

$$p(t < T) = 1 - e^{-\lambda T}$$

Gdzie: λ – częstość zdarzeń w jednostce czasu;
T – czas oczekiwania na kolejne zdarzenie.

W badanym powiecie w skali roku wystąpiło 616 zdarzeń krytycznych, a zatem liczba zdarzeń w ciągu jednej minuty wynosi 0,00117. Maksymalny czas trwania działań ratowniczych w przypadku usuwania skutków działania sił

natury wynosi 240 min, stąd prawdopodobieństwo pojawienia się kolejnego zdarzenia krytycznego w tym czasie wynosi 0,245 – jest ono bardzo niskie. Zdarzenia tej kategorii nie są dominujące. Stanowią one jedynie 16% wszystkich zdarzeń. Dominujące są inne zdarzenia krytyczne (36% wszystkich zdarzeń). Dla nich czas trwania działań ratowniczych wynosi 140 min przy poziomie ufności 0,95. Przy tego typu zdarzeniach prawdopodobieństwo pojawienia się kolejnego w trakcie prowadzenia działań ratowniczych wynosi zaledwie 0,15. Można zatem stwierdzić, iż utrzymywanie przez ten powiat dwóch zespołów ratowniczych (pojazd ratowniczo-gaśniczy wraz załogą, dyspozycyjny 24 godz. na dobę – trzy obsady osobowe), jest nieuzasadnione ekonomicznie. Wynika to z małej efektywności działania, która w przypadku zdarzeń małych i średnich wynosi zaledwie 15%. Zdarzenia duże wymagają zaangażowania znacznie większych sił i środków. Należy zatem liczyć się z potrzebą wykorzystania zewnętrznych sił i środków. Zdarzenia tego typu stanowią zaledwie 5% wszystkich zdarzeń krytycznych w skali roku, czyli dla badanego powiatu jest to zaledwie 30 zdarzeń w roku.

6. Podsumowanie

Przeprowadzenie właściwej kategoryzacji zdarzeń krytycznych pozwala na bardziej wnikliwą analizę przestrzenną zagrożeń. Jej efekty można wykorzystać zarówno w budowaniu strategii prewencyjnej, jak i konstruowaniu właściwej struktury systemu ratowniczo-gaśniczego. Pomaga ona również w ocenie efektywności (w ujęciu ekonomicznym) przyjętych rozwiązań organizacyjnych i zbudowanego potencjału służb ratowniczych.

Artykuł został opracowany w ramach projektu nr DOBR/0015/R/ID1/2012/03 pt. „Zaawansowane technologie teleinformatyczne wspomagające projektowanie systemu ratowniczego na poziomach: gmina, powiat, województwo" realizowanego przez konsorcjum naukowe ze środków finansowych Narodowego Centrum Badań i Rozwoju (konkurs nr 3/2012 na wykonanie projektów w zakresie badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa).

Literatura

[1] Guerriero V., Iannace A., Mazzoli S., Parente M., Vitale S., Giorgioni M.., *Quantifying uncertainties in multi-scale studies of fractured reservoir analogues: Implemented statistical analysis of scan line data from carbonate rocks,* „Journal of Structural Geology", 2009.

[2] Koronacki J., Mielniczuk J., *Statystyka dla studentów kierunków technicznych i przyrodniczych*, WNT, Warszawa 2006.

[3] Prońko J., *Bezpieczeństwo, zagrożenie, kryzys w kontekście kierowania organizacjami*, AON, Warszawa 2011.

[4] Prońko J., *Zarządzanie ryzykiem w obszarze bezpieczeństwa powszechnego,* Wyższa Szkoła Administracji, Bielsko-Biała 2010.

[5] *Reducing risiks, protecting people. HSE's decision – making process*, Norwich: Her Majesty's Stationery Office, 2001. HSE.

[6] Ronald J. Evans, J. Boersma, N. M. Blachman, A.A. Jagers. *The Entropy of a Poisson Distribution:* Problem 87-6. „SIAM Review" Vol. 30 Issue 2.

[7] Wawrzynek J, *Metody opisu i wnioskowania statystycznego*, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego we Wrocławiu, Wrocław 2007.

* * *

dr hab. inż. Jarosław Prońko – profesor nadzwyczajny Instytutu Zarządzania Uniwersytetu Jana Kochanowskiego w Kielcach. Absolwent Politechniki Świętokrzyskiej i AON. Były oficer Nadwiślańskich Jednostek Wojskowych. Uczestnik akcji przeciwpowodziowej w 1997 r. – odznaczony Krzyżem Zasługi za Dzielność. W latach 1998–2001 główny specjalista w Biurze Spraw Obronnych MSWiA. Autor i współautor wielu prac z zakresu bezpieczeństwa powszechnego, zarządzania kryzysowego, problematyki podejmowania decyzji oraz analizy ryzyka w obszarze bezpieczeństwa powszechnego.

st. bryg. w st. sp. mgr inż. Jan Kielin – w 1968 r. ukończył Szkołę Oficerów Pożarnictwa w Warszawie, a w 1977 r. Wyższą Oficerską Szkołę Pożarniczą w Warszawie. W latach 1981–1983 odbył studia magisterskie w Wyższej Szkole Pedagogicznej w Krakowie. W roku 1975 uzyskał uprawnienia rzeczoznawcy do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych. Autor wielu publikacji z zakresu bezpieczeństwa pożarowego (m.in. *Poradnik dla Specjalisty Ochrony Przeciwpożarowej*, *Materiały szkoleniowe dla pracowników zakładów pracy*) oraz tłumaczeń (z j. niemieckiego) z zakresu ochrony przeciwpożarowej.

mgr Beata Wojtasiak – absolwentka Akademii Pedagogiki Specjalnej im. Marii Grzegorzewskiej w Warszawie (Wydział Nauk Pedagogicznych). W 2013 r. ukończyła studia podyplomowe Menedżer Innowacji w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie. Aktualnie pracownik Jednostki Certyfikującej Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowego Instytutu Badawczego na stanowisku mł. specjalista inżynieryjno-techniczny.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB Please cite as: BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 111–117

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.9

докт. сель.-хоз. наук, проф. **Кузык А.Д.** / prof. **Kuzyk A.D.**, Ph.D.[1]
Товарянский В.И. / **Tovaryanskiy V.I.**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 25.05.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 01.09.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Оценка влажности хвои сосны обыкновенной как фактора пожарной опасности по измерению ее диэлектрической проницаемости[2]

Fire Hazards Caused by Dielectric Permittivity – Evaluation of Pine Needles Moisture Content

Ocena wilgotności igieł sosny zwyczajnej jako czynnika zagrożenia pożarowego, poprzez pomiar przenikalności elektrycznej

АННОТАЦИЯ

Цель: Оценить влажность хвои сосны обыкновенной как одного из важных пожароопасных показателей по ее электрофизическим свойствам с последующей возможностью экспресс-диагностики опасности пожара в сосновых лесах . Проанализировать влияние физико-химических свойств хвои на уровень пожарной опасности.
Введение: Влажность хвои сосны обыкновенной обусловливает ее пожарную опасность.
Поскольку традиционные методы определения влажности требуют много времени или соответствующих заранее откалиброванных инструментов и методов их использования, предложено оценивать влажность хвои сосни обыкновенной по ее диэлектрической проницаемости, отображенной в ёмкости конденсатора, между пластинами которого размещена хвоя.
Проект и методы: Экспериментальные исследования сушки хвои проводились в лаборатории. Сосновые иглы содержались в помещении при температуре 20 ± 1°C и относительной влажности воздуха 46 ± 2% до достижения равновесной влажности. Затем хвою поместили в сушильный шкаф на 2 часа при температуре 100 ± 5°C до достижения абсолютно сухого состояния. Влажность рассчитывали для каждого дня исследований весовым методом, используя лабораторные весы. Диэлектрическую проницаемость хвои оценивали ёмкостью плоского конденсатора, между пластинами которого помещали фиксированное количество хвойных игл. Конденсатор подключали к измерителю емкости. Для обработки результатов применяли методы статистического анализа с использованием соответствующего программного обеспечения.
Результаты: Изменения диэлектрической проницаемости отображены в изменении ёмкости конденсатора, между пластинами которого размещена хвоя. Получены зависимости влажности хвои от времени сушки и ёмкости конденсатора с хвоей между пластинами от времени сушки. Ёмкость конденсатора предполагали пропорциональной диэлектрической проницаемости, из чего следует, что диэлектрическая постоянная уменьшается одновременно с влажностью. Используя элементы регрессионного анализа, найдены линейные и полиномиальные эмпирические модели, описывающие зависимости влажности хвои сосны обыкновенной от емкости конденсатора. Определение непосредственно диэлектрической проницаемости хвои затруднено из-за того, что между пластинами конденсатора находится не только хвоя, но и воздух. В связи с этим для проведения экспресс-диагностики пожарной безопасности хвои сосны обыкновенной вместо диэлектрической проницаемости рекомендуем использовать значение ёмкости конденсатора с хвоей внутри.
Выводы: Влажность хвои сосны обыкновенной отображается в ёмкости конденсатора с хвоей между пластинами, что дает возможность оценивать степень пожарной опасности.

Ключевые слова: пожарная опасность, хвоя, влажность, ёмкость конденсатора, сосна обыкновенная, диэлектрическая проницаемость среды
Вид статьи: оригинальная научная работа

[1] Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности / Lviv State University of Life Safety, Ukraine; andrii_k@yahoo.com;

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

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.9

ABSTRACT

Aim: To carry out an evaluation of pine needles moisture content, an important factor which contributes to fire hazards as a result of dielectric properties. Such an evaluation facilitates a speedy diagnosis of a fire hazard in pine forests An analysis was performed on the impact of physical and chemical properties of pine needles on the potential fire hazard
Introduction: Moisture content of pine needles has an impact on properties associated with fire hazards. Traditional moisture determining methods consume much time and require specialist pre-calibrated measuring instruments and techniques. Therefore, the article proposes a method of evaluating pine needles moisture content, based on dielectric permittivity principles, expressed by the capacitance of a capacitor containing pine needles located between its plates.
Project and methods: Experimental studies of dry pine needles were performed in a laboratory. Pine needles were stored at the constant air temperature of 20 ± 1°C and relative humidity of 46 ± 2% until uniform moisture content was achieved. Subsequently, the pine needles were dried for 2 hours, in an oven, at a temperature of 100 ± 5°C. The moisture content of pine needles was determined for each day of research by weighing , using laboratory scales. The dielectric permittivity of pine needles was evaluated with the aid of a flat capacitor, by placing a specified number of pine needles between its plates. This capacitor was connected to a capacitance measuring device . Statistical analysis methods and corresponding software were used for data processing.
Results: Dielectric permittivity changes were mapped using changes to the capacitor's capacitance, with pine needles located between its plates. Identified the dependence relationships between moisture content of pine needles and drying time, as well as capacitance of the capacitor containing pine needles and drying time. Capacitance is proportional to dielectric permittivity, therefore, dielectric permittivity falls in parallel with a decrease in moisture content. Using regression analysis, linear and polynomial trends were identified , describing the dependence relationship between moisture content of needles and capacitance. Direct quantification of dielectric permittivity of pine needles is complicated by the presence of air among pine needles located between plates. Therefore diagnosis of a fire hazard should be performed using capacitance of a capacitor with pine needles between its plates rather than dielectric permittivity.
Conclusions: Evaluation of pine needles moisture content, with pines located between the plates of a capacitor, has an impact on the capacitor's capacity, which facilitates a speedy prediction of fire hazard levels.

Keywords: fire hazard, pine needles, moisture, capacitor capacitance, scots pine, dielectric permittivity
Type of article: original scientific article

ABSTRAKT

Cel: Przeprowadzenie oceny wilgotności igieł sosny zwyczajnej, jednego z ważnych czynników zagrożenia pożarowego, na podstawie ich właściwości elektro-fizycznych, która umożliwi szybką diagnostykę zagrożenia pożarowego w lasach sosnowych; przeanalizowanie wpływu fizycznych i chemicznych właściwości igieł na stopień zagrożenia pożarowego.
Wprowadzenie: Wilgotność igieł sosny zwyczajnej wpływa na ich właściwości pożarowe. Ponieważ tradycyjne metody określania stopnia wilgotności wymagają znacznego nakładu czasu lub odpowiednich i precyzyjnych narzędzi oraz sposobów ich użycia, w artykule zaproponowana została metoda oceny wilgotności igieł sosny zwyczajnej na podstawie przenikalności elektrycznej, wyrażonej w pojemności kondensatora z igłami sosny umieszczonymi między jego okładkami.
Projekt i metody: Badania eksperymentalne wysuszonych igieł były prowadzone w laboratorium. Igły sosny były przechowywane w pomieszczeniu o temperaturze 20 ± 1°C i względnej wilgotności powietrza 46 ± 2% aż do uzyskania zrównoważonej wilgotności. Następnie igły umieszczono na 2 godziny w suszarce w temperaturze 100 ± 5°C do osiągnięcia stanu całkowicie suchego. Każdego dnia badań wartość wilgotności wyliczano poprzez ważenie igieł z wykorzystaniem wag laboratoryjnych. Przenikalność elektryczną oceniano na podstawie pojemności płaskiego kondensatora, pomiędzy okładki którego umieszczono określoną ilość igieł. Kondensator był podłączany do miernika pojemności. W celu przetwarzania wyników wykorzystano metody analizy statystycznej i odpowiednie oprogramowanie.
Wyniki: Wraz ze zmianą przenikalności elektrycznej następowały zmiany pojemności kondensatora, w którym znajdowały się igły rozłożone między okładkami. Otrzymano zależność między wilgotnością igieł a czasem suszenia oraz pojemnością kondensatora z igłami między okładkami a czasem suszenia. Pojemność kondensatora odpowiadała proporcjonalne przenikalności elektrycznej, wskazując, że stała dielektryczna zmniejsza się jednocześnie z wilgotnością. Wykorzystując elementy analizy regresyjnej, otrzymano liniowe i wielomianowe modele empiryczne opisujące zależności między wilgotnością igieł sosny a pojemnością kondensatora. Określenie bezpośrednio przenikalności elektrycznej igieł jest utrudnione, ponieważ pomiędzy okładkami poza igłami znajduje się również powietrze. W związku z tym do przeprowadzenia szybkiej diagnostyki bezpieczeństwa pożarowego zamiast przenikalności elektrycznej autorzy rekomendują wykorzystanie wartości pojemnościowej kondensatora z igłami.
Wnioski: Wilgotność igieł sosny zwyczajnej ma wpływ na pojemność kondensatora, w którym są one rozłożone. Ta zależność umożliwia ocenę stopnia zagrożenia pożarowego.

Słowa kluczowe: zagrożenie pożarowe, igły, wilgotność, pojemność kondensatora, sosna zwyczajna, przenikalność elektryczna otoczenia
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

1. Введение

В связи с большим спросом на древесину в народном хозяйстве интенсифицируется вырубка деревьев, что приводит к освобождению участков леса. С целью обеспечения рационального природопользования участки засаживают молодыми деревьями, в том числе и хвойными. Хвойные молодняки – лесная среда, в которой в случае возникновения пожара процессы горения протекают особенно интенсивно, а такие параметры пожара, как периметр, площадь и скорость распространения фронта пламени быстро растут, что затрудняет тушение и влечет за собой уничтожение леса на значительных площадях. Поэтому актуальной задачей является предотвращение возникновения пожаров молодого хвойного леса. Мероприятия по предупреждению пожара требуют меньших затрат

времени и средств по сравнению с его тушением. При этом возникает необходимость использования существующих и разработки новых методов экспресс-диагностики пожарной опасности хвойных насаждений.

Хвойный молодой лес имеет самый высокий показатель пожарной опасности по шкале природной пожарной опасности И. С. Мелехова [1]. Наиболее распространенной хвойной породой в лесах Украины является сосна обыкновенная (*pinus sylvestris L*). Сосновые леса сосредоточены в Полесье, на востоке и юге страны [2]. Эти леса, особенно при отсутствии в составе их древостоев лиственных пород, составляют высокую пожарную опасность. Заметим, что сосна в молодом возрасте в составе насаждений с ее участием отличается от деревьев старшего возраста низким расположением ветвей, что в случае низового пожара способствует его переходу в верховой. Наибольшую пожарную опасность составляет сосновая хвоя, которая в живом состояние удерживается на ветвях деревьев 2-3 года, а в случае сосновых молодняков – и до 4 лет. Хвоя сосны молодого возраста более пожароопасна по сравнению с хвоей сосны старшего возраста [3]. Повышенная пожарная опасность хвои обусловлена увеличенным содержанием органических веществ, которым свойственны высокие пожароопасные показатели, – скипидара и терпентинового масла, а также зависит от содержания воды, которая также обуславливает ее диэлектрические свойства [4]. Содержание воды не является постоянным и со временем изменяется. Этому процессу способствуют различные факторы, обуславливающие влажность почвы, в частности эдафические и погодно-климатические условия. Кроме этого, влажность хвои зависит и от особенностей лесных насаждений: структуры древостоя, возраста, сомкнутости крон и т.п.

2. Цель исследования

Исследовать возможность оценки влажности хвои сосны обыкновенной как фактора пожарной опасности по ее диэлектрической проницаемости, отображенной в ёмкости конденсатора. Ёмкость – это свойство накапливания электрического заряда материалом. Диэлектрическая проницаемость характеризирует изоляционные свойства материала. Значения этих параметров являются важными показателями физиологических свойств хвои сосны, которые влияют на пожароопасные свойства и обуславливают возникновение пожара.

При распространении пожара происходит сушка и пиролиз горючего материала, расположенного вблизи пламени. Существующие шкалы измерения пожарной опасности лесов классифицируют ее по значению влажности лесного материала [7]. Влажность горючих материалов определяют весовым методом, что требует много времени и наличия специальных устройств – сушильных шкафов, или с помощью влагомеров, которые являются дорогостоящими, требуют предварительной калибровки, а также специфических методов измерения. Поэтому актуальной задачей является разработка и практическое использование доступных методов экспресс-диагностики влажности хвои сосны обыкновенной, исходя из физических свойств этого пожароопасного материала.

3. Инструменты и методы

В ходе проведения исследований использованы измеритель ёмкости UT-601, лабораторные весы и электрическая сушильная камера 2В151. Влажность хвои определяли весовым методом по формуле [5]:

$$W = \frac{G_1 - G_2}{G_2} \cdot 100\% \quad (1)$$

где G_1 – исходная масса образца до сушки, г, а G_2 – маса после сушки до абсолютно сухого состояния, г.

Диэлектрическую проницаемость оценивали по значению ёмкости плоского конденсатора, состоящего из двух текстолитовых пластин размером 30–40 мм, покрытых медной фольгой. Расстояние между пластинами 5 мм. Аналогичный метод применялся в [6] для оценки влажности листьев деревьев по ёмкости.

4. Результаты

Исследования проводились в течение 26 дней в два этапа. В течение первого этапа получили зависимости влажности хвои и ёмкости конденсатора с хвоей между его пластинами от времени сушки в лабораторных условиях. Начало проведения эксперимента – 16 февраля, окончание – 13 марта 2014 г. Для исследования в лесу вблизи города Львов отобрана хвоя сосны обыкновенной возрастом 7 лет. Из хвои сформировали пять образцов по 30 иголок (хвоинок) в каждом. Образцы размещались в помещении с температурой воздуха 20 ± 1°C и относительной влажностью 46 ± 2% на листах бумаги. Ежедневно в одно и то же время образцы взвешивали и измеряли емкость конденсатора с внесенными между пластинами образцами хвои. Результаты измерений приведены в табл. 1.

Таблица 1. Массы образцов хвои и ёмкости конденсатора с хвоей в процессе сушки
Table 1. Mass of pine needles samples and capacitance of the capacitor with needles samples inside during drying

День эксперимента / Day of the experiment	Дата / Date	Масса образцов, г/ Ёмкость, пФ / Mass of samples, g/Capacitance, pF					
		Образцы / Samples					Среднее значение / Average value
		1	2	3	4	5	
1	16.02.14	2,64/37,70	2,52/37,80	2,55/36,60	2,37/34,90	2,32/38,60	2,48/37,20
2	17.02.14	2,37/27,60	2,26/31,10	2,29/28,80	2,12/29,20	2,04/29,70	2,22/29,28
3	18.02.14	2,15/27,30	2,07/32,20	2,09/27,20	1,93/28,10	1,86/28,30	2,02/28,62

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.9

День эксперимента / Day of the experiment	Дата / Date	Масса образцов, г/ Ёмкость, пФ / Mass of samples, g/Capacitance, pF					
		Образцы / Samples					Среднее значение / Average value
		1	2	3	4	5	
4	19.02.14	2,02/27,60	1,92/30,30	1,94/24,60	1,79/26,20	1,75/27,30	1,89/27,20
5	20.02.14	1,86/28,60	1,80/26,30	1,81/30,30	1,67/25,60	1,65/25,70	1,76/27,26
6	21.02.14	1,75/25,70	1,69/24,60	1,71/26,10	1,57/23,40	1,56/25,70	1,66/25,10
7	22.02.14	1,67/25,70	1,59/24,00	1,6/24,40	1,46/23,20	1,45/23,50	1,55/24,16
8	23.02.14	1,59/23,7	1,51/24,00	1,53/23,90	1,39/22,70	1,43/23,60	1,49/23,58
9	24.02.14	1,52/23,10	1,44/24,00	1,45/24,90	1,33/22,60	1,34/24,00	1,42/23,72
10	25.02.14	1,44/23,60	1,36/23,30	1,36/21,60	1,26/21,30	1,23/24,20	1,33/22,80
11	26.02.14	1,34/20,80	1,24/22,10	1,25/21,60	1,14/20,30	1,13/21,10	1,22/21,18
12	27.02.14	1,32/20,80	1,24/21,20	1,24/20,00	1,17/19,20	1,13/19,10	1,22/20,60
13	28.02.14	1,30/20,60	1,22/21,20	1,23/20,00	1,16/19,20	1,12/19,20	1,20/20,04
14	01.03.14	1,29/20,10	1,20/21,00	1,23/19,90	1,15/19,20	1,11/19,10	1,20/19,86
15	02.03.14	1,27/19,10	1,19/19,30	1,22/17,70	1,14/17,10	1,11/17,20	1,18/18,08
16	03.03.14	1,26/18,30	1,18/18,90	1,21/17,10	1,13/16,90	1,09/17,00	1,17/17,64
17	04.03.14	1,24/17,00	1,18/16,40	1,20/16,20	1,12/16,50	1,08/16,40	1,16/16,50
18	05.03.14	1,24/16,70	1,18/16,30	1,18/16,20	1,10/16,20	1,08/16,50	1,16/16,38
19	06.03.14	1,24/16,20	1,17/16,00	1,18/16,10	1,11/15,80	1,08/16,50	1,16/16,12
20	07.03.14	1,24/16,20	1,17/15,90	1,18/16,10	1,11/15,80	1,08/16,50	1,16/16,10
21	08.03.14	1,24/16,20	1,16/15,90	1,18/16,00	1,11/15,80	1,07/16,50	1,15/16,08
22	09.03.14	1,24/16,20	1,16/15,90	1,18/16,00	1,11/15,80	1,06/16,50	1,15/16,08
23	10.03.14	1,20/16,20	1,16/16,00	1,18/16,00	1,09/15,80	1,06/16,00	1,14/16,00
24	11.03.14	1,20/16,20	1,16/16,00	1,18/16,00	1,09/15,80	1,06/15,90	1,14/15,98
25	12.03.14	1,20/16,20	1,16/16,00	1,18/16,00	1,09/15,80	1,06/15,90	1,14/15,98
26	13.03.14	1,20/16,20	1,16/16,00	1,18/16,00	1,09/15,80	1,06/15,90	1,14/15,98

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

На двадцать пятый день исследований массы образцов хвои, и ёмкости конденсатора с образцами не изменились по сравнению с предыдущим днем. Измерения, проведенные на двадцать шестой день, подтвердили это, и поэтому эксперимент был прекращен. Во время второго этапа исследований определяли влажность хвои. С этой целью образцы разместили в сушильной камере и выдерживали при температуре 100 ± 5°C в течение 3 часов до абсолютно сухого состояния. Перед началом сушки произвели контрольные измерения массы и ёмкости. Результат был аналогичный полученному на 26-й день опытов. После завершения сушки определили массу образцов и ёмкость конденсатора с хвоей между пластинами (табл. 2).

Таблица 2. Масса образцов хвои и ёмкости конденсатора с хвоей в абсолютно сухом состоянии
Table 2. Mass of needles samples and capacitance of the capacitor with needles after drying until completely dry state

Масса образцов, г / Ёмкость, пФ / Mass of samples, g / Capacitance, pF					
Образцы / Samples					Среднее значение / Average value
1	2	3	4	5	
1,11/14,20	1,06/14,00	1,09/14,00	1,01/14,70	0,90/14,90	1,03/14,36

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

По значениям массы образцов в табл. 1 и 2 вычислили среднее значение влажности хвои. Зависимость средней влажности хвои от времени сушки изображена на рис. 1.

Средние значения ёмкости конденсатора с хвоей между пластинами, полученные в ходе эксперимента, изображены на рис. 2.

Объединив результаты, получили зависимости для оценки влажности хвои по ёмкости конденсатора с хвоей между пластинами (рис. 3).

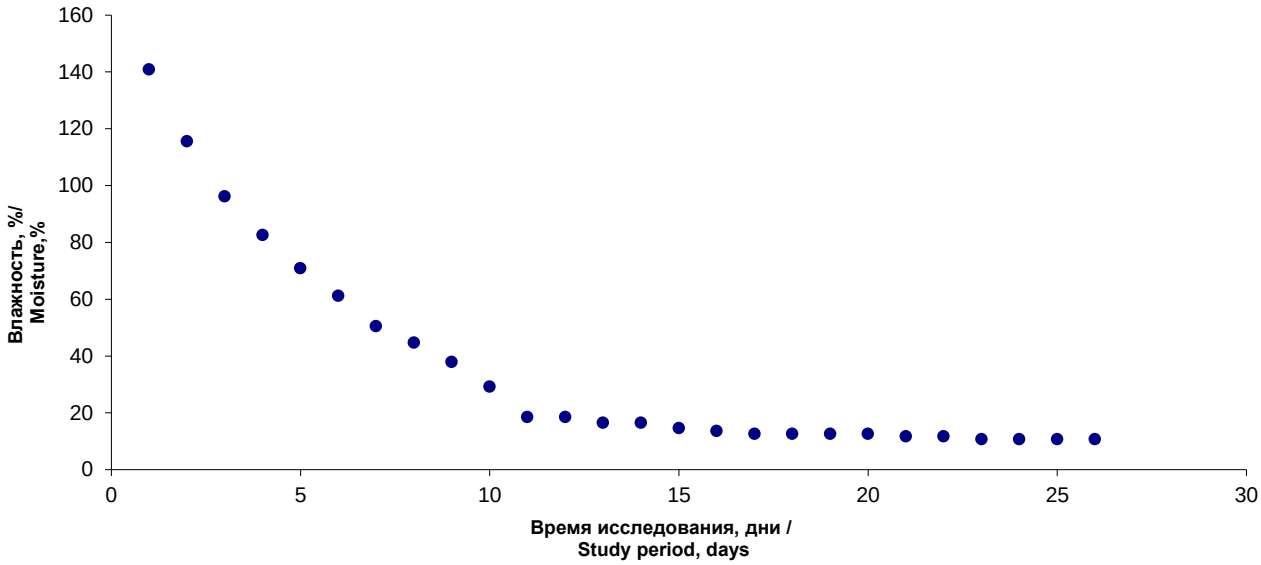


Рис.1. Зависимость влажности хвои сосны обыкновенной от времени сушки
Fig. 1. The dependence of pine needles moisture on drying time
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

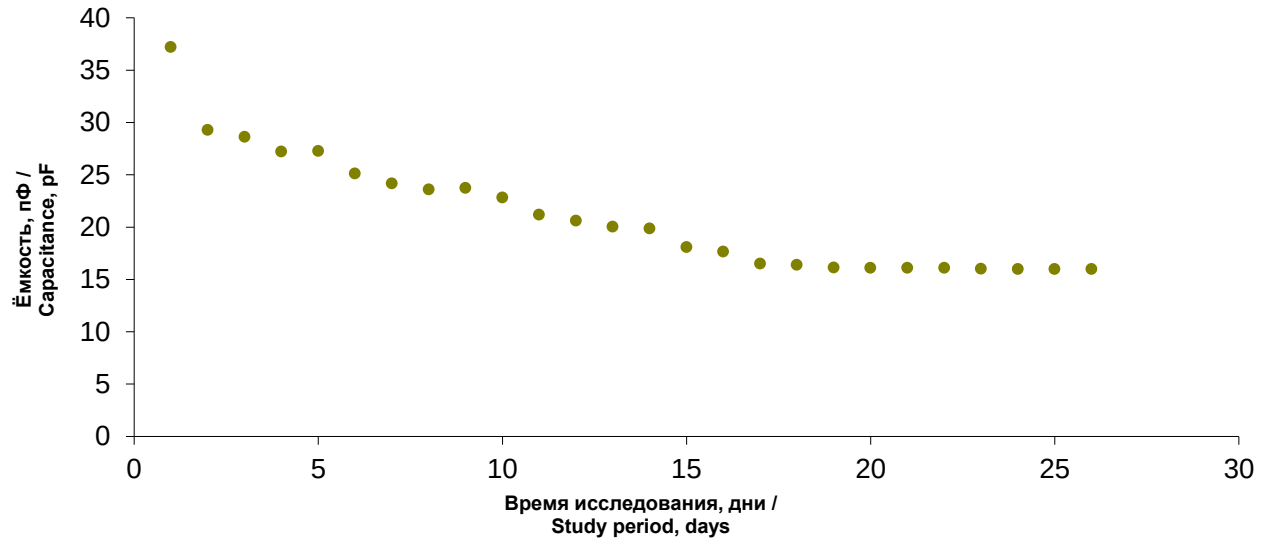


Рис. 2. Зависимость ёмкости конденсатора с хвоей от времени сушки
Fig. 2. The dependence of capacitance of the capacitor with needles samples on drying time
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.9

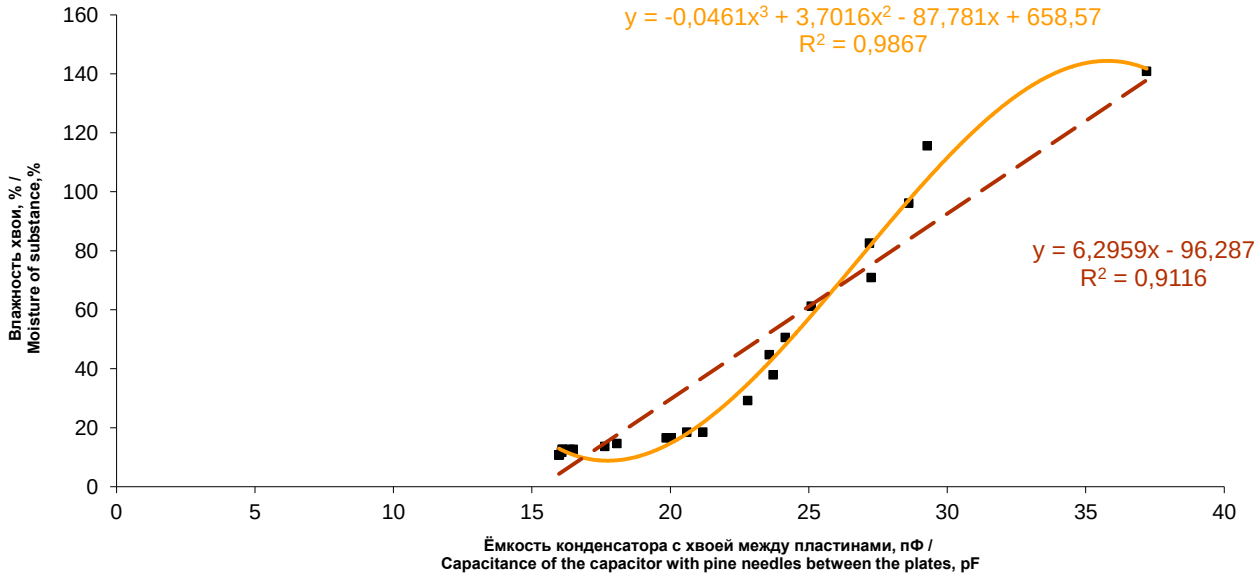


Рис. 3. Зависимости для оценки влажности сосны обыкновенной по ёмкости конденсатора с хвоей между пластинами
Fig. 3. Dependence for estimation of pine needles moisture on the basis of the capacitor's with needles between the plates capacitance
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

5. Дискуссия над методами и результатами

В первый день исследований при измерении ёмкости этот показатель был нестабильным и требовал большего времени определения, чем в последующие дни. Наблюдения показали, что ёмкость конденсатора для каждого образца хвои в процессе измерения постоянно уменьшалась и совершала определенные колебания до достижения постоянного значения. Этот факт объясняем тем, что, возможно, в свежесорванной хвое происходят определенные биофизические изменения под влиянием электрического поля. Результаты исследований показали, что масса хвои и ёмкость конденсатора с хвоей со временем уменьшаются одновременно. При этом полученные зависимости влажности хвои и ёмкости конденсатора с хвоей от времени являются нелинейными, что свидетельствует о непостоянных скоростях изменения этих показателей. Зависимость влажности хвои сосны обыкновенной от ёмкости конденсатора с хвоей между пластинами наиболее точно описывает полиномиальная регрессионная модель $W = -0{,}0461C^3 + 3{,}7016\,C^2 - 87{,}781C + 658{,}57$ с коэффициентом детерминации $R^2 = 0{,}9867$, где C – ёмкость конденсатора с внесенной хвоей между пластинами конденсатора, пФ. Неплохое приближение дает и линейная модель $W = -6{,}295996{,}287$ с $R^2 = 0{,}9116$.

Расчет непосредственно диэлектрической проницаемости хвои сосны обыкновенной по ёмкости конденсатора с образцами затруднен, поскольку между его пластинами содержится не только хвоя, но и воздух. Но поскольку ёмкость конденсатора с малым расстоянием между пластинами прямо пропорциональна диэлектрической проницаемости среды, то отсюда следует, что по изменению емкости можно оценивать диэлектрическую проницаемость хвои. Поэтому с целью практического применения в экспресс-диагностике пожарной опасности хвои сосны обыкновенной по ее влажности считаем целесообразным учитывать значения ёмкости конденсатора постоянных геометрических размеров, между пластинами которого размещено образцы хвои.

6. Выводы

1. В результате экспериментальных исследований влажности хвои сосны обыкновенной и ее диэлектрической проницаемости, отображенной в ёмкости конденсатора с хвоей между пластинами, установлено, что оба показателя одновременно уменьшаются в процессе сушки.
2. Полученные эмпирические модели позволяют определять влажность хвои сосны обыкновенной как одну из наиболее важных характеристик пожарной безопасности по ёмкости конденсатора с хвоей между пластинами.

Литература

[1] Melekhov I. S., *Lesnyye pozhary i bor'ba s nimi*, Severnoye krayevoye izd-vo, Arkhangel'sk, 1935.
[2] Gosudarstvennoye agentstvo lesnykh resursov Ukrainy., Lesa Ukrainy, Karta lesov Ukrainy [electr. doc.], http://dklg.kmu.gov.ua/forest/control/uk/publish/article?art_id=33506&cat_id=32867, [accessed: 03.06.2014]
[3] Svyrydenko V.E., Babich O.G., Shvydenko A.Y., *Lesnaya pirologiya*, Agropromvydav Ukrainy, Kiyev, 1999.
[4] Ivanov M.A., *Khimiya drevesiny i tsellyulozy*, Lesnaya promyshlennost', Moskva, 1982.
[5] Biley P.V., *Sushka i zashchita drevesiny*, izdatel'stvo L'vovskogo natsional'nogo lesotekhnicheskogo universiteta Ukrainy, L'vov, 2008.
[6] Afzal A., *Estimation of leaf moisture content by measuring the capacitance*, "J. Agr. Sci. Tech." Vol. 12, 2010, pp. 339–346.
[7] Stevens W.R., *Stickel on the measurement and interpretation of forest-fire weather in the Western Adirondacks*, "Monthly Weather Review", January, 1932, p. 25.

* * *

Кузык Андрей Данилович – ученый секретарь Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности. Доктор сель.-хоз. наук, кандидат физ.-мат. наук, профессор. Область научных интересов: теоретические и экспериментальные исследования процессов горения, пожарной опасности лесов и пожароопасных свойств горючих материалов растительного происхождения.

Товарянський Владимир Игоревич – адъюнкт Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности. Область научных интересов: теоретические и экспериментальные исследования пожарной опасности молодых хвойных насаждений.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB Please cite as: BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 119–127

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.10

д-р техн. наук **Греков С.П.** / **Grekov S.P.**, Ph.D.[1]
проф. д-р техн. наук **Пашковский П.С.** / prof. **Pashkovskiy P.S.**, Ph.D.
инж. **Орликова В.П.** / **Orlikova V.P.**, Eng.

Przyjęty/Accepted/Принята: 06.04.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 20.08.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Определение температуры самонагревания угля по соотношению оксида углерода и убыли кислорода на аварийном участке[2]

Identification of Temperature for Self Heating of Coal Caused by the Ratio of Carbon Oxide and Decreasing Oxygen Levels Along a Section Exposed to a Catastrophe

Określenie temperatury samonagrzewania się węgla w zależności od zawartości tlenku węgla i ubytku tlenu na odcinku awaryjnym

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью исследований является расчет температуры самонагревания угля по соотношению оксида углерода и убыли кислорода на аварийном участке.
Актуальность: Актуальность исследований обусловлена длительностью используемого на практике метода определения температуры угля по отношению содержания непредельных углеводородов и необходимостью разработки экспресс – метода получения данных об эндогенном пожаре для принятия мер по его тушению.
Методы: Основаны на теоретической модели неизотермической кинетики гетерогенного окисления углей с переменной реакционной поверхностью кислородом воздуха, что вызвано метановыделением из угля, а также образованием и распадом поверхностных соединений при адсорбции кислорода и образовании вблизи поверхности частиц твердых продуктов реакции.
Результаты: Предложена математическая модель процесса самонагревания в слое угля как пористой среде. Полагалось, что поступающий в такой слой фильтрационный поток воздуха, содержащий кислород, вступает в химические реакции окисления, что порождает источники тепла. Выделяющееся тепло расходуется на передачу через поверхность, ограничивающую слой угля и повышение его температуры.
Получено аналитическое решение задачи. Для описания интенсивности тепловыделения использована ранее разработанная авторами математическая модель. Учитывается изменение содержания кислорода и реакционной поверхности по мере окисления угля. Проанализировано около 30 экспериментов по определению удельной реакционной поверхности угля и получена ее зависимость от степени метаморфизма угля. Предложена зависимость для определения доли кислорода, вступающего в реакции окисления угля, и с учетом этого дана зависимость для вычисления интенсивности выделения тепла, его стока и температуры, зависимость от расхода кислорода на окисление угля. Предложена зависимость для определения температуры угля по соотношению оксида углерода и убыли кислорода на аварийном участке в результате его окисления углем. На конкретных примерах аварий на шахтах Донбасса показана возможность определения температуры самонагревания угля по данным анализа воздуха аварийного участка.
Практическая значимость: Полученные зависимости рекомендуются для опытно–промышленного использования контроля температуры самонагревания угля.
Выводы: Предложена математическая модель самонагревания в слое угля как пористой среде, апробированная на экспериментах НИИГД (Украины) и ФРГ в диапазоне температур 340–400 К на углях разной степени углефикации. Предложено использовать для определения температуры угля отношение оксида углерода к израсходованному на реакции окисления кислороду. Показано полное соответствие полученных результатов вычисления температуры с данными по соотношению этилена и ацетилена.

[1] Научно-исследовательский институт горноспасательного дела и пожарной безопасности „Респиратор”, Украина / The Respirator Scientific Research Institute of Mine-Work and Fire Safety, Donetsk, Ukraine; niigd@mail.ru;

[2] Процентное участие в создании статьи / Percentage contribution: Grekov S.P. – 35%, Pashkovskiy P.S. – 35%, Orlikova V.P. – 30%;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.10

Ключевые слова: гетерогенный процесс, доля реакционной поверхности, низкотемпературное окисление, скорость реакции, энергия активации, самовозгорание
Вид статьи: предварительный отчет

A B S T R A C T

Aim: The purpose of this study is to determine the temperature for self heating of coal, caused by the ratio of carbon monoxide and decreasing oxygen levels along a mining section exposed to a catastrophe.
Introduction: The need for this study is associated with existing cumbersome methods used to determine the temperature of coal containing unsaturated hydrocarbons and necessity to identify a faster method for obtaining data about spontaneous fires, to facilitate the selection of appropriate firefighting measures.
Methods: Methods are based on the theoretical model for non-isothermic kinetics of heterogeneous oxidation of coal with a variable reactionary oxygen surface, caused by the release of methane, as well as by formation and decay of surface compounds through oxygen adsorption and formation of stable particles.
Results: A self heating model was put forward for a layer of coal, based on a representation involving a porous substance. It was assumed that a stream of filtered air, containing oxygen, oxidised upon entering such a layer and generated a heat source. Heat was absorbed across the coal surface culminating in an increase to its temperature. An analytical solution was obtained for this exercise. To describe the intensity of generated heat, the authors utilised their own, previously developed mathematical model. The model took into account the change in oxygen content and surface reaction, depending on coal oxidation levels. Some 30 experiments were performed and analysed, which addressed the issue of coal surface reaction and identified the relationship between the surface layer and degree of coal metamorphosis. This relationship was utilised to determine the proportion of oxygen absorbed during oxidation of coal. By taking account of such data it is possible to calculate the intensity of generated heat, its flow and temperature, and consequential use of oxygen during oxidation of coal. It is proposed that the ratio of carbon oxide to reduced oxygen levels along a section exposed to an emergency, as a result of oxidation can be used to determine coal temperature. This is illustrated by specific examples of mine incident analysis in the Donets Basin.
Practical benefit: The identified dependences are recommended for further research and industrial application with the aim of controlling the temperature of self heating coal.
Conclusions: The mathematical model for surface self heating of coal and porous substances, was approved during tests at NIIGD "Respirator" (Ukraine) and the Federal Republic of Germany, within the temperature range of 340–400 K, for use with different coal quality. It is proposed that the ratio of carbon oxide to oxygen used for oxidation reactions is utilized to determine the temperature of coal. Demonstrated full compatibility between derived results for temperature calculations and data concerning the ratio of ethylene to acetylene.

Keywords: heterogeneous process, surface reaction segment, low-temperature oxidation, reaction rate, activation energy, spontaneous combustion
Type of article: short scientific report

A B S T R A K T

Cel: Celem badań jest określenie temperatury samonagrzewania się węgla w zależności od zawartości tlenku węgla i ubytku tlenu na odcinku awaryjnym.
Aktualność badań: Potrzeba przeprowadzenia badań wiąże się z czasochłonnością wykorzystywanej dotychczas metody określenia temperatury węgla ze względu na zawartość węglowodorów nienasyconych oraz koniecznością opracowania szybkiej metody pozyskiwania danych na temat pożaru endogennego, które są niezbędne podczas wyboru odpowiednich środków do jego ugaszenia.
Metody: Metody opierały się na teoretycznym modelu nieizotermicznej kinetyki heterogenicznego utleniania tlenem z powietrza węgli ze zmienną (niejednorodną) powierzchnią reakcyjną, co powodowane jest wydzielaniem metanu z węgla, a także powstawaniem i rozpadem związków powierzchniowych przy adsorpcji tlenu i powstawaniu przy powierzchni stałych produktów reakcji.
Wyniki: W artykule zaproponowany został model procesu samonagrzewania się warstwy węgla na przykładzie środowiska porowatego. Założono, że wchodzący do takiej warstwy strumień filtrowanego powietrza wstępuje w reakcje chemiczne utleniania, przez co generowane jest źródło ciepła. Wydzielające się ciepło jest wydatkowane na przejście przez powierzchnię warstwy węgla i zwiększenie jego temperatury. Otrzymano rozwiązanie analityczne tego zadania. Do opisania intensywności wydzielania ciepła wykorzystano wcześniej opracowany przez autorów model matematyczny. Uwzględniono w nim zmianę zawartości tlenu i powierzchni reakcyjnej w miarę utleniania się węgla. Przeanalizowano około 30 eksperymentów polegających na określeniu powierzchni reakcyjnej węgla i otrzymano zależność między nią a stopniem metamorfizmu węgla. Zaproponowano wykorzystanie tej zależności do określenia zawartości procentowej tlenu wstępującego w reakcję utleniania węgla. Z uwzględnieniem tych danych możliwe jest wyliczenie: intensywności wydzielania ciepła, jego spadku i temperatury oraz zależności między zużyciem tlenu a utlenianiem się węgla. Autorzy przedstawili zależność, na podstawie której możliwe jest obliczenie temperatury węgla pod względem zawartości tlenku węgla i ubytku tlenu na odcinku awaryjnym. Na rzeczywistych przykładach awarii w kopalniach w Donbasie przedstawiono możliwość określenia temperatury samonagrzewania się węgla na podstawie danych analizy powietrza na odcinku awaryjnym.
Znaczenie dla praktyki: Otrzymane zależności są rekomendowane do badań i zastosowań przemysłowych w celu kontroli temperatury samonagrzewania się węgla.
Wnioski: Zaproponowany model matematyczny samonagrzewania się w warstwie węgla – środowisku porowatym – potwierdzony został w drodze eksperymentów przeprowadzonych przez Instytut Naukowo-Badawczy Górnictwa „Respirator" (Ukraina) i Republikę Federalną Niemiec w granicy temperatur 340–400 K na węglach o różnym stopniu uwęglenia. W celu określenia temperatury węgla

zaproponowano wykorzystanie modelu opisującego stosunek zawartości tlenku węgla i tlenu biorącego udział w reakcjach utleniania. Wykazano pełną zgodność otrzymanych wyników wyliczeń temperatury z danymi w odniesieniu do etylenu i acetylenu.

Słowa kluczowe: proces heretogeniczny, udział/część powierzchni reakcyjnej, niskotemperaturowe utlenianie, szybkość reakcji, energia aktywacji, samonagrzewanie się
Typ artykułu: doniesienie wstępne

1. Введение

Эффективность борьбы с эндогенными пожарами, возникающими в выработанном пространстве угольных шахт, в значительной степени зависит от своевременности обнаружения и полноты информации о процессе самовозгорания угля. В процессе развития эндогенного пожара выделяют стадию самонагревания, раннюю стадию самовозгорания и стадию горения угля.

Самонагревание угля начинается, как только создаются условия для аккумуляции теплоты. Стадия самонагревания в основном определяет длительность инкубационного периода процесса самовозгорания и протекает в интервале температур, начиная со значений, характерных для условий данной выработки, и до критической температуры самовозгорания. По достижении критической температуры начинается ранняя стадия самовозгорания угля. Кроме изменения температуры в очаге пожара, происходят существенные изменения состава воздуха аварийного участка: уменьшается содержание кислорода, увеличивается выделение оксидов углерода, водорода, предельных и непредельных углеводородов, содержание которых значительно превышает фоновые значения. Признаком самонагревания угля на контролируемом участке является устойчивое превышение объемной доли CO и H_2 над фоновым их содержанием. Однако по результатам определения превышения оксида углерода и водорода над фоновым их содержанием невозможно отличить стадию самонагревания от ранней стадии самовозгорания. Вместе с тем определение стадии развития эндогенного пожара имеет большое значение, поскольку ранняя стадия самовозгорания угля при благоприятных условиях может длиться всего несколько часов. Эти стадии на шахтах Украины определятся по температуре угля в очаге эндогенного пожара на основании данных о соотношении этилена C_2H_4 и ацетилена C_2H_2 в пробах воздуха аварийного участка, так как на стадии самонагревания и ранней стадии самовозгорания, вплоть до температуры воспламенения летучих веществ, рост доли этилена опережает рост доли ацетилена, вследствие чего соотношение этих компонентов закономерно увеличивается [1].

Известные методы оценки основаны на анализе продуктов реакции кислорода с углем, в то время как согласно теории «уголь-кислородного» комплекса на начальной стадии кислород физически сорбируется поверхностью угля с незначительным выделением теплоты. Затем с повышением температуры начинается расщепление неустойчивых кислородных комплексов с образованием конечных продуктов окисления угля – оксидов углерода, воды, при котором выделение теплоты возрастает в 1,5–2 раза [2]. Таким образом, контроль концентрации кислорода дает возможность проследить весь процесс низкотемпературного окисления и, следовательно, является наиболее чувствительным индикатором раннего появления очага самонагревания угля.

Влияние содержания кислорода резко возрастает с повышением температуры: чем она выше, тем при меньшем содержании кислорода может протекать процесс окисления. Зависимость процесса самонагревания от содержания кислорода в шахтной среде является одним из главных факторов, влияющих на пожароопасность горных работ при переходе их на глубокие горизонты [3].

Между тем существующая система контроля на угольных шахтах, ограничивающаяся газовым анализом шахтной среды в действующих выработках и выработанном пространстве, зачастую оказывается малоэффективной при обнаружении самонагревания и практически не дает информации о местонахождении очага пожара. Отсутствие необходимой информации об эндогенном пожаре, особенно о местонахождении очага в выработанном пространстве, затрудняет использование активных методов тушения и становится причиной применения способа изоляции участков с признаками самонагревания.

Целью работы является разработка метода расчета температуры самонагревания угля по соотношению оксида углерода и убыли содержания кислорода на аварийном участке при эндогенном пожаре.

2. Теоретические и экспериментальные исследования

Ранее нами были рассмотрены тепловая и диффузионная задачи самонагревания угля, предполагая известными функциональные зависимости плотности источников и стоков от температуры и концентрации [4]. Сформулирована физическая и адекватная ей математическая модель процесса в слое различной толщины. Предложен способ численного решения задачи. Сложность вычислений и временами неадекватность полученного решения по разработанной программе из-за неустойчивости численного метода позволили нам предложить упрощенную математическую модель, позволяющую получить аналитическое решение задачи самонагревания угля в слое зернистого материала и его температуру.

Предполагается, что скопление угля, подверженное самонагреванию, – это некоторый минимальный объем, необходимый для развития процесса. Этот

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.10

объем по данным автора [1] определяется минимальной толщиной его скопления m, которая составляет 0,14 ÷ 0,20 м (на пласте $k^{н}_{8}$ при m = 0,19 м произошло 8 пожаров, на пласте $l_2^{'}$ при m = 0,18 м прошло 17 пожаров, на пласте l_7 при m = 0,14 м – 14 пожаров).

Представим уравнение для динамика температуры в зоне самонагревания угля в виде:

$$\rho c\left(\frac{\partial T}{\partial \tau}+u\frac{T-T_0}{l}\right)=\frac{\alpha\Pi}{S}(T_c-T)+q, \quad (1)$$

где ρ – плотность газа, кг/м³;
c – удельная теплоемкость газов при постоянном давлении, Дж/(кг·К);
T – температура в очаге пожара, К;
T_{0}– температура до пожара, К;
T_c – температура пород, окружающих скопление угля, К;
u – скорость движения воздуха, м/с;
l – длина зоны горения, м;
α – коэффициент теплообмена между скоплением угля и окружающими его породами,
Вт/(м²·К);
П – периметр скопления угля, м;
S – площадь поперечного сечения скопления угля, м²;
q – интенсивность источника тепла при горении, Вт/м³.

Для квазистационарного случая уравнение (1) примет вид:

$$\tilde{u}\frac{T-T_0}{l}=\frac{\alpha\Pi}{\rho_0 cS}(T_c-T)+\frac{q}{\rho_0 c}, \quad (2)$$

где $\tilde{u}=\rho u/\rho_0$ – массовая скорость воздуха, м/с;
ρ_0 – плотность газа при температуре T_0, кг/м³.

Принимая $T_c = T_0$ и решив уравнение (2) относительно температуры имеем

$$T=T_0\left(1+\frac{\bar{q}l}{\tilde{u}+\bar{\alpha}}\right), \quad (3)$$

где: $\bar{\alpha}=\frac{\alpha\Pi l}{\rho_0 cS}$ – удельный коэффициент теплообмена скопления угля с окружающими его породами, м/с;
$\bar{q}=\frac{q}{\rho_0 cS}$ – удельная интенсивность тепловыделения в зоне горения, 1/с.

Интенсивность тепловыделения в единице объема q может быть представлена выражением [5]

$$q=\frac{0{,}01(C_0-C_1)\tilde{u}\rho_0 H_c}{l}, \quad (4)$$

где C_0 – концентрация кислорода на входе в зону горения, %;
C_1 – концентрация кислорода на выходе из зоны горения, %;
H_c – теплота сгорания твердого материала, Дж/кг.

Подставляя (4) в формулу (3), будем иметь

$$T=T_0+\frac{0{,}01(C_0-C_1)\tilde{u}H_c}{c(\tilde{u}-\bar{\alpha})}. \quad (5)$$

Интенсивность тепловыделения w_{q_0} согласно ранее предложенной математической модели [6], подтвержденной проведенными экспериментальными наблюдениями, может быть представлена в виде:

$$w_{q_0}=\xi a_{O_2}a_C^* k q_0,\ \text{Дж/(м}^3\cdot\text{с)}, \quad (6)$$

где a_{O_2} и a_C^* – концентрации кислорода и углерода, моль/м³;
k – константа скорости окисления, м³/(с·моль);
ξ – доля концентрации кислорода, вступающего в реакции окисления с углем;
q_0 – теплота реакции окисления, Дж/моль.

Здесь величина ξa_{O_2} соответствует доле кислорода $\Delta C_{O_2}=C_0-C_1$,%, израсходованного на горение.

Примем во внимание, что при самонагревании угля скорость фильтрации воздуха через скопления угля мала, и первый член в скобках знаменателя $\tilde{u}$ выражения (5) на несколько порядков меньше чем $\bar{\alpha}$. Предположим, что при небольшом изменении температуры на начальной стадии самонагревания угля $\tilde{u}=u$. Тогда, приравнивая w_{q_0} и q и подставляя (4) в (5), а также вместо $\bar{\alpha}$ используя его размерный вид, выражение (3) запишем в виде:

$$T=T_0+\frac{w_{q_0}S}{\alpha\Pi},\ \text{К}. \quad (7)$$

В работе [7] нами исследовалась скорость тепловыделения из углей с учетом предположения, что концентрация кислорода постоянна и равна единице. Выражение для скорости тепловыделения v_{q_0}, Дж/(с·моль) имеет вид:

$$v_{q_0}=q_0 k, \quad (8)$$

где q_0 – теплота реакции окисления, Дж/моль, определяемая из выражения:

$$q_0=6980\ k^{-0{,}82}, \quad (9)$$

k – константа скорости окисления угля, 1/с.

С использование (9) выражение (8) примет вид:

$$v_{q_0}=6980\mathrm{k}^{0{,}18}. \quad (10)$$

Зависимость v_{q_0} от концентрации горючих веществ в угле $V^{г}$ в этой же работе представлена в виде:

$$v_{q_0}=572(V^{г})^{0{,}5}. \quad (11)$$

Объединяя (10) и (11) имеем:

$$v_{q_0}=1322k^{0{,}18}(V^{г})^{0{,}5}. \quad (12)$$

Выражение (12) можно записать в виде:

$$v_{q_0}=1322(a_C^* k)^{0{,}18}(V^{г})^{0{,}5}, \quad (13)$$

где k – константа скорости окисления угля, м³/(с · моль).

При использовании зависимости концентрации углерода a_C^* от удельной поверхности угля $S_{уд}$, м²/кг, полученной в работе [6], выражение (13) запишем в виде:

$$v_{q_0}=1322\{(-0{,}6S_{уд}^2+235{,}8S_{уд}+ +9{,}1\cdot10^4)k\}^{0{,}18}(V^{г})^{0{,}5}. \quad (14)$$

Если учесть, что значение концентрации кислорода a_{O_2} в угле не равно 1 и изменяется по мере проникновения его вглубь угля, то используя (6) будем иметь:

$$w_{q_0}=\xi a_{O_2}v_{q_0}, \quad (15)$$

где v_{q_0}, Дж/(с · моль), определяется выражением (14), то есть имеем:

$$w_{q_0}=1322\xi a_{O_2}\{(-0{,}6S_{уд}^2+235{,}8S_{уд}+ +9{,}1\cdot10^4)k\}^{0{,}18}(V^{г})^{0{,}5}. \quad (16)$$

Итак, согласно полученному выражению скорость тепловыделения w_{q_0} есть функция удельной реакционной поверхности, концентрации кислорода, константы скорости окисления и степени метаморфизма угля.

В выражении (16) удельная реакционная поверхность $S_{уд}$ является характерной чертой каждого угля. Ее

связь с фракционным составом изучалась автором [1] на углях разной степени углефикации в лабораторных условиях хроматографическим методом. В различных опытах уголь был измельчен до размера от 0…0,2 мм до 3…3,5 мм и дегазирован. Поэтому найденная автором удельная реакционная поверхность является максимально возможной для процессов окисления.

Результаты обработки экспериментов по 27 образцам углей разной степени углефикации позволили получить ее связь с концентрацией горючих веществ в угле, представленную на рис. 1 и описываемую зависимостью

$$S_{уд} = -0{,}45(V^г)^2 + 0{,}18V^г + 44{,}8. \quad (17)$$

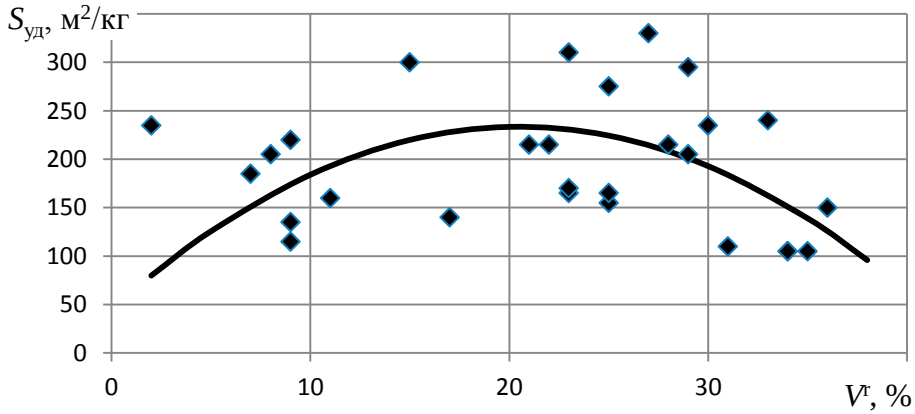


Рис. 1. Зависимость удельной реакционной поверхности угля от концентрации горючих веществ
Fig. 1. Dependence between the specific reactionary surface of coal and concentration of flammable substances
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Концентрация кислорода a_{O_2}, вступающего в реакции окисления с углем на его поверхности $S_{уд}$, меняется во времени по мере проникновения кислорода в межкусковое пространство скопления угля и диффузии в поры угля. В работе [8] исследовано изменение во времени доли ξ реагирующего кислорода на реакционной поверхности $S_{уд}$ и получено выражение в виде:

$$\xi = 1 - \exp(-\nu t) + \frac{\nu}{\mu - \nu}[\exp(-\mu t) - \exp(-\nu t)], \quad (18)$$

где ν – константа скорости образования поверхностного комплекса, 1/ч, равная

$$\nu = 2{,}2 \cdot 10^{11} E^{-3{,}66}, \quad (19)$$

E – энергия активации, Дж/моль;
μ – константа скорости перехода метана из связанного состояния в свободное, 1/ч,

которую определяют из выражения:

$$\mu = \frac{3{,}33 \cdot 10^{-7} J_0}{R^{0{,}2}} \exp(-6{,}66 \cdot 10^{-6} (V^г)^{-0{,}3} t), \quad (20)$$

J_0 – газоносность пласта, м³/т;
R – радиус частиц угля, м;
$V^г$ – концентрация горючих веществ в угле, %;
t – время, с,

С использованием этих выражений найдем для примера скорость тепловыделения w_{q_0}, моль/(м³ · с), и температуру угля за время, равное инкубационному периоду $t_{инк}$ самовозгорания, рассчитанному согласно руководящему документу [9] по шахте «Комсомолец».

Используем: $V^г$ = 30%, J_0 = 15 м³/т, $t_{инк}$ = 600 ч, a_{O_2} = 6,37 моль/м³; ξ = 0,0367; q = 7,96 · 10⁵ Дж/моль; a_C^* = 1,14 · 10⁵ моль/м³, k = 2,77 · 10⁻⁸ м³/(с · моль).

Тогда согласно формуле (6) получим w_{q_0} = 587 Дж/(м³ · с).

Примем, как было сказано выше, за величину толщины скопления угля, подверженного самонагреванию, среднее из минимальных значений m = 0,19 м и такую же его ширину. Тогда П = 0,76 м, S = 0,036 м². Используя найденную для аналогичных условий в работе [10] величину α = 0,41 Дж/(с · м² · К), по формуле (7) имеем: $T_{кр}$ = 355 К.

Выполним аналогичный расчет, используя зависимость для определения удельной реакционной поверхности угля и ее связь с величиной a_C^* (14).

Согласно (17) имеем: $S_{уд}$=192 м²/кг. По формуле (16) находим w_{q_0} = 601 Дж/(м³ · с). Температура угля по формуле (7) для этого случая: $T_{кр}$ = 367 К.

Найденная лабораторным путем критическая температура самовозгорания этого угля составила 362 К. Таким образом, расчетное значение $T_{кр}$ довольно близко к лабораторному, что свидетельствует о верности предлагаемого метода расчета температуры в скоплении угля по убыли кислорода, вступившего в реакции окисления.

С целью подтверждения достоверности использования данных газового состава для расчета температуры очага самонагревания угля воспользуемся результатами автора [1] по 27 случаям исследования углей в лабораторных условиях. Анализируемые угли представляли весь спектр их углефикации от длиннопламенных до антрацитов, критические температуры самовозгорания составляли от 358 до 390 К, константы скорости реакции окисления при критических температурах – от 8 · 10⁻⁴ до 90 · 10⁻⁴ 1/с, удельные реакционные поверхности – от 105 м²/кг до 400 м²/кг. Результаты полученных зависимостей температуры угля от израсходованного на реакции его окисления кислорода для углей марки Ж представлены на рис. 2.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.10

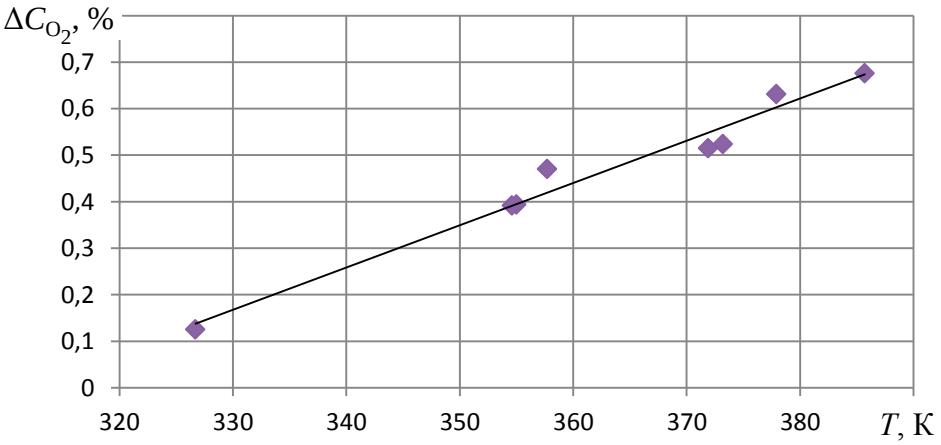


Рис. 2. Зависимость температуры угля марки Ж от концентрации кислорода, израсходованного на его окисление
Fig. 2. Dependence between the temperature of Zh rank coal and the concentration of the oxygen used for its oxidation
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Из анализа представленных на рисунке данных следует, что в изученном диапазоне температур их зависимость от израсходованного на реакции окисления кислорода может быть принята линейной

$$\Delta C_{O_2} = 0{,}01T - 2{,}83 \quad (21)$$

и полностью соответствует предложенной теоретической зависимости (7). Выражение для определения температуры угля имеет вид:

$$T = 111{,}1\Delta C_{O_2} + 314{,}4. \quad (22)$$

С целью возможности использования полученных результатов для условий горных выработок, где израсходованный на реакции окисления угля кислород подвергается разбавлению воздухом аварийного участка, необходимо учитывать еще один компонент газового состава продуктов окисления угля для нахождения температуры очага пожара. В качестве такового компонента используем оксид углерода, довольно точно определяемый в шахтных условиях экспресс методом и практически не поглощаемый углями, породами и шахтными водами. Найдем зависимость $T = f(C_{CO}/\Delta C_{O_2})$, в которой C_{CO} – концентрация оксида углерода на исходящей из пожарного участка струе воздуха, %, а ΔC_{O_2} – разность концентраций кислорода на свежей и исходящей струе воздуха, %.

Отношение $C_{CO}/\Delta C_{O_2}$ для каждого типа угля находится в лабораторных условиях газодинамическим методом путем пропускания кислорода через слой угля с такой же скоростью, которая характерна для условий его самонагревания в шахтах, т.е. порядка $1 \cdot 10^{-5} \div 1 \cdot 10^{-4}$, м/с.

Воспользуемся теоретическими и экспериментальными данными динамики параметров окисления угля марки Ж, приведенными выше и экспериментальными данными авторов [11], изучавших склонность углей к самонагреванию, из которых получим результаты, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Расчетные данные динамики параметров окисления углей марки Ж
Table 1. Calculation data of dynamics of oxidation characteristics of Zh rank coals

	Время, ч / Time, h						
Параметр / Parameter	530	550	580	620	650	670	700
a_{O_2}, моль/м3	5,9	6,05	6,12	0,19	6,25	6,6	6,9
ξ	0,030	0,033	0,036	0,038	0,041	0,043	0,045
T, K	340	350	360	370	380	390	400
ΔC_{O_2}, %	0,23	0,32	0,41	0,50	0,59	0,68	0,77
C_{CO}, %	0,005*	0,01	0,016	0,030	0,053*	0,088	0,154
* – по данным (according to data) [11]							

Из анализа результатов следует, что по мере окисления угля возрастает содержание оксида углерода и израсходованного на окисление кислорода, поэтому представляет интерес установить взаимосвязь температуры угля с отношением $C_{CO}/\Delta C_{O_2}$ (рис. 3).

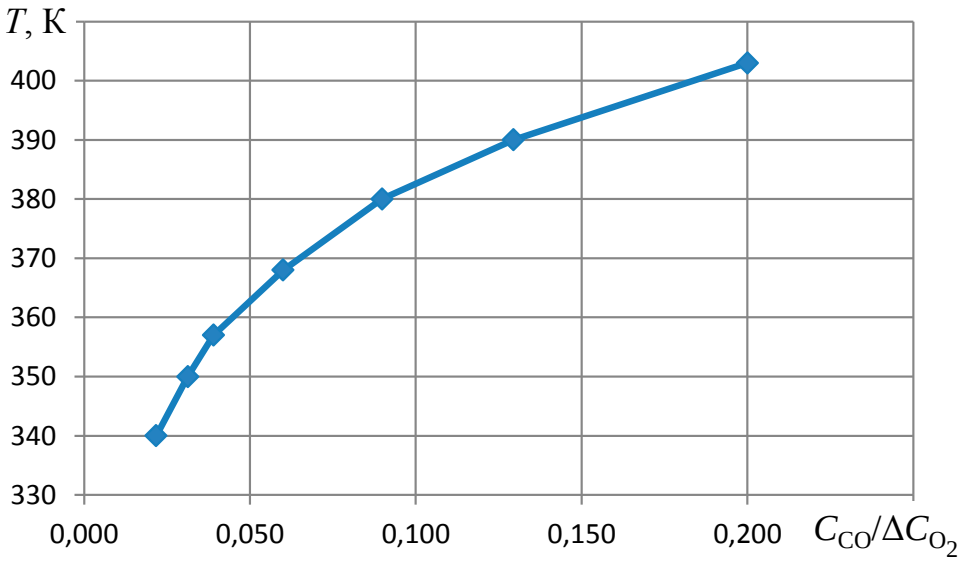


Рис. 3. Зависимость температуры самонагревания угля от соотношения $C_{CO}/\Delta C_{O_2}$
Fig. 3. Relationship between coal spontaneous heating temperature and $C_{CO}/\Delta C_{O_2}$ ratio
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Аналитическое выражение этой зависимости может быть представлено видом:

$$T = 456\left(\frac{C_{CO}}{\Delta C_{O_2}}\right)^{0,076}. \quad (23)$$

3. Апробация

Для апробации предложенного подхода к определению температуры самоокисления углей было выполнено сравнение результатов вычисления температуры на аварийном участке по соотношению концентраций $C_{CO}/\Delta C_{O_2}$ и по соотношению концентраций непредельных углеводородов (этилена и ацетилена) $C_{эт}/C_{ац}$. Результаты приведены в таблице 2.

Таблица 2. Сопоставление результатов расчета температуры по различным индикаторным компонентам
Table 2. Comparison of results of temperature calculation according to various indicator components

Шахта / Mine	Марка угля / Type of coal	Температура по соотношению концентраций $C_{CO}/\Delta C_{O_2}$, К / Temperature according to the ratio of concentrations $C_{CO}/\Delta C_{O_2}$, К	Температура по соотношению концентраций $C_{эт}/C_{ац}$, К / / Temperature according to the ratio of concentrations $C_{эт}/C_{ац}$, К /
“Пионер» ООО «Добропольеуголь» / “Pioner” PAO DTEK “Dobropolyeugol”	ДГ	334	333
«им. Артема» ГП «Луганскуголь» / “Artyom Mine” “GP Luganskugol”	Т	355	403
		395	363
		417	433
«Комсомолец Донбасса» ПАО ДТЭК / PAO DTEK Shachta Komsomolets Donbassa	Т	471	473
		453	473

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Из анализа данных табл. 2 следует, что температуры, определенные по двум соотношениям имеют близкие значения. Различие в некоторых случаях можно объяснить различной газоносностью пластов и степенью углефикации угля. Таким образом, предложенный метод определения температуры самонагревания угля по соотношению $C_{CO}/\Delta C_{O_2}$ может быть использован для начальной стадии процесса окисления.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.10

Аббревиатуры

t	время	с
J_0	газоносность пласта,	м³/т
l	длина зоны горения	м
ξ	доля концентрации кислорода, вступающая в реакции окисления с углем	–
$t_{инк}$	инкубационный период самовозгорания	ч
q	интенсивность источника тепла при горении	Вт/м³
w_{q_0}	интенсивность тепловыделения	Дж/(м³ · с)
ν	константа скорости образования поверхностного комплекса	1/ч
μ	константа скорости перехода метана из связанного состояния в свободное	1/ч
k	константа скорости окисления	1/с; м³/(с · моль)
C_0	концентрация кислорода на входе в зону горения	%
C_1	концентрация кислорода на выходе из зоны горения	%
a_{O_2}	концентрация кислорода	моль/м³
a_C^*	концентрации углерода	моль/м³
C_{CO}	концентрация оксида углерода на исходящей струе воздуха	%
$C_{ац}$	концентрация ацетилена	%
$C_{эт}$	концентрация этилена	%
V^r	концентрация горючих веществ в угле	%
α	коэффициент теплообмена между скоплением угля и окружающими его породами	Вт/(м² · К)
$\tilde{u}$	массовая скорость воздуха	м/с
ρ	плотность газа	кг/м³
ρ_0	плотность газа при температуре T_0	кг/м³
S	площадь поперечного сечения скопления угля	м²
П	периметр скопления угля	м
R	радиус частиц угля	м
ΔC_{O_2}	разность концентраций кислорода на свежей и исходящей струе воздуха	%
u	скорость движения воздуха	м/с
v_{q_0}	скорость тепловыделения	Дж/(с · моль)
T	температура в очаге пожара	К
T_0	температура до пожара	К
T_c	температура пород, окружающих скопление угля	К
H_c	теплота сгорания твердого материала	Дж/кг
q_0	теплота реакции окисления	Дж/моль
$\bar{q}$	удельная интенсивность тепловыделения в зоне горения	1/с
$\bar{\alpha}$	удельный коэффициент теплообмена скопления угля с окружающими его породами	м/с
$S_{уд}$	удельная поверхность угля	м²/кг
c	удельная теплоемкость газов при постоянном давлении	Дж/(кг · К)
E	энергия активации	Дж/моль

Литература

[1] Pashkovskiy P.S., *Engogennye pozhary v ugolnykh shakhtakh*, Knowledge, Donetsk 2013, 791.

[2] Kucher R.V., Kompanets V.A., Butuzova L.F., *Struktura iskopaemykh uglei i ikh sposobnost k okisleniiu*, Nauk. Dumka, Kiev 1980, 168.

[3] Lindenau N.I., Maevskaya V.M., Krylov V.F., *Proiskhozhdenie i tushenie engogennykh pozharov v ugolnykh shakhtakh*, M.: Nedra, 1977, 320.

[4] Grekov S.P., Cygankiewicz J., Koshovskiy B.I., Berezovskiy A.A., *Neizotermicheskaiya kinetika geterogennogo okisleniya uglei kislorodom vozdukha i ikh samonagrevaniia*, "Khimiya tverdogo topliva" Issue 6, 2000, pp. 27–37.

[5] Draizdel D., *Vydelenie v dinamiku pozharov*, Stroiizdat, 1990, 424.

[6] Grekov S.P., Orlikova V.P., Vsiakii A.A., *Opredelenie sklonnosti uglei k samovozgoraniiu*, „Gornospasatelnoe delo: sb. nauch. tr." Vol. 51, pp. 88–99.
[7] Grekov S.P., Pashkovskiy P.S., Orlikova V.P., *Teplovoi effekt okisleniia uglia i engogennaia pozharoopasnost*, „Ugol Ukrainy" Issue 10, 2014, pp. 46-50.
[8] Pashkovskiy P.S., Grekov S.P., Zinchenko I.N., *Aktualnye voprosy borby c samovozgoraniem uglia*, Arpi, Donetsk 2013, 655.
[9] Rukovodstvo po preduprezhdeniiu i tusheniiu endogennykh pozharov na ugolnykh shakhtakh Ukrainy: КД 12.01.402-2000, NIIGD „Respirator", Donetsk 2001, 215.
[10] Grekov S.P., Pashkovskiy P.S, Vsiakii A.A., *Inzhenernyi metod opredeleniia inkubatsionnogo perioda samovozgoraniia uglia,* „Ugol Ukrainy" Issue 3, 2015, 4.
[11] Münzner V.H., Peters W., *Zur Kinetik der Kohleoxydation im Temperaturbereich 30°C–100°C.* Eingegangen am 26. August 1965, 399–407.

* * *

Греков Святослав Павлович – доктор технических наук, член-корреспондент Международной академии наук высшей школы, заместитель заведующего отделом борьбы с эндогенными пожарами в шахтах и на породных отвалах, специалист в области тепломассопереноса в горных выработках и пористых средах.

Пашковский Петр Семенович – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины, первый заместитель директора НИИГД „Респиратор", основатель научной школы борьбы с пожарами на угольных шахтах.

Орликова Виктория Петровна – окончила Донецкий национальный университет по специальности химик. Научный сотрудник отдела борьбы с эндогенными пожарами в шахтах и на породных отвалах НИИГД „Респиратор". Имеет более 20 публикаций в научно-технических изданиях, является соавтором 12 национальных стандартов и 4 патентов.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB Please cite as: BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 129–136

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.11

канд. техн. наук **Новак С.В. / Novak S.V.**, Ph.D.[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 03.03.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 16.08.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Зависимость предела огнестойкости строительных бетонных конструкций от влажности бетона

Fire Resistance Limits of Concrete Constructions Influenced by the Moisture Content of Concrete

Graniczna odporność ogniowa konstrukcji budowlanych z betonu w zależności od jego wilgotności

АННОТАЦИЯ

Цель: Определение зависимости предела огнестойкости строительных бетонных конструкций по признаку потери теплоизолирующей способности от влажности бетона.
Проект и методы: Определение значений предела огнестойкости по признаку потери теплоизолирующей способности строительных бетонных конструкций, имеющих разную влажность бетона, проведено решением теплотехнической задачи (прямой задачи теплопроводности), с учетом заданных условий однозначности и теплофизических свойств материала, взятых из Еврокода 2. Решение этой задачи выполнено методом конечных разностей с использованием неявной схемы аппроксимации производных температуры по координате и времени с использованием компьютерной программы Friend.
Результаты: Определены значения предела огнестойкости по признаку потери теплоизолирующей способности строительных бетонных конструкций, имеющих влажность бетона 0, 1,5 и 3,0%. При этом решения прямой задачи теплопроводности проводились с использованием значений коэффициента теплопроводности бетона, определенных как по нижней, так и по верхней граничным кривым, приведенным в Еврокоде 2. Из анализа полученных расчетных данных следует, что отличие между величинами предела огнестойкости, определенными при влажности 1,5 и 3,0%, от значений, найденных при влажности 0, составляет 16 и 29 %, соответственно. Величина этого отклонения не зависит от толщины конструкции и значений коэффициента теплопроводности бетона. Установлено, что имеет место хорошая сходимость данных по огнестойкости бетонных конструкций, приведенных в Еврокоде 2, с расчетными данными, полученными решением прямой задачи теплопроводности при влажности бетона 1,5 % и использовании нижней граничной кривой по теплопроводности. Проведена проверка правильности (оценка достоверности) полученных результатов. Для этого выполнено сравнение данных по распределению температур, приведенных в Еврокоде 2, с данными, полученными решением прямой задачи теплопроводности. Максимальное отличие температур составляет 15°С, что свидетельствует о хорошей сходимости этих данных.
Выводы: Определено, что значение предела огнестойкости строительных бетонных конструкций по признаку потери теплоизолирующей способности значительно зависит от влажности бетона. Поэтому в стандарты или другие нормативные документы необходимо вносить положения относительно области распространения результатов испытаний бетонных конструкций, с учетом наличия существенной зависимости их предела огнестойкости от влажности бетона.

Ключевые слова: пожарная безопасность, бетонная конструкция, предел огнестойкости, задача теплопроводности, коэффициент теплопроводности, Еврокод
Вид статьи: оригинальная научная статья

ABSTRACT

Aim: The purpose of this study is to determine the relationship between fire resistance of concrete building constructions characterised by indications of a decline in heat insulation and moisture content of concrete
Project and methods: Identification of fire resistance limits for building constructions with variable levels of moisture content in concrete, characterised by the loss of insulating properties. This was determined by technical equations dealing with thermal heat engineering

[1] Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты / Ukrainian Civil Protection Scientific Research Institute; novak.s.fire@gmail.com;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.11

(equation for thermal conductivity), reflecting assigned conditions of uniqueness and thermal properties of materials in accordance with Eurocode 2. A solution was facilitated by the finite difference method and implicit outline for the approximation of temperature derivatives within coordinates and time scale, with the aid of "Friend" computer programme.
Results: Fire resistance limits were identified for concrete constructions containing moisture at 0, 1.5 and 3% levels, which were accompanied by a reduction in thermal insulation ability. A solution to the issue of thermal conductivity was secured with the use of coefficient values for thermal conductivity of concrete using the lower and upper graph limits revealed in Eurocode 2. Analysis of calculated data reveals a difference between fire resistance limit values identified for moisture levels in concrete at 1.5% and 3 % and 0 are respectively 16% and 29%. This difference is not dependant on the thickness of the construction or thermal conductivity coefficient of concrete. At the same time it was established that data concerning fire resistance of concrete constructions, described in Eurocode 2 and data from calculations utilising the lower boundary curve for thermal conductivity, which solved the issue of thermal conductivity of concrete containing moisture levels at 1.5 are very similar. The maximum temperature difference is 15%, which indicates good compatibility of data.
Conclusions: It is established that the fire resistance limit for concrete constructions, characterized by indications of a decline in heat-insulating ability depends, to a large extent, on moisture content of concrete. Therefore, standards and other normative documents should acknowledge the existence of a significant dependence relationship between fire resistance and moisture content of concrete.

Keywords: fire safety, concrete construction, fire resistance limit, the task of thermal conductivity, the coefficient of thermal conductivity, Eurocode
Type of article: original scientific article

ABSTRAKT

Cel: Określenie zależności między odpornością ogniową konstrukcji budowlanych z betonu, charakteryzowaną przez utratę zdolności izolacji cieplnej, i wilgotnością betonu.
Projekt i metody: Określenie granicznej wartości odporności ogniowej konstrukcji budowlanych z betonu o różnej wilgotności, która charakteryzuje się utratą jej właściwości izolacyjnych, przeprowadzono poprzez rozwiązanie zadań techniki cieplnej (bezpośrednie równanie przewodzenia ciepła), z uwzględnieniem wprowadzonych warunków jednoznaczności i właściwości termicznych materiałów zgodnie z Eurokodem 2. Rozwiązanie tego problemu przeprowadzono za pomocą metody różnic skończonych i niejawnego schematu aproksymacji pochodnych temperatury według współrzędnych i czasu w programie komputerowym Friend.
Wyniki: Określone zostały wartości graniczne odporności ogniowej konstrukcji z betonu o wilgotności 0, 1,5 i 3%, objawiające się utratą zdolności termoizolacyjnej. Przy tym rozwiązanie problemu przewodzenia ciepła uzyskane było drogą bezpośrednią z wykorzystaniem wartości współczynnika przewodzenia cieplnego betonu, otrzymanego zarówno na podstawie dolnej jak i górnej krzywej granicznej, podanym w Eurokodzie 2. Z analizy otrzymanych danych obliczeniowych wynika, że różnica między wartościami granicznymi odporności ogniowej, określonymi przy wilgotności 1,5 i 3% i wartościami otrzymanymi przy wilgotności 0% wynoszą odpowiednio 16% i 29%. Wartość tej różnicy nie zależy od grubości konstrukcji i współczynnika przewodzenia ciepła betonu. Stwierdzono przy tym, że dane na temat odporności ogniowej konstrukcji betonowej, określone w Eurokodzie 2 i dane obliczeniowe, otrzymane w drodze rozwiązania bezpośredniego problemu przewodzenia ciepła przy wilgotności betonu 1,5% z wykorzystaniem dolnej krzywej granicznej przewodzenia ciepła, są do siebie bardzo zbliżone. Maksymalna różnica temperatur wynosi 15, co wskazuje dobrą zgodność tych danych.
Wnioski: Ustalono, że wartość graniczna odporności ogniowej betonowych konstrukcji budowlanych, charakteryzowanej poprzez utratę zdolności termoizolacyjnych, w dużej mierze zależy od wilgotności betonu. Dlatego do standardów lub innych dokumentów normatywnych należy wnieść poprawki dotyczące obszaru upowszechnienia wyników badań, uwzględniając istnienie dużej zależności między odpornością ogniową a wilgotnością betonu.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo pożarowe, konstrukcja z betonu, graniczna odporność ogniowa, równanie przewodzenia ciepła, współczynnik przewodzenia ciepła, Eurokod
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

1. Введение

При экспериментальном определении пределов огнестойкости строительных бетонных конструкций на огнестойкость, как правило, не проводится определение влажности бетона в образцах, которые подвергаются испытаниям. Это не требуется, в частности, национальными стандартами Украины [1–4], которые устанавливают требования к методам испытаний строительных конструкций на огнестойкость. Однако в этих стандартах указано, что результаты испытаний действительны только для тех образцов, которые поддавались испытаниям, и их нельзя переносить на другие конструкции. При определении области распространения результатов испытаний бетонных конструкций на огнестойкость нерешенным остается вопрос о возможности использования результатов испытаний для конструкций с разной влажностью бетона. Для получения ответа на него необходимо иметь данные о зависимости предела огнестойкости этих конструкций от влажности бетона. Если эта зависимость несущественная (для выбранного диапазона изменения влажности бетона), то можно принять обоснованное решение о распространении результатов испытаний на конструкции з разной влажностью. В ином случае, в стандарты или другие нормативные документы необходимо вносить положения относительно области распространения результатов испытаний бетонных конструкций, с учетом наличия существенной зависимости их предела огнестойкости от влажности бетона. Также, возможно, необходимо будет вносить положение об обязательном измерении

влажности бетона в образцах бетонных конструкций, которые подвергаются испытаниям на огнестойкость.

С учетом вышеизложенного, целью настоящей работы было поставлено определение зависимости предела огнестойкости строительных бетонных конструкций по признаку потери теплоизолирующей способности от влажности бетона.

2. Метод

В общем случае, предел огнестойкости t_{fr} конструкции соответствует промежутку времени от начала огневого воздействия по стандартному температурному режиму до наступления одного из нормируемых для рассматриваемой конструкции предельных состояний по огнестойкости [1]. Одним из таких состояний, которое установлено для строительных ограждающих конструкций – стен и перекрытий, является потеря теплоизолирующей способности конструкции, признаком которой есть превышение средней температуры на необогреваемой поверхности конструкции над начальной средней температурой этой поверхности на 140°C или превышение температуры в любой точке необогреваемой поверхности конструкции над начальной температурой в этой точке на 180°C [1–4]. Для определения указанного выше промежутка времени расчетным путем следует решать теплотехническую задачу – прямую задачу теплопроводности (далее – ПЗТ), с учетом заданных условий однозначности и значений теплофизических свойств материала, который применяется в строительной конструкции [5]. В европейских стандартах [6–12] (Еврокодах), устанавливающих методы расчета огнестойкости строительных бетонных, стальных и других конструкций, приводятся параметры (значения коэффициентов теплоотдачи, температуры среды в зависимости от времени огневого воздействия, теплофизических и прочностных свойств материалов и др.), которые необходимы для получения однозначных результатов расчета. Для бетонных конструкций такие параметры приведены в Еврокоде 2 [7]. В частности, в нем даны зависимости от температуры удельной теплоемкости бетона с влажностью 0, 1,5 и 3,0%, приведенные на рис. 1, и плотности бетона, а также указано, что значения коэффициента теплопроводности бетона должны быть в интервале, который ограничен верхней и нижней граничными кривыми 1, 2, показанными на рис. 2.

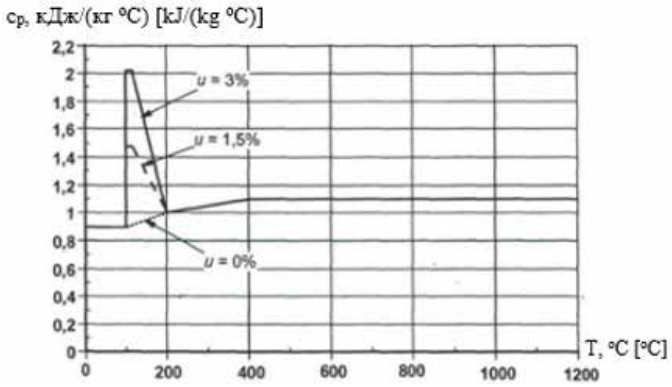


Рис. 1. Зависимость от температуры удельной массовой теплоемкости бетона с влажностью u = 0; 1,5 и 3%, приведенная в Еврокоде 2 [7]
Fig. 1. Dependence on the temperature of the specific mass heat of concrete with the humidity of u = 0; 1,5 and 3%, given in Eurocode 2 [7]

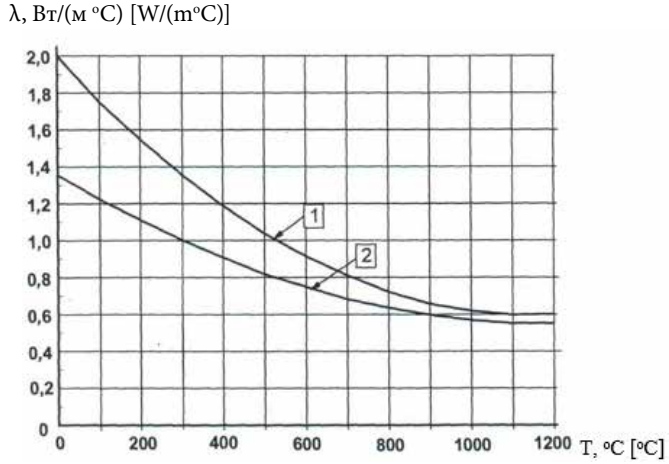


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплопроводности бетона от температуры, приведенная в Еврокоде 2 [7]: 1 – верхняя граница λ_{high}; 2 – нижняя граница λ_{low}.
Fig. 2. Dependence of the coefficient of the thermal conductivity of concrete on the temperature, given in Eurocode 2 [7]: 1 – upper boundary of λ_{high}; 2 – lower boundary of λ_{low}.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.11

Для расчета огнестойкости конструкций с разной влажностью бетона решением ПЗТ применена математическая модель теплового состояния конструкции для одномерного процесса нестационарной теплопроводности, которая представляет собой уравнение теплопроводности

$$c_V\ (T)\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left[\lambda(T)\frac{\partial T}{\partial x}\right] \quad (1)$$

$$T = T(x, t),$$

с начальным условием $T(x, 0) = T_0 = \text{const}$

в области решения $x_1 \geq x \geq x_0$ для однослойной стенки с граничным условием радиационно-конвективного теплообмена на ее обогреваемой поверхности (граница $x = x_0$) с температурой $T(0, t)$ и горячими газами с температурой $T_г$

$$\lambda\frac{\partial T(0,t)}{\partial x} = \alpha^*\left[T(0,t) - T_\Gamma(t)\right] \quad (2)$$

где

$$\alpha^* = \alpha_c + \frac{C_0\varepsilon}{T_s(t) - T(x_2,t)}\left\{\left[\frac{T_s(t)+273}{100}\right]^4 - \left[\frac{T(x_2,t)+273}{100}\right]^4\right\} \quad (3)$$

и граничным условием конвективного теплообмена со стороны окружающей среды на границе $x = x_1$

$$\lambda\frac{\partial T(x_1,t)}{\partial x} = \alpha^{**}\left[T(x_1,t) - T_0\right] \quad (4)$$

В (1)–(4) $c_v = c_p\rho$ – удельная объемная теплоемкость, c_p – удельная массовая теплоемкость, ρ – плотность, λ – коэффициент теплопроводности, T – температура, t – время огневого воздействия, x – координата, α^* – коэффициент теплоотдачи от горячих газов к нагреваемой поверхности конструкции, α^{**} – коэффициент теплоотдачи от необогреваемой поверхности конструкции в окружающую среду (воздух), C_0 – излучательная способность абсолютно черного тела ($C_0 = 5{,}67$), ε – коэффициент теплового излучения нагреваемой поверхности конструкции; T_Γ – температура горячих газов; T_0 – начальная температура и температура окружающей среды. Согласно положениям Еврокода 2 [7] при расчетах коэффициент теплоотдачи α^* принимается равным 25 Вт/(м²°C), коэффициент теплового излучения $\varepsilon = 0{,}7$, коэффициент теплоотдачи $\alpha^{**} = 9$ Вт/(м²°C), температура $T_0 = 20$°C.

Постановка задачи определения предела огнестойкости ограждающей конструкции (стены, перекрытия и др.) по признаку потери ее теплоизолирующей способности путем решения прямой задачи теплопроводности следующая. Решением математической модели (1)–(4) необходимо определить значения температуры $T(x_1, t)$ на необогреваемой поверхности конструкции для разных моментов времени огневого воздействия по стандартному температурному режиму и на основании этих данных установить время t_{fr}, при котором температура этой поверхности составляет 160°C.

3. Результаты

Математическая модель (1)-(4) интегрировалась численно методом конечных разностей с использованием неявной схемы аппроксимации производных температуры по координате x и времени t. При решении ПЗТ значения удельной теплоемкости бетона брались по зависимостям, приведенным на рис. 1 для бетона с влажностью 0, 1,5 и 3,0%, взятым из Еврокода 2 [7]. Плотность бетона принималась зависящей от температуры и определялась по формулам, приведенным в Еврокоде 2 [7, с. 31]. При температуре 20°C плотность бетона составляет 2300 кг/м³. Решения ПЗТ проводились с использованием значений коэффициента теплопроводности бетона, определенных как по нижней λ_{low} так и по верхней λ_{high} граничным кривым, приведенным на рис. 2, и компьютерной программы Friend [13]. Полученные результаты даны в таблице 1. В этой таблице также приведены данные о пределах огнестойкости строительных бетонных конструкций, взятые из Еврокода 2 [7, с. 56]. Относительно этих данных в Еврокоде 2 [7, с. 46] указано, что „приведенные в нем таблицы разработаны на эмпирической основе и подтверждены теоретической оценкой и испытаниями. Данные действительны для всего диапазона теплопроводности". Информация о влажности бетона в этих конструкциях в Еврокоде 2 [7] не приводится.

Таблица 1. Значения предела огнестойкости бетонных конструкций по признаку потери теплоизолирующей способности, полученные при разной влажности бетона
Table 1. Values of the fire resistance of concrete constructions according to the loss of the heat-insulating ability, with the different humidity of the concrete

Толщина конструкции / Thickness of the construction d_c, мм [mm]	**Предел огнестойкости / Fire resistance limit t_{fr}, мин [min]**						
	u = 0%		**u = 1,5%**		**u = 3%**		**Данные из Еврокода 2 [7, с. 56] Data from Eurocode 2 [7, s. 56]**
	λ_{low}	λ_{high}	λ_{low}	λ_{high}	λ_{low}	λ_{high}	
60	31	25	36	29	40	32	30
80	50	39	57	45	64	50	60
100	73	56	84	65	93	73	90
120	100	56	116	89	128	99	120
150	149	114	173	132	192	148	180
175	198	151	229	175	255	195	240

Источник: Собственная разработка
Source: Own elaboration.

На рис. 3 приведена зависимость предела огнестойкости конструкции от влажности бетона, построенная по данным таблицы 1 для варианта изменения коэффициента теплопроводности бетона по верхней граничной кривой λ_{high}.

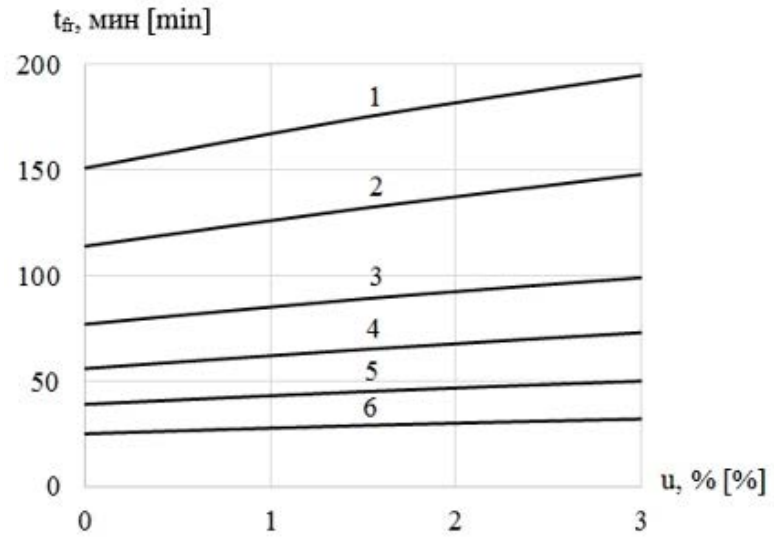


Рис. 3. Зависимость предела огнестойкости конструкции от влажности бетона для разных значений ее толщины d_c (мм): 1 – 175; 2 – 150; 3 – 120; 4 – 100; 5 – 80; 6 – 60
Fig. 3. Dependence of the limit of the fire resistance of construction from the humidity of concrete for the different values of its thickness d_c (mm): 1 – 175; 2 – 150; 3 – 120; 4 – 100; 5 – 80; 6 – 60
Источник: Собственная разработка
Source: Own elaboration.

В таблице 2 приведены относительные отклонения $\delta_{t\,u}$ значений предела огнестойкости $t_{fr\,ui}$ бетонных конструкций, полученных при влажности 1,5 и 3,0%, от величин $t_{fr\,o}$, найденных при u = 0. Расчет этих отклонений приводился по следующей формуле:

$$\delta_{t\,u} = 100\,(t_{fr\,ui} - t_{fr\,o})/\,t_{fr\,o} \qquad (5)$$

На рис. 4 представлена зависимость этого отклонения от влажности бетона, построенная по данным таблицы 2.

4. Дискуссия

Из анализа приведенных данных следует, что значение предела огнестойкости бетонных конструкций по признаку потери теплоизолирующей способности значительно зависит от влажности бетона. Отличие между величинами предела огнестойкости, полученными при влажности 1,5 и 3,0%, от значений, найденных при u = 0, составляет 16 и 29%, соответственно. Значение этого отклонения не зависит от толщины конструкции и величины коэффициента теплопроводности бетона.

Таблица 2. Отклонения значений предела огнестойкости бетонных конструкций, полученных при разной влажности бетона.
Table 2. Deviations of the values of the limit of the fire resistance of the concrete constructions, obtained with the different humidity of concrete.

Толщина конструкции Thickness of the construction d_c, мм [mm]	**Относительное отклонение Relative deflection $\delta_{t\,u}$, %**			
	u = 1,5%		**u = 3%**	
	λ_{low}	λ_{high}	λ_{low}	λ_{high}
60	16	16	29	28
80	15	15	28	28
100	15	16	28	29
120	16	16	28	29
150	16	16	29	29
175	16	16	29	29

Источник: Собственная разработка
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.11

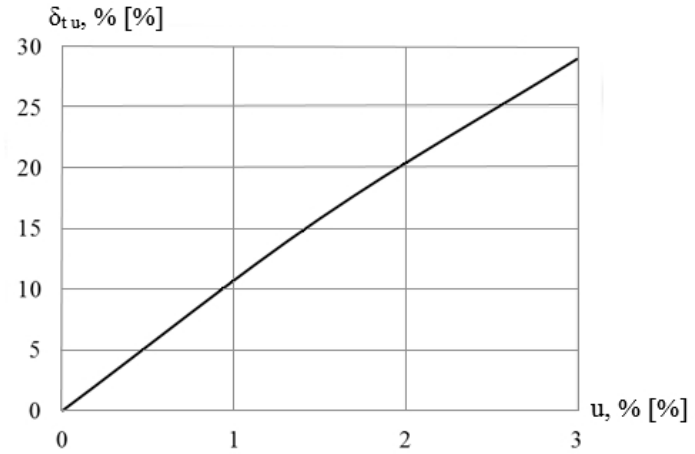


Рис. 4. Зависимость относительного отклонения $\delta_{t\,u}$ от влажности бетона
Fig. 4. Dependence of the relative deflection of $\delta_{t\,u}$ from the humidity of the concrete
Источник: Собственная разработка
Source: Own elaboration.

Имеет место хорошая сходимость данных по огнестойкости строительных бетонных конструкций, приведенных в Еврокоде 2 [7, с. 56], с расчетными данными, полученными решением ПЗТ при влажности бетона 1,5 % и использовании нижней граничной кривой по теплопроводности λ_{low} (см. табл.1 и рис. 5). Отличие в этих данных не превышает 7% при толщине конструкции от 80 мм до 175 мм и имеет максимальное значение 20% при толщине 60 мм.

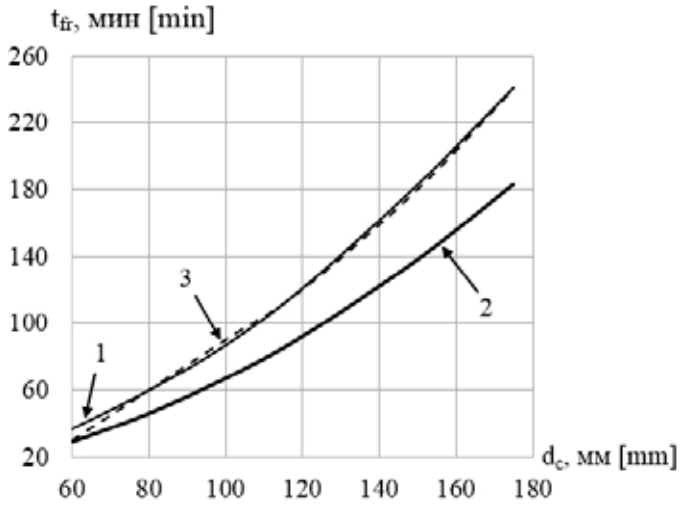
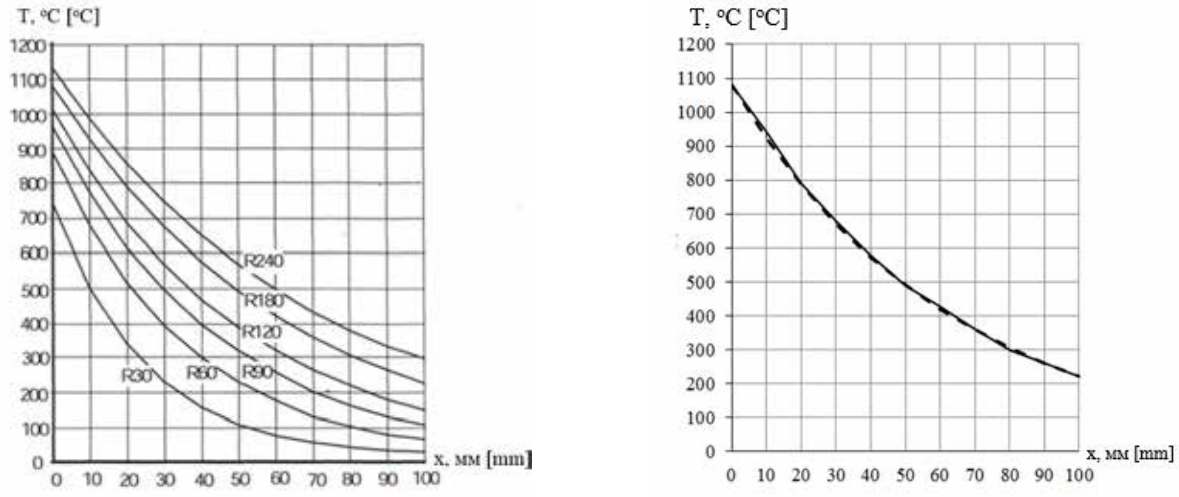


Рис. 5. Зависимость предела огнестойкости бетонной конструкции от ее толщины:
1 – расчет по нижней граничной кривой при u = 1,5%; 2 – расчет по верхней граничной кривой u = 1,5%; 3 –данные из Еврокода 2 [7, с. 56]
Fig. 5. Dependence of the limit of the fire resistance of the concrete construction from the thickness:
1 – calculation according to the lower boundary curve with u = 1,5%; 2 – calculation according to the upper boundary curve u = 1,5%; 3 – data from Eurocode 2 [7, s. 56]

Проведена проверка правильности (оценка достоверности) полученных с использованием математической модели (1)-(4) результатов путем сравнения данных распределений температур, приведенных в Еврокоде 2 [7, с. 76], с результатами решения прямой задачи теплопроводности.

В Еврокоде 2 [7, с. 76] приведены графики зависимости температуры от расстояния от нагреваемой поверхности бетонной конструкции толщиной 200 мм (рис. 6а) для моментов времени 30, 60, 90, 120, 180, 240 минут (температурные кривые R30 – R240). В Еврокоде 2 [7, с. 75] указано, что эти зависимости определены расчетным путем для бетона с влажностью 1,5%, имеющего значения коэффициента теплопроводности в соответствии с нижней граничной кривой. Для этой конструкции решением ПЗТ получена зависимость температуры от расстояния для момента времени 180 мин. Сравнение полученных результатов с данными Еврокода 2 [7, с. 76] приведено на рисунке 6б. Максимальное отличие температур составляет 15°C, что свидетельствует о хорошей сходимости данных, полученных решением ПЗТ, с данными, приведенными в Еврокоде 2 [7, с. 76].



а) / a) б) / b)

Рис. 6. Зависимость температуры от расстояния от нагреваемой поверхности бетонной конструкции толщиной 200 мм для моментов времени 30, 60, 90, 120, 180, 240 мин (кривые R30 – R240), приведенная в Еврокоде 2 (а), и эта зависимость для момента времени 180 мин (б): сплошная кривая – решение ПЗТ; пунктирная кривая – данные Еврокода 2 [7, с. 76].
Fig. 6. Dependence of temperature on the distance from the exposed surface of concrete construction with a thickness of 200 mm for moments of time 30, 60, 90, 120, 180, 240 min (curves R 30 – R240), given in the Eurocode 2 (a), and this dependence for moment of the time of 180 min (b): unbroken curve – solution of direct problem of thermal conductivity; broken curve – data of Eurocode 2 [7, s. 76].

5. Выводы

Определено, что значение предела огнестойкости строительных бетонных конструкций по признаку потери теплоизолирующей способности значительно зависит от влажности бетона. Отличие между величинами предела огнестойкости, полученными при влажности 1,5 и 3,0%, от значений, найденных при влажности u = 0, составляет 16 и 29%, соответственно. Значение этого отклонения не зависит от толщины конструкции и величины коэффициента теплопроводности бетона. Поэтому в стандарты или другие нормативные документы необходимо вносить положения относительно области распространения результатов испытаний бетонных конструкций, с учетом наличия существенной зависимости предела их огнестойкости от влажности бетона. Также необходимо вносить положение об обязательном измерении влажности бетона в образцах бетонных конструкций, которые подвергаются испытаниям на огнестойкость.

Достоверность полученных результатов подтверждается хорошей сходимостью данных по огнестойкости строительных бетонных конструкций и распределений температур, приведенных в Еврокоде 2, с расчетными данными, полученными решением прямой задачи теплопроводности с использованием математическоsй модели (1)–(4). Отличие в данных по огнестойкости не превышает 20%, а отличие по температуре не превышает 15°C.

Литература

[1] DSTU B V.1.1-4-98* Zashchita ot pozhara. Stroitel'nyye konstruktsii. Metody ispytaniy na ognestoykost'. Obshchiye trebovaniya.
[2] DSTU B V.1.1-15:2007 Zashchita ot pozhara. Peregorodki. Metod ispytaniya na ognestoykost' (EN 1364-1:1999, NEQ).
[3] DSTU B V.1.1-19:2007 Zashchita ot pozhara. Nesushchiye steny. Metod ispytaniya na ognestoykost' (EN 1365-1:1999, MOD).
[4] DSTU B V.1.1-20:2008 Zashchita ot pozhara. Perekrytiya i pokrytiya. Metod ispytaniya na ognestoykost' (EN 1365-2:1999, NEQ).
[5] Gosudarstvennyye stroitel'nyye normy Ukrainy DBN V 1.1-7-2002* Pozharnaya bezopasnost' ob"yektov stroitel'stva.
[6] EN 1991-1-2:2002 Eurocode 1: Actions on structures – Part 1–2: General actions – Actions on structures exposed to fire.
[7] EN 1992-1-2:2004 Eurocode 2: Design of concrete structures – Part 1–2: General rules – Structural fire design.
[8] EN 1993-1-2:2005 Eurocode 3: Design of steel structures – Part 1–2: General rules – Structural fire design.
[9] EN 1994-1-2:2005 Eurocode 4. Design of composite steel and concrete structures – Part-2: General rules. Structural fire design.
[10] EN 1995-1-2:2004 Eurocode 5 – Design of timber structures – Part 1–2: General – Structural fire design.
[11] EN 1996-1-2:2005 Eurocode 6: Design of masonry structures – Part 1–2: General rules – Structural fire design.
[12] EN 1999-1-2:2002 Eurocode 9: Design of aluminium structures – Part 1–2: Structural fire design.
[13] Krukovskiy P., Obratnyye zadachi teplomassoperenosa (obshchiy inzhenernyy podkhod), izdatel'stvo ITTF NAN Ukrainy, Kiyev, 1996.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.11

* * *

канд. техн. наук Новак Сергей Викторович – сотрудник Украинского научно-исследовательского института гражданской защиты. Автор более 200 публикаций в научных журналах, сборниках материалов научно-практических конференций и семинаров; разработчик более 30 национальных стандартов Украины и 15 государственных строительных норм. Основные научные интересы: исследование огнестойкости строительных конструкций и противопожарных преград экспериментально-расчетными методами; оценка огнестойкости конструкций методами, которые основаны на рассмотрении сценариев реального и условного пожара и математическом моделировании теплового состояния конструкций при пожаре; внедрение методов оценки огнестойкости, которые применяются в европейских нормах по проектированию строительных конструкций.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.12

mgr inż. **Łukasz Dul**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 26.06.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 17.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Przegląd technologii wytwarzania hełmów strażackich oraz możliwości podniesienia poziomu bezpieczeństwa przez nie gwarantowanego

A Review of Manufacturing Technologies and Potential for Improving the Safety Level Guaranteed by Firefighting Helmets

Обзор технологии производства пожарных шлемов и возможности повышения уровня гарантируемой ими безопасности

A B S T R A K T

Cel: Celem artykułu jest przegląd technologii wytwarzania hełmów strażackich oraz analiza możliwości podniesienia poziomu bezpieczeństwa przez nie gwarantowanego. W artykule przedstawiono aspekty wykorzystania tkanin z pianki węglowej w wytwarzaniu skorup hełmów wykorzystywanych w ochronie przeciwpożarowej. W zasadniczej części artykułu przedstawiona została analiza możliwości podniesienia poziomu bezpieczeństwa gwarantowanego przez hełmy strażackie. Analiza ta oparta jest na wytycznych zawierających minimalne wymagania odnośnie ochrony przeciwpożarowej określone przez amerykańskie stowarzyszenie National Fire Protection Association (NFPA).
Wprowadzenie: Gruntowna analiza dostępnej literatury krajowej, jak również międzynarodowej doprowadziła do wysnucia wniosku, że występuje niewielka ilość źródeł bezpośrednio dotyczących przedmiotu oraz tematyki przedstawionego artykułu. Tak więc niniejsze opracowanie może stanowić znaczące źródło informacji dla badaczy, naukowców oraz instytucji badawczych zainteresowanych tematyką technologii wytwarzania odzieży ochronnej, w tym przede wszystkim hełmów strażackich jak również możliwościami podniesienia poziomu bezpieczeństwa przez nie gwarantowanego wykorzystywanymi w Stanach Zjednoczonych.
Metodologia: Na potrzeby opracowania danego artykułu dokonano gruntownego przeglądu dostępnej literatury o tematyce związanej bezpośrednio lub pośrednio z zagadnieniami technologii wytwarzania odzieży ochronnej, jak również możliwościami podniesienia poziomu bezpieczeństwa przez nią gwarantowanego. W wyniku przeglądu literatury dokonano selekcji najbardziej wartościowych oraz adekwatnych źródeł tematycznych. W następnej kolejności dokonano analizy treści wyselekcjonowanych wcześniej źródeł. Analiza pozwoliła na postawienie kluczowych pytań, napisanie artykułu oraz wyciągnięcie wniosku w zakresie przedstawianej tematyki.
Wnioski: W artykule dokonano przeglądu technologii wytwarzania hełmów strażackich o określonych własnościach, jak również tematyki związanej z możliwościami podniesienia poziomu bezpieczeństwa gwarantowanego przez hełmy strażackie wykorzystywane w Stanach Zjednoczonych. Stwierdzono, że pianki węglowe używane do wytwarzania hełmów strażackich mogą być w stanie zapewnić wymaganą ochronę dla głowy użytkownika zarówno przed oddziaływaniami mechanicznymi, jak i termicznymi. Z kolei wnioski w odniesieniu do możliwości podniesienia poziomu bezpieczeństwa gwarantowanego przez tkaniny ochronne mówią o istnieniu znacznego potencjału badawczego w badaniu wpływu długości fal promieniowania cieplnego na wytrzymałość termiczną hełmów strażackich. Przytoczone wnioski są zgodne z normalizacją obowiązującą w Stanach Zjednoczonych, a artykuł stwarza możliwość porównania ich z normami europejskimi (PN-EN 443).

Słowa kluczowe: ochrona przeciwpożarowa, wytwarzanie, podniesienie poziomu bezpieczeństwa, hełm
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

A B S T R A C T

Aim: The purpose if this article is to review manufacturing technologies and simultaneously examine the potential for improving the safety level of firefighting helmets. This paper presents issues associated with the use of carbon foam in the manufacture of shells for protection helmets worn by firefighters. The main part of the article presents an analysis of potential for increasing the level of safety guaranteed by firefighter helmets. The analysis is based on guidelines, which cover minimum requirements for fire protection, defined by the United States, National Fire Protection Association (NFPA).
Introduction: A fundamental review of accessible national and international literature revealed that there is only a small number of sources, which deal directly with the topic exposed in this article. Therefore, details from this study may provide a significant source of information

[1] Politechnika Warszawska / Warsaw University of Technology, Poland; lukasz.dul@itc.pw.edu.pl;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.12

for researchers as well as research institutions interested in the subject of manufacturing technology of protective clothing, including primarily firefighting helmets, with the view of enhancing the guaranteed safety level guaranteed through their use in the Unites States.
Methodology: For the purposes of this study, which bears the attributes of a review article, a fundamental review was carried out of accessible literature dealing directly or indirectly with issues concerning manufacturing technology of protective clothing as well as examine the potential for raising safety levels guaranteed by the use of such clothing. From the literature review, most valuable and appropriate thematic sources were selected and exposed to a content analysis. The analysis allowed for the formulation of key questions, construction of the article and extraction of relevant conclusions
Conclusions: The article reviewed technologies used in the manufacture of helmets, utilized by firefighters, which contain specific properties and addressed issues concerned with the potential for increasing the safety level guaranteed by firefighting helmets used in the United States. It was found that carbon foam used in the manufacture of helmets may provide the required level of protection to the user against thermal and mechanical influences. In turn, conclusions concerning the likelihood of increasing safety levels, guaranteed by the protective fabric, reveal the existence of significant research potential in the study of impact created by wavelengths of thermal radiation on the thermal resistance of firefighting helmets. Listed conclusions are consistent with norms applicable in the United States and this article facilitates a comparison between United States norms and European ones (PN-EN 443).

Keywords: protection from fires, manufacture, increasing the safety level, helmet
Type of article: review article

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью данной статьи является обзор технологии производства пожарных шлемов, а также анализ возможности повышения уровня безопасности, которую они гарантируют. В статье были представлены аспекты использования тканей из углеродной пены в производстве корпусов пожарных шлемов. В основной части статьи был представлен анализ возможностей повышения уровня безопасности, которую обеспечивают пожарные шлемы. Анализ основан на положениях, содержащихся в американской ассоциации *National Fire Protection Association* и предусматривающих минимальные требования относительно пожарной охраны.
Введение: Исчерпывающий анализ имеющейся национальной и международной литературы привел к выводу, что насчитывается очень мало источников, касающихся предмета и темы данной статьи. Поэтому данная работа может являться важным источником информации для исследователей, учёных и исследовательских институтов, заинтересованных темой технологии производства защитных средств, в том числе, прежде всего, пожарных шлемов, используемых в США, а также для повышения уровня безопасности, которую они гарантируют.
Методология: Для создания данной обзорной работы был проведен исчерпывающий анализ имеющейся литературы, касающейся непосредственно или косвенно технологии производства защитной одежды (элементов индивидуальной защиты), как и возможности повышения уровня гарантируемой ею безопасности. В результате обзора литературы были выбраны наиболее ценные и необходимые тематические источники. Далее был сделан анализ содержания выбранных ранее источников. Анализ позволил поставить ключевые вопросы, написать статью и сделать вывод относительно представляемой тематики.
Выводы: В статье сделан обзор технологии производства пожарных шлемов определённых характеристик, а также темы, связанной с возможностями повышения уровня безопасности, гарантируемой пожарными шлемами в США. Было установлено, что углеродная пена, используемая для продукции шлемов, в состоянии обеспечить требуемую защиту головы пользователя как от механических, так и термических воздействий. Кроме того, выводы относительно возможности повышения уровня безопасности гарантируемой защитными материалами показывают, что значительным исследовательским потенциалом обладают исследования влияния длины волн теплового излучения на термическую устойчивость пожарных шлемов. Выводы, представленные в статье, соответствуют стандартам, действующим в США, а статья предоставляет возможность сравнить их с европейскими стандартами (PN-EN 443).

Ключевые слова: пожарная охрана, производство, повышение уровня безопасности, шлем
Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

W niniejszym artykule dokonano analizy technologii wytwarzania hełmów strażackich. Należy zauważyć, iż w dostępnej literaturze występuje niewiele pozycji dotyczących bezpośrednio tematyki będącej przedmiotem analizy, stąd też opracowanie może stanowić znaczące źródło informacji. W artykule zamieszczono najważniejsze oraz najbardziej kongruentne informacje i spostrzeżenia. W pierwszej części artykułu przedstawione zostały strategie walki z obciążeniami cieplnymi podczas oraz po działaniach ratowniczo-gaśniczych, jak również uwarunkowania regulacji temperatury podczas pracy w środowisku wysokiej temperatury. Z kolei główną część artykułu stanowi przegląd technologii wytwarzania oraz analiza możliwości podniesienia poziomu bezpieczeństwa gwarantowanego przez hełmy strażackie w Stanach Zjednoczonych. Przytoczone w artykule eksperymenty oraz rozwiązania dotyczące konstrukcji hełmów strażackich umożliwiają porównanie rożnic wynikających z wymagań obowiązujących w Stanach Zjednoczonych oraz w Unii Europejskiej.

2. Strategie walki z obciążeniami cieplnymi podczas oraz po akcjach ratowniczo-gaśniczych [1–2]

Temperatura ludzkiego ciała jest postrzegana za prawidłową, jeżeli jej wysokość oscyluje w granicach 37°C. Upośledzenie funkcji organizmu może pojawić się, kiedy temperatura ciała utrzymuje się powyżej 38°C.

Odzież ochronna hamuje przenoszenie ciepła pomiędzy ciałem użytkownika a zewnętrznym środowiskiem. W momencie, gdy zewnętrzne obciążenie cieplne jest większe aniżeli obciążenie cieplne ciała, odzież ochronna chroni organizm. Odzież ochronna wpływa na odprowadzanie ciepła na dwa sposoby. Po pierwsze izolacja zmniejsza wymianę ciepła na drodze konwekcji, przewodzenia oraz promieniowania. Ponadto jeżeli odzież nie jest przepuszczalna dla pary wodnej, chłodzenie ciała poprzez odparowanie potu nie występuje. Proces wytwarzania odzieży ochronnej powinien uwzględniać konieczność osiągnięcia równowagi pomiędzy tymi elementami. Z kolei ograniczona wentylacja może być realizowana za pośrednictwem efektu kominowego, kiedy ciepłe, wilgotne powietrze opuszcza odzież poprzez talię oraz szyję i jest zastępowane chłodniejszym powietrzem z dołu. Należy jednak zauważyć, iż pasy aparatu oddechowego zmniejszają ten efekt. Odzież ochronna o jasnym kolorze zapewnia niewielką poprawę w czasie rzeczywistych warunków akcji ochrony przeciwpożarowych. Korzystnym elementem może być tak zwana oddychająca paroizolacja, która może powodować poprawę chłodzenia ciała. Jej efekty jednak zmniejszają się podczas rzeczywistych warunków przeciwpożarowych. Aby utrzymać efektywność, odzież (płaszcze ochronne) powinna być utrzymywana w czystości.

3. Uwarunkowania regulacji temperatury podczas pracy w środowisku wysokiej temperatury [3]

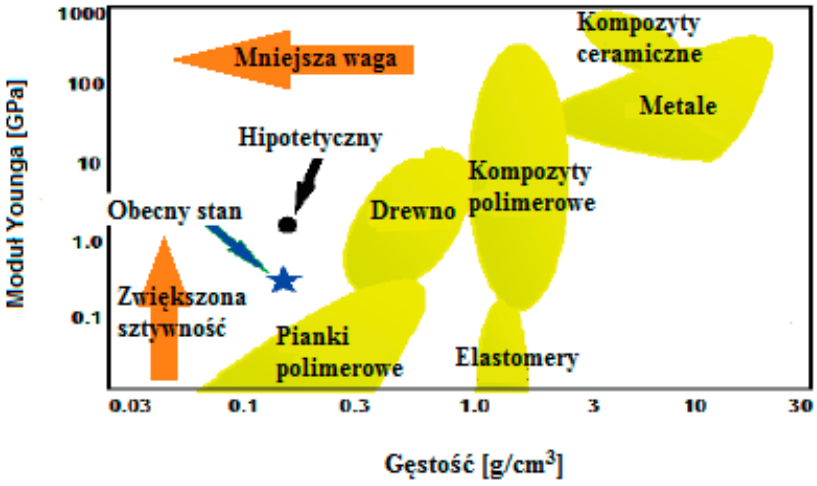
Kolejna analiza badawcza przeprowadzona przez Nigela A.S. Taylora dotyczy zagadnień związanych z uwarunkowaniami regulacji temperatury podczas pracy użytkowników w środowiskach charakteryzujących się wysokimi temperaturami. Analiza wykazała, że ludzie są w stanie pracować w różnego rodzaju środowiskach termicznych, jednak optymalne funkcje fizjologiczne uzależnione są od homeostazy termicznej, która z kolei uzależniona jest od metabolicznej produkcji ciepła oraz zdolności środowiska pracy do wpływania na chłodzenie ciała poprzez parowanie. Adaptacja do warunków cieplnych oraz zabiegi chłodzenia ciała przed wykonaniem pracy mogą wpływać na rozszerzenie dopuszczalnego zakresu temperatury, w jakiej użytkownik może wykonywać bezpiecznie swoją pracę. Zabiegi adaptacyjne nie muszą być korzystne dla użytkowników ubranych w hermetyzowaną odzież, gdzie wzrost potliwości ma znacznie większe znaczenie w ocenie komfortu termicznego. Dla tego typu odzieży zalecane są procesy chłodzenia przed pracą oraz chłodzenie pomocnicze.

4. Aspekty wykorzystania tkanin z pianki węglowej w skorupach hełmów strażackich [4]

Hełmy strażackie wykorzystywane są do ochrony przed naprężeniami mechanicznymi wynikającymi przede wszystkim z oddziaływania elementów znajdujących się na miejscu akcji ratowniczo-gaśniczej (takich jak gruz, różnego rodzaju śmieci oraz zanieczyszczenia). Drugim elementem jest ochrona przed naprężeniami termicznymi będącymi wynikiem pożaru. W związku z tym hełm powinien spełniać wymagania dwóch testów: testu odporności na oddziaływanie płomienia oraz na oddziaływanie wpływu mechanicznego. Zazwyczaj konstrukcja hełmu składa się z dwóch zasadniczych warstw: skorupy hełmu oraz wkładki ochronnej przeciw oddziaływaniom mechanicznym. Zazwyczaj skorupa hełmu charakteryzuje się opornością na oddziaływania mechaniczne, termiczne, niewielką masą oraz trwałością.

Pianki węglowe są materiałami o strukturze komórkowej, które mogą posiadać relatywnie szerokie zastosowanie ze względu na ich niezwykle mały ciężar, optymalne właściwości mechaniczne i termiczne oraz możliwości wykorzystywania ich jako izolatorów termicznych. Ponadto ze względu na ich porowatość bardzo dobrze sprawdzają się jako amortyzatory. Pianki mogą być również wykorzystywane w zastosowaniach biologicznych.

Na rycinie 1 przedstawiono porównanie właściwości materiału opartego na piance węglowej z innego rodzaju materiałami.



Ryc. 1. Porównanie właściwości materiału opartego na piance węglowej z innego rodzaju materiałami [4]

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.12

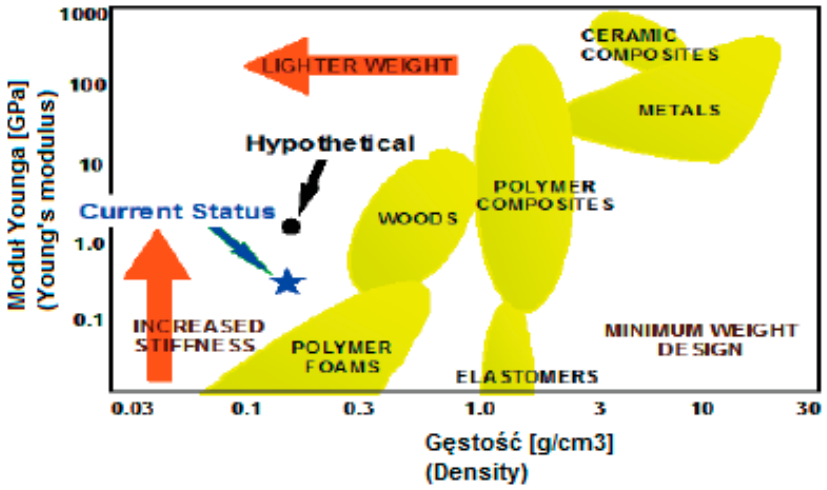
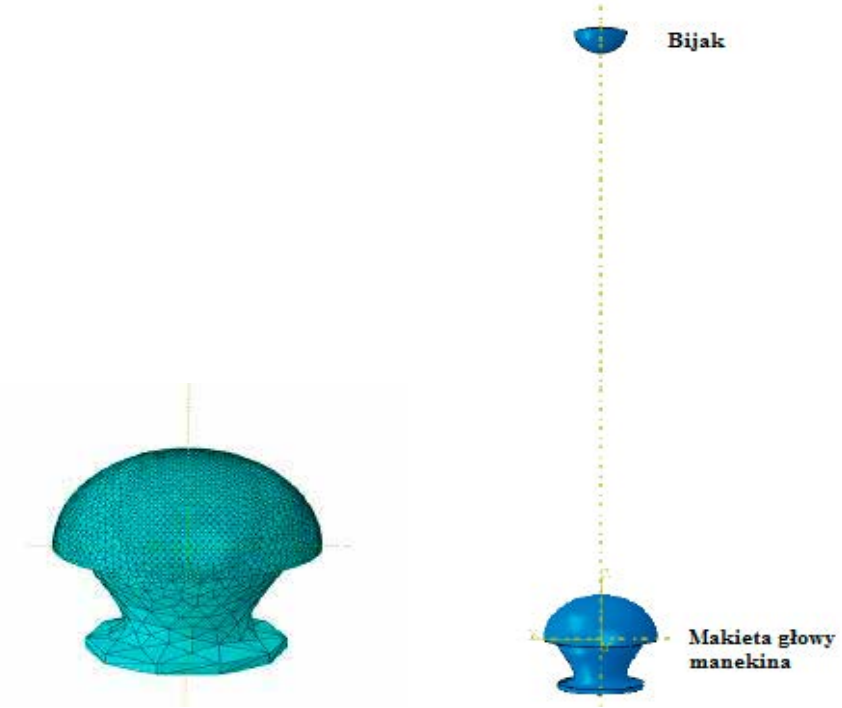


Fig. 1. A comparison of properties for carbon foam based materials with other materials [4]

Niniejsze badania numeryczne oraz eksperymentalne miały na celu zbadanie oraz predykcję aspektów wykorzystania materiału w postaci pianki węglowej jako alternatywnego materiału konstrukcyjnego hełmu wykorzystywanego w ochronie przeciwpożarowej.

Na potrzeby analizy zbadano kilka rodzajów pianki węglowej różniących się porowatością, gęstością, grubością oraz przewodnością cieplną. Analiza przeprowadzona została zgodnie z wytycznymi zawartymi w normach NFPA. W odniesieniu do testów wytrzymałości na oddziaływania mechaniczne norma stanowi, że półkulisty element przenoszący obciążenie opuszczany jest na głowę manekina z odpowiednio założonym hełmem. Siła przenoszona na głowę manekina poprzez hełm musi być mniejsza aniżeli 3780 N. Na potrzeby badania zbudowany został odpowiedni model 3D, natomiast obliczenia symulacyjne wykonane zostały za pomocą dynamicznego, jednoznacznego solvera Abaqus CAE. Poniżej przedstawiono siatkę geometryczną modelu badawczego oraz model geometryczny dla badania wytrzymałości na oddziaływanie mechaniczne.



Ryc. 2. Siatka geometryczna modelu badawczego i model geometryczny dla badania wytrzymałości [4]
Fig. 2. Geometric grid of research model and geometric model for strength tests [4]

Model numeryczny został poddany weryfikacji oraz walidacji poprzez porównanie wyników jego symulacji z wynikami doświadczalnymi Rizova. Na potrzeby konstrukcji skorupy hełmu wykorzystano materiały z pianki węglowej o właściwościach przedstawionych w tabeli 1.

Natomiast wkładka ochronna zaprojektowana została z materiału pianki węglowej o właściwościach przedstawionych w tabeli 2.

Tabela 1. Właściwości materiałów z pianki węglowej na skorupę hełmu
Table 1. Material properties of carbon foam for the shell of the helmet

Porowatość / Porosity	Gęstość [kg/m^3] pianki ze stałym wiązaniem o gęstości 1400 kg/m^3 / Density [kg/m^3] of the foam with solid ligament density of 1400 kg/m^3	Gęstość [kg/m^3] pianki ze stałym wiązaniem o gęstości 1200 kg/m^3 / Density [kg/m3] of the foam with solid ligament density of 1200 kg/m^3	Moduł Younga / Young's modulus [MPa]	Współczynnik Poissona / Poisson's ratio	Granica Sprężystości / Yield strength [MPa]
0,05	1330	1140	76710	0,33	187,96
0,1	1260	1080	68850	0,33	173,35

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [4].
Source: Own elaboration based on [4].

Tabela 2. Właściwości materiałów z pianki węglowej na wkładkę ochronną
Table 2. Material properties of carbon foam for the protective liner

Porowatość / Porosity	Gęstość [kg/m^3] pianki ze stałym wiązaniem o gęstości 1400 kg/m^3 / Density [kg/m3] of the foam with solid ligament density of 1400 kg/m^3)	Gęstość [kg/m^3] pianki ze stałym wiązaniem o gęstości 1200 kg/m^3 / Density [kg/m3] of the foam with solid ligament density of 1200 kg/m^3	Moduł Younga / Young's modulus [MPa]	Współczynnik Poissona / (Poisson's ratio)	Granica Sprężystości / Yield strength) [MPa]
0,95	70	60	62,5	0,33	2,85

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [4].
Source: Own elaboration based on [4].

Głowa manekina z nałożonym hełmem o grubości netto równej 0,0165 m (skorupa 0,0015, wkładka 0,015) została obciążona półkolistym elementem o masie 3,53 kg oraz wysokości 1,53 m. Dla drugiego materiału (pianki ze stałym wiązaniem o gęstości 1400 kg/m^3, wkładka pianki ze stałym wiązaniem o gęstości 1200 kg/m^3) wyniki wskazują, że największa siła zmierzona na głowie manekina wyniosła 3542,12 N, co oznacza wartość mniejszą aniżeli wynosi standard NFPA, o którym wspomniano wcześniej. Ponadto naprężenia Misesa wyniosły 1,025*10^8 Pa i były mniejsze aniżeli granica sprężystości badanego materiału. Ciężar netto hełmu wykonanego z pierwszego materiału wynosił 0,2702 kg w porównaniu do 0,6928 kg, kiedy hełm wykonany był ze standardowych materiałów.

W przypadku wykorzystania wkładki ochronnej z pianki węglowej zbadano również drugi materiał (pianka ze stałym wiązaniem o gęstości 1200 kg/m^3, wkładka pianki ze stałym wiązaniem o gęstości 1200 kg/m^3).

Porównując wyniki dla pierwszego oraz dla drugiego przypadku, zauważono znaczny spadek maksymalnej siły jaka występowała na głowie manekina. Z drugiej strony wartość naprężenia szczytowego wzrosła w drugim przypadku. Masa hełmu dla drugiego przypadku wyniosła 0,2318 kg.

W kolejnym kroku zbadano hełm o grubości 0,0165 i takich samych parametrach jak miało to miejsce w pierwszym przypadku. Dla tego przypadku wartość szczytowej siły wyniosła 3262,36 N, ponadto szczytowe naprężenie wyniosło 1,32*10^8 Pa, co oznacza wartość mniejszą aniżeli granica sprężystości równa 1,7335*10^8 Pa. Masa netto hełmu wyniosła 0,2992 kg.

Następnie w ramach analizy przeprowadzono badanie odporności na działanie płomienia zgodnie z normą NFPA. Zgodnie z normą skorupę hełmu poddano działaniu płomienia o temperaturze 1300 K przez 15 sekund.

Symulacje numeryczne zostały wykonane za pomocą oprogramowania Fluent CFD z implikowanym solverem podwójnej precyzji opartym na ciśnieniu, pod warunkami nieustalonymi/stanu przejściowego. Efekt płomienia zaprojektowany został poprzez dostarczenie ciepła do skorupy hełmu zarówno w formie promieniowania, jak i konwekcji. Analiza polegała na jednokierunkowym monitorowaniu spadku temperatury na grubości hełmu. Walidacji modelu numerycznego dokonano poprzez porównanie z wynikami doświadczalnymi przez Songa.

W czwartym przypadku grubość netto hełmu wynosiła 0,0165, porowatość skorupy i wkładki odpowiednio 0,05 i 0,95. Przewodność cieplna pianki węglowej wyniosła 0,22 W/m*K. Gęstość pianki ze stałym wiązaniem wyniosła 1400 kg/m^3. Hełm poddany był oddziaływaniu płomienia o temperaturze 1473 K przez 15 sekund.

Dla czwartego przypadku zaobserwowano spadek temperatury wzdłuż grubości przekroju hełmu, z 1104 K na zewnętrznej krawędzi skorupy, do 300 K na wewnętrznej krawędzi wkładki ochronnej.

W kolejnym analizowanym wariancie grubość hełmu wynosiła 0,0165. Porowatość pianki węglowej w skorupie hełmu o grubości 0,0015 wynosiła 0,05, natomiast porowatość pianki węglowej wkładki ochronnej o grubości 0,015 była równa 0,95.

Celem metody doświadczalnej było monitorowanie siły przenoszonej na tensometr przez powierzchnię pianki węglowej podczas zadanego oddziaływania bijaka. Badanie wpływu niskiej prędkości przeprowadzone zostało za pomocą swobodnie spadającego elementu z bardzo niskiej,

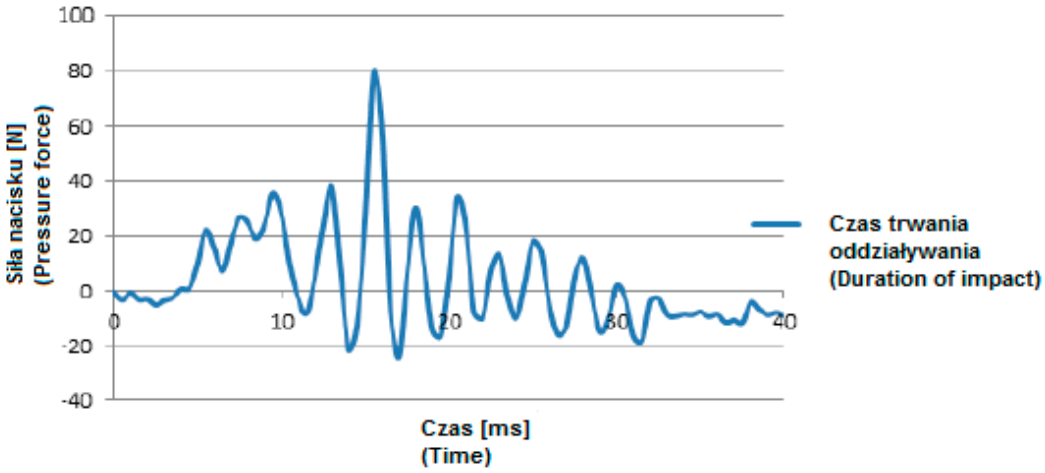
DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.12

pionowej wysokości na powierzchnię pianki węglowej umieszczonej na komórce tensometrycznej.

Do badań wykorzystano prostokątną płytę o wymiarach 0,223 m i 0,19 m wykonaną z pianki węglowej o grubości 0,006. Próbka podlegała oddziaływaniu stalowej iglicy w kształcie dysku o średnicy 0,09 m, grubości 0,006 m oraz wadze 0,211 kg. Pianka węglowa posiadała gęstość nominalną równą 320 kg/m^3, porowatość równą 0,83 oraz Moduł Young dla ściskania równy 620 MPa.

Wysokość spadku elementu oddziałującego została ustalona na 0,047 m od górnej powierzchni próbki z pianki węglowej. Badanie przeprowadzone zostało 3 razy.

Dane rejestrowane były przy częstotliwości 2000 Hz. Wykres siły nacisku zarejestrowanej w czasie oddziaływania został przedstawiony na rycinie 3.



Ryc. 3. Siła nacisku w czasie oddziaływania
Fig. 3. Total pressure at the time of impact
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [4].
Source: Own elaboration based on [4].

Charakter wykresu przedstawionego na rycinie jest podobny do uzyskanych wyników podczas analizy numerycznej z wykorzystaniem oprogramowania Abaqus. Stały spadek i wzrost siły nacisku wynika z porowatości oraz właściwości absorbujących materiału pianki węglowej.

Wyniki różnych symulacji przedstawionych powyżej wskazują, iż pianka węglowa o zaproponowanych właściwościach jest w stanie zapewnić wymaganą ochronę dla głowy strażaka przed oddziaływaniami mechanicznymi oraz termicznymi. Masa netto dzięki wykorzystaniu badanego materiału może ulec zmniejszeniu o 57–61% w stosunku do standardowych materiałów wykorzystywanych do produkcji hełmów strażackich.

Pianka węgla powoduje, iż hełm strażacki może być bardzo lekkim narzędziem pracy, zwiększając poziom komfortu użytkownika, dodatkowo zapewniając wymaganą ochronę oraz trwałość.

5. Analiza możliwości podniesienia poziomu bezpieczeństwa gwarantowanego przez hełmy strażackie w ramach ochrony przeciwpożarowej zbliżeniowej [5–6]

Minimalne wymagania odnośnie ochrony przeciwpożarowej określone zostały przez National Fire Protection Association (NFPA) w odpowiednich normach w tym dotyczących hełmów strażackich. Szczególne znaczenie mają regulacje odnoszące się do tak zwanej ochrony przeciwpożarowej zbliżeniowej, gdzie praca odpowiednich służb narażona jest na promieniowanie cieplne będące wynikiem pożarów pędnych w bezpośredniej odległości. Standardy znajdujące się w odpowiednich normach stanowią, że temperatura wewnętrznej powierzchni skorupy hełmu strażackiego będącego częścią ubioru ochronnego, poddana strumieniowi promieniowania cieplnego o natężeniu 1 W/cm^2 na zewnętrznej powierzchni przez 3 minuty, nie wzrośnie więcej aniżeli 25°C. Standard ten powstał w celu zaprzestania uwzględniania elementów izolacyjnych hełmu i skupienia się wyłącznie na zewnętrznej skorupie hełmu oraz na wszelkich zewnętrznych pokryciach na zewnętrznej skorupie.

Zgodnie z zapisami norm NFPA odnośnie hełmów wykorzystywanych do ochrony przeciwpożarowej zbliżeniowej dopuszcza się wykorzystywanie tradycyjnych hełmów ochrony strukturalnej pod warunkiem, że są one wyposażone w wymienne osłony z włókien pokrytych aluminium lub okrycia (okrycie przyczepiane do skorupy hełmu strażackiego wykonane z tkanin włókienniczych o szorstkiej powierzchnii z dużą ilością małych splotów). Tego typu podejście pozwala na dostarczenie odpowiedniej ochrony termicznej, jednak posiada również kilka wad. Po pierwsze okrycia muszą zostać zainstalowane na powłoce hełmu przed użyciem. Tego typu instalacja może być trudna oraz czasochłonna, co biorąc pod uwagę, że działania związane z ochroną przeciwpożarową zazwyczaj są pilne, jest znaczącym utrudnieniem. Ponadto w związku z tym, że okrycia nie są integralną częścią hełmu istnieje ryzyko ich zaczepienia o przeszkody lub nawet całkowitego oderwania. Tego typu zakłócenia mogą zagrażać odpowiedniej ochronie hełmu. Ponadto biorąc pod uwagę, że okrycia wykonane są z tkanin tekstylnych, ich powierzchnie są szorstkie co może powodować zatrzymywanie na powierzchni hełmu

sadzy i innych zanieczyszczeń. Nagromadzenie tego typu zanieczyszczeń może znacząco zmniejszyć współczynnik odbicia promieniowania cieplnego powierzchni hełmu.

Niektóre badania wskazują, że metalowe powłoki próżniowo metalizowane do zewnętrznej powierzchni hełmu ochrony strukturalnej mogą w znaczący sposób wpływać na zmniejszenie współczynnika absorpcji skorupy. Wadą tego rodzaju powłok jest ich znaczna kruchość, na co wskazuje rozwarstwienie powłoki metalowej z podłoża hełmu. Rozwiązaniem pozwalającym na zwiększenie trwałości powłok są tak zwane powłoki ochronne, których wadą jest jednak wpływ na zwiększenie współczynnika absorpcji powierzchni hełmu. Wyzwaniem dla badaczy było stworzenie powłok, które zapewniałyby odpowiednio wysoki współczynnik odbicia promieniowania cieplnego oraz będących odpowiednio wytrzymałymi na uderzenia oraz siły ścierania. Wykonano analizy, jak również badania zgodnie z wymaganiami zawartymi w normach NFPA, mające na celu ocenę materiałów pod względem współczynnika odbicia promieniowania cieplnego oraz odporności na zniszczenie pod wpływem ścierania mechanicznego. Odpowiednio przygotowane próbki materiałów poddane zostały oddziaływaniu źródeł promieniowania cieplnego w zakresie temperatur od 700 do 1000 K. Tego typu zakres temperatury, według założeń odpowiada rzeczywistym warunkom, jakie mogą wystąpić podczas akcji gaśniczej.

Istnieje wiele różnego rodzaju czynników, które należy uwzględnić przy projektowaniu hełmów strażackich. Ponadto należy pamiętać, że istnieje wiele aspektów, które odróżniają specjalistyczne hełmy wykorzystywane do ochrony strukturalnej (system ochrony przeciwpożarowej w budynku, statku lub innym obiekcie pływającym na morzu obejmujący: aktywną ochronę przecipożarową, pasywną ochronę przeciwpożarową oraz prewencję), ochrony lotniczej itd. Z drugiej strony należy zauważyć, że istnieje pewien zbiór elementów, które są wspólne dla wszystkich rodzajów ochrony przeciwpożarowej. Do tych elementów należą: komfort użytkowników, masa, stabilność, odpowiednie dopasowanie oraz cały zbiór zagadnień związanych z ochroną przed obciążeniami cieplnymi, mechanicznymi, jak również elektrycznymi. Ponadto hełm musi być wyposażony w maskę chroniącą twarz i/lub gogle mające na celu ochronę oczu użytkownika, jak również elementy mające na celu ochronę uszu oraz szyi. Hełmy muszą również zapewnić odpowiednią przestrzeń w celu przyłączenia maski z tlenem oraz urządzeń telekomunikacyjnych.

Projekt hełmu na potrzeby zbliżeniowej ochrony przeciwpożarowej, oprócz wyżej wymienionych ogólnych kryteriów, powinien również spełniać dodatkowe specyficzne warunki. Spowodowane jest to w szczególności częstym oraz bliskim kontaktem z płomieniem o wysokiej temperaturze, a tym samym znaczącymi wielkościami promieniowania cieplnego. Zabezpieczenia wymagane w strukturalnej ochronie przeciwpożarowej mogą nie wystarczyć do ochrony użytkownika przed tak dużymi wielkościami strumienia promieniowania cieplnego. Podobnie wygląda sytuacja dla hełmu będącego częścią ubioru ochrony przeciwpożarowej strukturalnej. W przypadku tego typu hełmu może dojść do jego uszkodzenia mechanicznego w ciągu kilku minut ze względu na bardzo szybką absorbcję ciepła promieniowania przez skorupę. Promieniowanie cieplne występujące podczas akcji ochrony przeciwpożarowej zbliżeniowej może bardzo szybko doprowadzić do degradacji sprzętu ochronnego w tym hełmie. Należy zatem tak projektować hełmy strażackie z materiałów z możliwie najniższym współczynnikiem absorpcji oraz możliwie najwyższym współczynnikiem odbicia promieniowania cieplnego. Obecnie tworzywami, które wykorzystywane są do wytworzenia osłon oraz okryć hełmów są materiały włókiennicze z włókien poliamidu aromatycznego z folią aluminiową dołączoną do tkaniny. Technologia ta została opracowana w latach 50. XX wieku i w praktycznie nie zmienionej postaci jest wykorzystywana do dzisiaj. Aluminium wykorzystywane jest w wytwarzaniu okryć z kilku powodów: po pierwsze właściwości fizyczne pozwalają na łatwe formowanie w cienkie warstwy oraz łączenie ich z materiałami tekstylnymi za pomocą klejów. Aluminium charakteryzuje się również stosunkowo niską gęstością, co wpływa na obniżenie ciężaru gotowego produktu. Ponadto aluminium w wypolerowanej, utlenionej postaci posiada współczynnik odbicia promieniowania cieplnego większy aniżeli większość metali, stały w szerokim zakresie długości fal widmowych. Ostatnią istotną zaletą aluminium jest jego stosunkowo niska cena, szczególnie w porównaniu z innymi materiałami.

Tekstylne okrycia z dodatkiem aluminium posiadają jednak również wady. Po pierwsze okrycia wytworzone z tego typu materiałów mają nietrwały charakter. Zadaniem okrycia jest pokrycie skorupy hełmu, ponadto hełmy muszą posiadać możliwość zakładania oraz zdejmowania okrycia ze skorupy hełmu w celu konserwacji, czyszczenia oraz odkażania. Zakładanie ich może być jednak trudne oraz czasochłonne, jak już wcześniej wspomniano. Ponadto z uwagi na wykonanie z tkanin tekstylnych zawierają wiele drobnych szczelin, do których dostać mogą się liczne zanieczyszczania. W miarę gromadzenia się zanieczyszczeń w szczelinach maleje współczynnik odbicia promieniowania cieplnego, a tym samym skuteczność ochrony przeciwpożarowej. Tego typu zanieczyszczenia mogą zostać usunięte poprzez odpowiednie szczotkowanie i/lub pranie, jednak powtarzanie tego typu procesów powoduje niszczenie powłoki aluminiowej na podłożu tekstylnym, w sposób stały degradując materiał oraz obniżając poziom gwarantowanego bezpieczeństwa. Ponadto jak wcześniej wspomniano pokrycia nie są trwale montowane do skorupy hełmu, dlatego też istnieje ryzyko ich oderwania oraz narażenia użytkowania na utratę ochrony przeciwpożarowej. Dodatkowo urazy mechaniczne, w tym przede wszystkim otarcia, mogą powodować odrywanie powłoki aluminiowej z materiału oraz utratę jego właściwości ochronnych.

Odpowiedni projekt hełmu wymaga zarówno analizy ilościowej, jak i jakościowej. Analiza ilościowa może zostać przeprowadzona za pomocą narzędzi analitycznych, symulacji komputerowych, jak również doświadczeń. Z kolei analiza jakościowa wykonana może zostać z wykorzystaniem ankiet użytkowników oraz istniejących na rynku benchmarków (punktów odniesienia). Odpowiednie dane niezbędne do analizy jakościowej mogą zostać zaczerpnięte

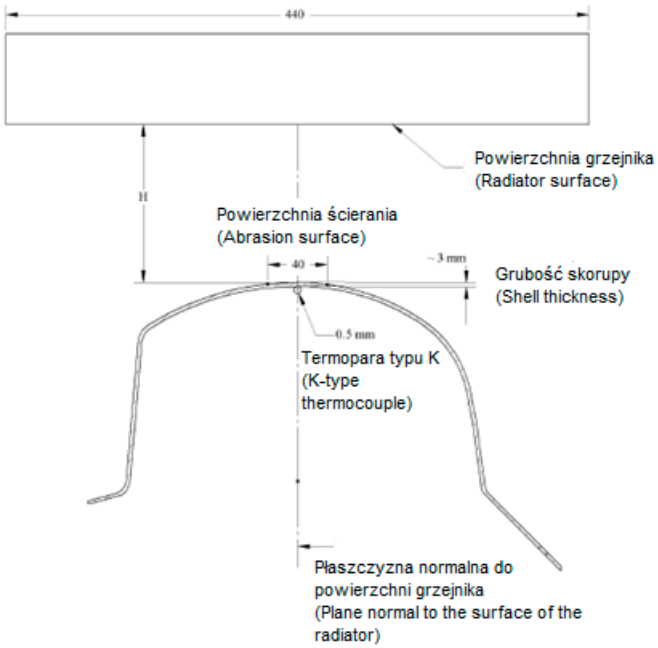
DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.12

z regulacji oraz norm NFPA. Należy zauważyć, że brak jest regulacji prawnych, które stanowiłyby o konieczności stosowania norm NFPA, jednak przeważająca liczba instytucji wymaga, aby odzież ochronna w tym hełmy spełniała te wymagania. Normy bezpieczeństwa (NFPA 1976-2000: *Protective Ensemble for Proximity Fire Fighting*) w przypadku hełmów strażakich definiują minimalne poziomy gwarantowanego bezpieczeństwa w odniesieniu do sił tłumienia, odporności na fizyczną penetrację, deformacje fizyczne, niepalność, izolację elektryczną, zatrzymywanie elementów, korozję elementów metalowych, trwałość etykiet oraz czytelność i przepuszczalność promieniowania cieplnego. Niektóre fragmenty norm nie są jednak wystarczające. Jedna z sekcji mówi o dopuszczalnej wielkości promieniowania, jaka może być transmitowana przez panel radiacyjny w kierunku hełmu strażackiego. Wielkość podana w normie wynosi od 1 do 0,1 W/cm^2. Zakres podany w normie jest właściwy, jednak jego rozpiętość jest duża i nie wskazuje jasno na sytuację, jaka może wystąpić podczas akcji gaśniczej. W szczególności standard nie uwzględnia zmienności widma promieniowania. Standard definiuje wielkość strumienia ciepła promieniowania, jednak nie uwzględnia rodzaju źródła promieniowania. Ponadto normy nie uwzględniają odporności skorupy lub powłoki skorupy na działanie sił ścierających. Dla hełmów, które nie są narażone na działanie bardzo wysokich temperatur, jakiekolwiek skazy powierzchni nie stanowią problemu, jednak w przypadku hełmów ochrony zbliżeniowej tego typu niedoskonałości mogą mieć znaczący wpływ na obniżenie poziomu gwarantowanego bezpieczeństwa. Biorąc pod uwagę charakter pracy związanej z ochroną przeciwpożarową, niezbędne jest, aby hełmy były również odporne na uszkodzenia mechaniczne.

Największy potencjał poprawy poziomu bezpieczeństwa gwarantowanego przez hełmy strażackie związany jest z nowymi technologiami wytwarzania skorupy hełmu, które eliminowałyby lub zmniejszały wymienione wyżej wady materiałów tekstylnych z powłoką aluminiową. Projektując nowe rozwiązania, należy uwzględnić dwa najważniejsze czynniki: wysoki współczynniki odbicia promieniowania cieplnego dla określonego spektrum promieniowania oraz odporność powierzchni na uszkodzenia. Normy stworzone przez NFPA stanowią odniesienie oraz benchmark dla hełmów ochrony przeciwpożarowej. Jednak projektując tego typu hełm, należy również zwrócić uwagę na zmianę temperatury skorupy pod wpływem zmieniających się długości fal promieniowania w zakresie, który odpowiadałby rzeczywistym warunkom panującym w czasie akcji przeciwpożarowych. Odpowiednio zdefiniowane powinny być również metody pomiaru trwałości oraz odporności na uszkodzenia.

Należy zauważyć, że istnieje niewiele standardów przemysłowych i metod badawczych pozwalających na analizę poziomu bezpieczeństwa gwarantowanego przez powierzchnie hełmu strażackiego. Badanie skoncentrowane zostało na ocenie trwałości, jak również współczynnika odbicia promieniowania cieplnego próbek skorup hełmu. Badania przeprowadzone zostały dla zakresu temperatur od 700 do 1000 K.

Stworzone zostało stanowisko do pomiaru emisyjności materiału dla różnych długości fal promieniowania cieplnego. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono poniżej.



Ryc. 4. Schemat stanowiska badawczego
Fig. 4. Scheme of the test bench
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5].
Source: Own elaboration based on [5].

Stanowisko składa się z źródła promieniowania cieplnego w postaci ciała doskonale czarnego, zasilanego elektrycznie. Skorupa hełmu utrzymywana jest w odpowiednim położeniu, a pomiar temperatury wykonywany jest za pomocą termopar przymocowanych do wewnętrznej powierzchni skorupy.

Zadaniem źródła ciepła było emitowanie promieniowania cieplnego analogicznego do tego jakie występuje w rzeczywistych warunkach ochrony przeciwpożarowej, przy równoczesnym zachowaniu odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa. Źródło powinno posiadać niemal czarną powierzchnię (emisyjność zbliżona do 1.0 w szerokim zakresie widma) oraz utrzymywać temperaturę na powierzchni, jedynie z niewielkimi odchyleniami, tak aby strumień promieniowania cieplnego był stały, zarówno w odniesieniu do wielkości, jak i charakteru widma. Źródłem ciepła w przedstawiany badaniu był grzejnik elektryczny o mocy 5 kW oraz wymiarach 30 cm x 45 cm. Grzejnik zasilany był prądem trójfazowym o natężeniu 10 A oraz napięciu 480 V. Powierzchnia grzejnika osiągała maksymalną temperaturę powyżej 1000 K. System sterowania w zamkniętej pętli wykorzystany został do sterowania oraz stabilizacji temperatury. Termopara typu K została umieszczona w kontakcie z powierzchnią grzejnika oraz połączona z elektronicznym termostatem, podłączonym do stycznika.

Ważnym elementem stanowiska badawczego było urządzenie, które pozwalało na szybkie dostarczenie próbki do źródła promieniowania, utrzymania próbki przez określony czas oraz szybkie usunięcie jej z obszaru promieniowania. W ramach tego procesu mierzona była temperatura wewnętrznej powierzchni skorupy hełmu oraz otaczającego ją powietrza.

Metoda pomiaru temperatury była zgodna z wymaganiami znajdującymi się w normach NFPA. Temperatura wewnętrznej powierzchni skorupy była mierzona za pomocą termopary typu K bezpośrednio poniżej punktu maksymalnego strumienia promieniowania cieplnego (wykorzystano miedzianą folię do mocowania termopary). Poprzez pomiar temperatury na wewnętrznej powierzchni skorupy można było pośrednio oszacować ilość zaabsorbowanego ciepła przez skorupę o grubości około 3 mm. Mimo, że pomiar nie odbywał się w sposób bezpośredni, jego zaletami była powtarzalność oraz prostota. Wielkość strumienia ciepła w czasie przeprowadzania pomiarów różnego rodzaju skorup równa była 1 W/cm^2, a pomiar trwał 180 sekund.

Zgodnie z wymogami normy NFPA do odpowiedniego punktu na zewnętrznej powierzchni skorupy przyłożony był strumień promieniowania cieplnego o wartości 1,0 W/cm^2. Dysponując informacjami na temat wymiarów powierzchni promieniowania, jej emisyjności oraz jej profilu temperatury, można było określić teoretyczny strumień ciepła w określonych punktach skorupy hełmu. Z kolei bezpośredni pomiar rzeczywistego strumienia ciepła odbywał się za pomocą radiometru.

Podczas pomiarów, strumień promieniowania ciepła był stały, zmieniła się jednak temperatura grzejnika. Jak wiadomo długość fali promieniowania cieplnego jest odwrotnie proporcjonalna do temperatury źródła zgodnie z prawem Wiena. Podczas pomiarów zaobserwowano zależność pomiędzy długością fal promieniowania cieplnego a temperaturą skorupy hełmu. Ze względu na to, że ilość pochłanianego ciepła promieniowania zależy proporcjonalnie od absorpcyjności ciała, zaobserwowane wzrosty temperatury powierzchni skorupy skorelowano z absorpcyjnością poszczególnych próbek. Biorąc pod uwagę powyższe informacje, zaobserwowano również związek pomiędzy względną absorpcyjnością a długością fali padającego promieniowania cieplnego. Dzięki badaniu określone zostały względne absorpcyjności widmowe dla poszczególnych próbek.

Drugą bardzo istotną częścią badania było określenie odporności na zniszczenie poszczególnych próbek w szczególności na ścieranie. W związku z brakiem odpowiednich norm i standardów pozwalających na określenie tego typu wielkości, badanie zostało oparte na doświadczenia zebranych w akcjach gaśniczych oraz analizie zagrożeń, jakie mogą wystąpić podczas tego typu akcji. Inspekcje hełmów noszonych podczas akcji ochrony przeciwpożarowej wkazywały na częste uszkodzenia hełmów w związku z otarciami i lekkimi uderzeniami.

Stanowisko badawcze zostało zainspirowane protokołem badania oceny odporności na zarysowania komponentów optycznych. Badanie polegało na określeniu wytrzymałości hełmu na otarcia od obiektu o znanej chropowatości powierzchni, pod znaną siłą dla określonej liczby powtórzeń. Na potrzeby badania zbudowane zostało stanowisko badawcze, które składało się z bloku montażowego, szyn ślizgowy przegubowych, cylindra pneumatycznego z zamocowanym papierem ściernym oraz miernika ciśnienia powietrza do monitorowania siły przyłożonej do próbek. Podczas badania papier ścierny (ziarna o wielkości 100 mikrometrów) dokonywał szlifowania skorupy próbki przy użyciu siły równej 60 N. Każda próbka poddawana była szlifowaniu 5 razy. Następnie miało miejsce porównanie dla poszczególnych materiałów.

Po przeprowadzonym badaniu na wytrzymałość przed ścieraniem próbki poddawane były kolejnemu badaniu odporności na promieniowanie cieplne. Dzięki temu można było określić wpływ ścierania próbki na jej współczynnik odbicia promieniowania cieplnego

W badaniu wykorzystane zostało 9 próbek, wśród których 2 miały zastosowanie komercyjne, a w badaniu użyte zostały jako punkty odniesienia. Pierwsza próbka referencyjna była formowana z tworzywa termoplastycznego. Druga była skorupą okrytą poryciem z materiału tekstylnego z osłoną aluminiową. Pozostałe próbki były eksperymentalnymi skorupami z modyfikowaną konstrukcją kompozytów. Każda z tych próbek była wykonana z materiału jak pierwsza próbka referencyjna jednak z dodatkowymi powłokami na zewnętrznej powierzchni. Powłoki były wykonane z tytanu metalizowanego próżniowo, miedzi elektrolitycznej, powlekanej rozpylaną cyną, aluminium metalizowanym próżniowo, pylistego aluminium, oraz stopu galwanicznego nikiel-chrom.

Na potrzeby badania wykonana została dogłębna analiza literatury, jednak jak stwierdzono występuje bardzo niewiele informacji na temat badań wytrzymałościowych hełmów strażackich. Znacznie więcej informacji dostępnych jest na temat spalania, jak również zjawisk pożarowych. Jak wykazują badania dla pożarów większych aniżeli 0,3 m (powierzchnia pożaru nie jest większa niż 0,3 m x 0,3 m, a wysokość ognia nie większa niż 0,3 m), wymiana ciepła zdominowana jest przez promieniowanie cieplne. Tego

BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 137–147

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.12

typu promieniowanie spowodowane jest przede wszystkim przez promieniowanie cieplne cząstek sadzy. Najwyższe temperatury, jakie mają miejsce podczas pożarów, mogą wynosić około 1250 K. Strumień promieniowania ciepła, jaki jest wynikiem tego typu pożarów, równy jest zazwyczaj około 2,0 W/cm^2.

Badaniu podlegały materiały nieprzezroczyste, dlatego wymiana ciepła na drodze promieniowania analizowana była jako zjawisko powierzchniowe. Należy zaznaczyć, że współczynnik odbicia promieniowania powierzchni metalicznych lub powłok jest silnie uzależniony od cech chemicznych oraz obróbki mechanicznej badanej powierzchni. Właściwości próżniowo osadzanych mechanicznych powierzchni różnią się znacząco od powierzchni metali wykańczanych lub polerowanych. Te pierwsze charakteryzują się większymi współczynnikami odbicia.

W celu lepszego zrozumienia zjawisk wymiany ciepła występujących podczas przeprowadzanych badań i oceny wyników eksperymentalnych zbudowano 2 modele (jednowymiarowe) analityczne wymiany ciepła. Pierwszy oparty został o stały strumień ciepła ustawiony na zewnętrznej powierzchni skorupy. Drugi opracowano z myślą o dokładniejszym odwzorowaniu rzeczywistych warunków wymiany ciepła na drodze promieniowania podczas przeprowadzania doświadczeń. Geometria skorupy hełmu składa się ze złożonych, trójwymiarowych zakrzywionych powierzchni, stąd też nie mogła być w całości, w dostatecznie dokładny sposób, opisana za pomocą równań analitycznych. Biorąc pod uwagę jedynie punkty maksymalnego strumienia promieniowania cieplnego, nieskończenie małe elementy w punktach najbliższych panelu radiacyjnego mogły być odpowiednio ocenione i dzięki temu zbudowany model jednowymiarowy reprezentujący odpowiednio dokładnie wymianę ciepła. Modele analityczne zostały zbudowane przy uwzględnieniu jedynie elementów różnicowych na górnej powierzchni skorupy hełmu w wykorzystywanych równaniach wymiany ciepła (równanie Fouriera).

W pierwszym modelu analitycznym stały strumień ciepła został określony na poziomie równym 1 W/cm^2 na zewnętrznej powierzchni skorupy. Przyjęto, że właściwości termiczne skorupy są jednorodne oraz stałe. Oddziaływanie wymiany ciepła na drodze konwekcji zostało pominięte, a wewnętrzna powierzchnia skorupy została przyjęta jako adiabatyczna.

Z kolei w drugim modelu uwzględniona została wymiana ciepła na drodze promieniowania oraz szczegółowy układ stanowiska badawczego. Geometria została ustalona w ten sposób, że element różnicujący był skierowany bezpośrednio pod panelem radiacyjnym w zmiennej odległości, tak jak miało to miejsce w rzeczywistości. Założono brak występowania zjawiska radiacji z powierzchni skorupy do otoczenia. Właściwości termiczne skorupy założono jako jednorodne oraz stałe. Oddziaływanie wymiany ciepła na drodze konwekcji zostało pominięte, a wewnętrzna powierzchnia skorupy została przyjęta jako adiabatyczna.

W modelach założono, że emisyjność oraz absorpcyjność próbek mają charakter zmienny wraz ze zmianą długości fali promieniowania cieplnego. Z kolei kierunek promieniowania w doświadczeniach był stały dlatego zmiana nie został uwzględniona w modelach. Biorąc pod uwagę, że większość promieniowania cieplnego powstałego w wyniku rzeczywistego pożaru stanowi promieniowanie sadzy w temperaturze 1400 K, można było określić zakres widmowy promieniowania. Wykorzystując tabelę funkcji promieniowania ciała doskonale czarnego, określono odpowiedni zakres długości fal promieniowania, biorąc pod uwagę 80 procent całkowitej emisji jaka występuje w temperaturze 1400 K. Otrzymany zakres długości fal wyniósł 1,6 do 6,7 μm. Mając określony zakres długości fal, oszacowano dla niego wartości emisyjności oraz absorpcyjności. Podobny proces przeprowadzono dla temperatury 1000 K, czyli takiej w jakiej w rzeczywistości odbywały się badania. Dokonując porównani zakresu długości fal, stwierdzono, że wyniki otrzymane w doświadczeniu mogą z wystarczającą dokładnością zostać przeniesione na warunki rzeczywiste.

Wyniki badania wykazały, że w zakresie widzialnego promieniowania dla badanych temperatur, występują niewielkie wahania absorpcyjności skorup hełmu strażackiego. Próbki wykazywały zwiększenie absorpcyjności w wyniku przeprowadzenia badania wytrzymałości przed ścieraniem, wyjątek im była jedynie pierwsza próbka referencyjna. Uwzględniając wytyczne norm NFPA, które stanowią, że wzrost temperatury wewnętrznej powierzchni skorupy nie może być większy aniżeli 25°C, w przeciwnym wypadku hełm nie powinien być dopuszczony do użytkowania. Jak wykazały badania norma ta została spełniona jedynie dla materiały tekstylnego z powłoką aluminiową zarówno przed ścieraniem jak i po nim. W przypadku próbki próżniowo metalizowanej aluminium doszło do spełnienia normy jedynie przed ścieraniem, zarazem próbka ta wykazała najmniejszy wzrost temperatury przed procesem ścierania. Pozostałe próbki nie spełniły wymagań normy.

Na błędy pomiarów wpływać mogła oscylacja temperatury grzejnika w zakresie 30 K. Innym powodem mogło być nieuwzględnienie konwekcyjnej wymiany ciepła w modelach.

Najlepsze wyniki dla próbki z materiału tekstylnego z osłoną aluminiową mogą być związane jego unikalną konstrukcją. Próbka ta była jedyną, w której miało miejsce połączenie niezintegrowanej powłoki z skorupą bazową. Charakter tego typu dwuczęściowego połączenia posiada przewagę w postaci zwiększonego oporu cieplnego w porównaniu do innych jednoczęściowych próbek. Połączenie osłony aluminiowej z podstawą powoduje, że materiał pokrywa luki pomiędzy tkaniną pokrycia a zewnętrzną powierzchnią skorupy hełmu, które stanowią dodatkową barierę wymiany ciepła.

Z kolei spadek temperatury po procesie ścierania dla pierwszej referencyjnej próbki może być wytłumaczony efektem powstawania bąbli w wyniku topnienia materiału, wykazywanym przez materiał termoplastyczny z jakiego wykonana była skorupa.

Wykonane badania, z racji niewielkiej ilości szeroko dostępnych danych eksperymentalnych, mogą być podstawą dla ewentualnych dalszych badań lub ich kontynuacji. Sugeruje się, że istnieje duży potencjał badawczy w szczególności w badaniu wpływu długości fal promieniowania cieplnego na wytrzymałość termiczną hełmów strażackich.

Z powodu różnego rodzaju ograniczeń powyższe badania przeprowadzone zostały dla dość wąskiego zakres temperatur. Należy zauważyć, że w przypadku otwartych pożarów efektywna temperatura równa jest około 1400 K, natomiast w niektórych przypadkach temperatura płomienia może być równa nawet 2400 K. Dlatego też hełm strażacki może podlegać oddziaływaniu promieniowania o znacznie krótszych długościach fal. Analogicznie sytuacja wygląda jeżeli chodzi o wartość strumienia promieniowania cieplnego, który w rzeczywistych warunkach może osiągać wartości znacznie większe aniżeli 1 W/cm^2.

6. Podsumowanie

W powyższym artykule przedstawiono liczne informacje na temat metod oraz technologii wytwarzania odzieży ochronnej wykorzystywanych w Stanach Zjednoczonych na przykładzie hełmu strażackiego. W artykule dokonano przeglądu technologii wytwarzania hełmów strażackich o określonych własnościach, jak również tematyki związanej z możliwościami podniesienia poziomu bezpieczeństwa gwarantowanego przez hełmy strażackie.

7. Wnioski

Należy zauważyć, że dostępna literatura naukowa zawiera niewielką liczbę pozycji związanych z tematyką opracowania, opartych w znacznej mierze na amerykańskich normach National Fire Protection Association. Artykuł może więc stanowić znaczące źródło informacji, w szczególności w zakresie możliwości podniesienia poziomu bezpieczeństwa gwarantowanego przez hełmy strażackie wykorzystywanych w Stanach Zjednoczonych oraz porównania ich z europejskimi normami w tym zakresie (PN-EN 443).

Przytoczony w artykule eksperyment dotyczący uderzenia bijaka w skorupę hełmu z energią 54 J przy równoczesnym spełnieniu wymagania NFPA dotyczącego siły przenoszonej na głowę na poziomie max. 3,79 kN posiada bardzo zbliżone parametry do obowiązujących w Polsce przed wejściem do Unii Europejskiej. Obecnie wymagania wynikające z normy europejskiej PN-EN 443 ustanowione zostały na innymi poziomie, tj. po uderzeniu bijaka w skorupę hełmu z energią 123 J, siła przenoszona na głowę nie może przekroczyć 15 kN. Również proponowane rozwiązanie „tekstylnego pokrowca na hełm" mającego na celu wzrost jego odporności na promieniowanie cieplne nie może zostać przyjęte w kraju. Hełm strażacki wyposażony w tego typu pokrowiec nie przeszedłby badań na zgodność z normą PN-EN 443 pod kątem izloacji przed porażeniem prądem elektrycznym.

Literatura

[1] Smith D., Arena L., DeBlois J. , Haller J., Hultquist E., Lefferts W., Russell T., Wu A., Fehling P., *Effect of base layer materials on physiological and perceptual responses to exercise in personal protective equipment*, "Applied Ergonomics" Vol. 45 Issue 3, 2013, pp. 428–436.

[2] Carter J.M, Rayson M.P., Wilkinson D.M., Richmond V., Blacker S., *Strategies to combat heat strain during and after firefighting*, "Journal of Thermal Biology" Vol. 32 Issue 2, 2007, pp. 109–116.

[3] Taylor N., *Challenges to Temperature Regulation When Working in Hot Environments*, "Industrial Heatlh" Vol. 44, 2006, pp. 331–344.

[4] Elgafy A., *Merits of Employing Carbon Foam Fabrics in Firefighter's Helmet Shell*, University of Cincinnati, 2012.

[5] Barnett D., *Evaluation Of Fire-Fighting Helmet Surface Technology For High Radiant Heat Applications*, University of Kentucky, 2003.

[6] Stroup D., McLane R., Twilley W., *Full Ensemble and Bench Scale Testing of Fire Fighter Protective Clothing*, National Institute of Standards and Technology, 2007.

* * *

mgr inż. Łukasz Dul – w latach 2013–2014 zajmował stanowisko asystenta w Instytucie Techniki Cieplnej PW. Obecnie jest doktorantem w tej samej jednostce na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa PW. Autor artykułów naukowych o tematyce związanej z analizą polityki energetycznej kraju oraz oceną opłacalności farm wiatrowych. Przedmiotem pracy badawczej autora są przede wszystkim zagadnienia związane z obciążeniami cieplnymi oraz mechanicznymi odzieży ochronnej.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB Please cite as: BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 149–159

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.13

mgr inż. **Marzena Szczurek**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 02.03.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 24.08.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Nowoczesne metody wykrywania materiałów wybuchowych w służbie bezpieczeństwa publicznego

Modern Methods of Detecting Explosive Materials in the Service of Public Safety

Современные методы обнаружения взрывчатых материалов в службе общественной безопасности

ABSTRAKT

Cel: Wskazanie, że – spośród wielu metod wykrywania materiałów wybuchowych (MW) – spektrometria ruchliwości jonów może być jedną z najskuteczniejszych metod detekcji tych materiałów zarówno w warunkach laboratoryjnych, jak i polowych.
Projekt i metody: Narzędzia i metody użyte w badaniach – w części badawczej przeprowadzono rejestrację widm ruchliwości jonów (ang. *drift time spectrum)* za pomocą spektrometru ruchliwości jonów oraz analizę skuteczności identyfikacji materiałów wybuchowych na podstawie serii wykonanych pomiarów.
Wyniki: W trakcie badań dokonano krytycznej analizy współczesnych metod wykrywania materiałów wybuchowych, tj. metod elektrochemicznych, chemiluminescencyjnych, optycznych, optoelektronicznych, biochemicznych oraz metod opartych na obrazowaniu terahercowym. Szczególną uwagę poświęcono spektrometrii ruchliwości jonów (ang. *ion mobility spectrometry*, IMS) oraz zbadaniu skuteczności wykrywania MW za pomocą urządzenia opartego o technikę analityczną IMS.
Wnioski: Zagrożenia wynikające z możliwości użycia materiałów wybuchowych przez podmioty godzące w bezpieczeństwo publiczne, np. przez organizacje terrorystyczne, skłaniają do poszukiwania skutecznych sposobów przeciwstawienia się tymże niebezpieczeństwom. Jednym z rozwiązań może być szerokie wykorzystanie metod umożliwiających szybkie wykrywanie materiałów wybuchowych w przestrzeni publicznej. Nie jest to zadanie proste, bowiem w praktyce można się spotkać ze stosowaniem wielu różnych materiałów, surowców oraz systemów detonacji urządzeń wybuchowych, w tym improwizowanych ładunków wybuchowych (ang. *improvised explosive devices* – IED). Użyte materiały wybuchowe mogą pochodzić z różnych źródeł. Obok klasycznych MW mogą zostać użyte materiały wykorzystywane w górnictwie lub mieszaniny wyprodukowane z powszechnie dostępnych substancji chemicznych. Metody chemii analitycznej wykorzystywane w detekcji materiałów wybuchowych są przydatne głównie w warunkach laboratoryjnych, bowiem opierają się przede wszystkim na wykorzystaniu stacjonarnej aparatury pomiarowej. Spektrometria ruchliwości jonów jest metodą bardziej uniwersalną. Ze względu na swoją specyfikę, tj. chemiczną jonizację pod ciśnieniem atmosferycznym, a tym samym możliwość uproszczenia konstrukcji, stwarza potencjalne możliwości zastosowania w różnych uwarunkowaniach.

Słowa kluczowe: materiały wybuchowe, spektrometria ruchliwości jonów, detekcja materiałów wybuchowych
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

ABSTRACT

Aim: Demonstrate that from the numerous methods of detecting explosive materials, ion-mobility spectrometry can be one of the most effective approaches for use in laboratory and field conditions.
Methodology: During research performed and recorded ion mobility spectra (drift time spectrum) with the aid of a spectrometer and conducted an effectiveness analysis of explosive material identification based on a series of performed measurements.
Results: A critical analysis of contemporary techniques for detecting explosive materials included: electrochemical methods, chemiluminescent, optical, optoelectronic, biochemical and methods based on terahertz imaging. Special attention was devoted to ion mobility spectrometry (IMS) and to the testing of effectiveness of the IMS analytical technique in the detection of explosive materials.
Conclusions: Threats associated with the potential use of explosives by groups endangering public security e.g. terrorist organizations, culminate in a search for effective ways to counteract such hazards. A solution may lie in a broad application of techniques, which facilitate

[1] Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa; marzena.szczurek90@gmail.com; /Military University of Technology in Warsaw, Poland;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.13

quick detection of explosive materials in public areas. The task is not straightforward because in practice one may encounter the use of numerous materials and detonation systems, including Improvised Explosive Devices (IED). The explosives used may come from various sources. Apart from traditional explosives, materials used in mining as well as mixtures of generally available chemical substances may be used. Analytical chemistry techniques, for use in the detection of explosive materials are effective, mainly in laboratory conditions, because, in essence, the techniques make use of stationery measuring equipment. Ion Mobility Spectrometry is the most universal method. Because of its characteristics; chemical ionisation under atmospheric pressure and simplification of construction, provides a potential for application in diverse conditions.

Keywords: explosive materials, ion-mobility spectrometry, detection of explosive materials
Type of article: original scientific article

АННОТАЦИЯ

Цель: Доказать, что среди многих методов обнаружения взрывчатых материалов спектрометрия подвижности ионов может быть одним из наиболее эффективных методов – как в лабораторных, так и в полевых условиях.
Проект и методы: Инструменты и методы, использованные в исследованиях: в исследовательской части статьи были зарегистрированы спектры подвижности ионов (анг. *drift time spectrum*) при помощи спектрометра подвижности ионов, а также сделан анализ эффективности выявления взрывчатых материалов на основе серии проведенных измерений.
Результаты: В ходе исследований был проведен критический анализ современных методов обнаружения взрывчатых материалов, которые включают: электрохимические, хемилюминесце́нционные, оптические, оптоэлектрические и биохимические методы, а также основанные на тергерцовом изображении. Особое внимание было уделено спектрометрии подвижности ионов (анг. Ion Mobility Spectrometry, IMS), а также исследованию эффективности обнаружения взрывчатых материалов благодаря устройству, основанному на аналитической методике IMS.
Выводы: Угрозы, связанные с возможностью использования взрывчатых материалов субъектами, которые могут нарушить общественную безопасность, например, террористическими организациями, ставят нас перед необходимостью поиска эффективных способов борьбы с угрозами. Одним из решений может быть широкое использование методов, позволяющих быстро обнаружить взрывчатые материалы в публичном пространстве. Это не простая задача, потому что на практике можно встретиться с использованием различных материалов, сырья и систем детонации взрывных устройств, в том числе импровизированных взрывных устройств (анг. Improvised Explosive Devices - IED). Используемые взрывчатые материалы могут быть разного происхождения. Вместе с классическими могут быть использованы материалы, принимаемые в горном деле либо составы, приготовленные из общедоступных химических веществ. Методы аналитической химии, используемые в обнаружении взрывчатых материалов, пригодны в главном в лабораторных условиях, так как они основаны прежде всего на использовании стационарной измерительной аппаратуры. Спектрометрия подвижности ионов является более универсальным методом. В связи с ее спецификой, т.е. химической ионизацией при атмосферическом давлении, и ,таким образом, возможностью упрощения структуры, создает потенциальную возможность её применения в разных условиях.

Ключевые слова: взрывчатые материалы, спектрометрия подвижности ионов, обнаружение взрывчатых материалов
Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wprowadzenie

Współczesna rzeczywistość stawia przed służbami odpowiedzialnymi za bezpieczeństwo coraz większe oczekiwania, które trudno byłoby spełnić bez wykorzystania najnowszych zdobyczy nauki i techniki. Wzrost wymagań wobec jakości wyposażenia wprowadzanego do służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo publiczne ma charakter ciągły. Wynika to ze zmian zachodzących w środowisku bezpieczeństwa, gdzie pojawiają się nowe zagrożenia, w tym m.in. coraz to nowsze i bardziej wyszukane formy ataków terrorystycznych. Implikuje to potrzebę dywersyfikacji rozwiązań w obszarze przeciwdziałania tym niebezpieczeństwom.

W kontekście zadań służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo, w tym za zwalczanie terroryzmu, przestępczości kryminalnej i narkotykowej oraz unieszkodliwianie ładunków wybuchowych przez pododdziały antyterrorystyczne policji, zasadne wydaje się przeprowadzenie oceny dotychczasowych możliwości i wskazanie najbardziej efektywnych metod wykrywania materiałów wybuchowych[2]. Należy przy tym pamiętać, że wykrywanie klasycznych i improwizowanych ładunków wybuchowych możemy ogólnie podzielić na: 1) metody sprowadzające się do wykrywania broni i ładunków/urządzeń ukrytych w środkach transportu, bagażach i ubraniach (ang. *bulk detection*); oparte są one przede wszystkim na prześwietlaniu obiektów promieniowaniem gamma, X lub neutronowym; 2) metody bazujące na detekcji par materiałów wybuchowych (ang. *vapour detection*), ewentualnie śladów MW osadzonych na przedmiotach, ubraniach, czy dłoniach; przykładami takich metod są chromatografia gazowa, spektrometria mas, spektrometria ruchliwości jonów [1].

Ogólnie rzecz biorąc, metody wykrywania materiałów wybuchowych opierają się na zbadaniu ściśle określonych właściwości fizykochemicznych MW przy użyciu odpowiedniego typu czujnika. Należy jednak zdawać sobie sprawę z faktu, że szereg metod wykrywania materiałów

[2] Warto dodać, że niektóre z tych metod służą również wykrywaniu toksycznych środków przemysłowych, bojowych środków trujących, a także środków odurzających (narkotyków).

wybuchowych polega na wykryciu urządzenia potencjalnie zawierającego tenże materiał, a nie samego materiału wybuchowego.

2. Charakterystyka wybranych metod wykrywania materiałów wybuchowych

Metody wykrywania materiałów wybuchowych mogą być klasyfikowane z uwzględnieniem zjawisk fizycznych i fizykochemicznych wykorzystywanych w analizie. W tym przypadku można wymienić między innymi metody: elektrochemiczne, biochemiczne, chemiluminescencyjne i optyczne, a także obrazowanie terahercowe. Szeroko stosowana jest także spektrometria mas oraz spektrometria ruchliwości jonów.

Metody elektrochemiczne oparte są na przemianach elektrochemicznych (reakcjach redoks), w których biorą udział wykrywane substancje [2]. Próbka ulega przemianom elektrochemicznym, podczas których generowany jest mierzalny sygnał analityczny. Sensorami zbierającymi informacje mogą być elektrody (inercyjne, kulometryczne, konduktometryczne, potencjometryczne). Szczególną uwagę zwraca detektor woltamperometryczny wykorzystywany w technice woltamperometrii ukierunkowanej na wykrywanie materiałów wybuchowych [3–4].

Metody chemiluminescencyjne opierają się na zjawisku chemicznej luminescencji. Pod wpływem reakcji chemicznych w kontrolowanym środowisku dochodzi do emisji fal świetlnych, generacji błysków świetlnych. Poprzez fotoanalizę parametrów emitowanego światła (długości fali) w funkcji czasu, możliwa staje się identyfikacja produktów reakcji charakterystycznych dla materiałów wybuchowych. Zaletą tej metody jest brak źródła promieniowania [3].

Metody optyczne oparte są na wykorzystywaniu zmiany parametrów strumienia świetlnego przechodzącego przez badany ośrodek mogący potencjalnie zawierać materiał wybuchowy. Metody te klasyfikuje się ze względu na długość fali użytego promieniowania. Można wyróżnić metody optyczne wykorzystujące promieniowanie widzialne i ultrafioletowe (UV-VIS) oraz zakres podczerwieni (IR) [2].

Metody optoelektroniczne odgrywają ważną rolę w wykrywaniu par materiałów wybuchowych. Wykorzystuje się zdalne wykrywanie substancji albo wymagane jest pobranie próbki. Metody te bazują na zjawiskach emisji bądź absorpcji promieniowania elektromagnetycznego przez produkty gazowe (tlenki azotu) powstałe podczas samoistnego lub wymuszonego termicznie rozpadu (dekompozycja). Podstawową stosowaną techniką jest tzw. technika CEAS (ang. *Cavity Enhanced Absorption Spectroscopy*) [5–6]. Technika ta charakteryzuje się wysoką czułością detekcji gazów. Opiera się na wprowadzeniu (pozaosiowym) wiązki promieniowania lasera do optycznej wnęki. Stosowane wnęki często zbudowane są z dwóch wklęsłych zwierciadeł o dużym współczynniku odbicia.

Metody biochemiczne – są to metody wykorzystujące do wytworzenia sygnału analitycznego materiały aktywne biologicznie i biochemicznie. Element aktywny biosensora to różnorodny materiał biologiczny (białka, enzymy, antyciała, antygeny). Jest on połączony z przetwornikiem sygnału analitycznego (układem elektronicznym). Istnieje możliwość wykorzystania matrycy takich sensorów oraz algorytmów sztucznych sieci neuronowych do klasyfikacji sygnałów analitycznych. Pozwala to na opracowanie tzw. „sztucznego nosa" – inteligentnego urządzenia przeznaczonego do wykrywania materiałów wybuchowych [7–8].

Metoda obrazowania terahercowego wykorzystuje nieszkodliwe dla żywych organizmów promieniowanie elektromagnetyczne w zakresie częstotliwości od 0,1 do 10 THz (długość fali od 3 [mm] do 30 [μm]) [2]. Fale promieniowania przenikają przez nieprzezroczyste przedmioty i są skupiane, tworząc przy tym obraz wszystkiego, co stało im na drodze. Jest to praca w trybie transmisyjnym. Stosowany jest również odbiciowy tryb pracy. Metoda terahercowa stanowi alternatywę w stosunku do metod wykorzystujących promieniowanie rentgenowskie bądź gamma [1].

Metody spektrometryczne (spektrometria mas) opierają się na jonizacji cząsteczek i następnie określaniu ilorazu masy do ładunków (m/z) powstających jonów. Typowy układ wyposażony jest w źródło jonizacji cząsteczek oraz separatory produktów jonizacji, pod względem wcześniej wspomnianego ilorazu masy do ładunków. Detekcja spowodowana jest odchyleniem strumienia jonów badanej substancji w polu elektrycznym, a formowany sygnał analityczny jest przetwarzany w postać widma mas. Zaletą metody jest jej wysoka czułość [9].

Należy zaznaczyć, że w spektrometrii mas, jonizacja próbki oraz analiza powstałych produktów odbywają się w próżni. Zapewnienie takich warunków wymaga zastosowania skomplikowanej i kosztownej aparatury. Alternatywną metodą do wyżej wymienionej, może być spektrometria ruchliwości jonów.

3. Spektrometria ruchliwości jonów

Spektrometria ruchliwości jonów jest metodą wykorzystywaną do wykrywania substancji powstających w wyniku reakcji jonowo-cząsteczkowych. Podczas niej rejestrowana jest obecność stabilnych jonów. Substancjami, które można wykryć, mogą być pary toksycznych środków przemysłowych, bojowych środków trujących, środków odurzających oraz, co najważniejsze, materiałów wybuchowych. Idea metody polega na rozdzieleniu produktów wyżej wspomnianych reakcji w polu elektrycznym, pod względem ruchliwości, będącej składową steryczności cząsteczek, ładunku i masy. W metodzie IMS, przy detekcji powstałych jonów, stosowana jest łagodna, chemiczna metoda jonizacji (lub fotojonizacja) pod ciśnieniem atmosferycznym [10].

3.1. Budowa klasycznego spektrometru ruchliwości jonów

Klasyczny spektrometr ruchliwości jonów posiada geometrię cylindryczną i podzielony jest na części: reakcyjną i dryftową. Są one oddzielone od siebie siatką dozującą, stanowiącą tzw. zawór elektryczny. W części reakcyjnej, w wyniku jonizacji pierwotnej, powstają jony reakcyjne. Najczęściej źródłem jonizacji jest izotop promieniotwórczy Ni-63 będący emiterem cząstek beta. Z chwilą pojawienia się analitu, w gazie nośnym zachodzi szereg reakcji jonowo-cząsteczkowych, a ich produkty cyklicznie wprowadzane

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.13

są poprzez siatkę dozującą do obszaru dryftowego, gdzie następuje ich rozdział pod względem ruchliwości w polu elektrycznym ukształtowanych przez układ elektrod znajdujących się na różnych potencjałach. Rozdzielone produkty reakcji jonowo-cząsteczkowych docierają następnie do elektrody zbiorczej, gdzie rozładowując się indukują sygnał analityczny w obwodzie zewnętrznym spektrometru. W efekcie rejestrowane jest tzw. widmo ruchliwości jonów [11].

Występowanie w widmie charakterystycznych pików związane jest z obecnością analitu, co szerzej zostanie omówione w dalszej części artykułu. Należy w tym miejscu zaznaczyć, że w zależności od „natury" chemicznej badanej substancji, w wyniku zachodzących reakcji jonowo-cząsteczkowych, mogą powstawać jony dodatnie lub jony ujemne. Mówi się wówczas powszechnie o analizie w trybie dodatnim lub ujemnym. Sprowadza się to do odpowiedniej polaryzacji elektrod spektrometru. Widmo ruchliwości jonów jest źródłem informacji zarówno jakościowej, jak i ilościowej. Badany związek chemiczny identyfikuje się za pomocą czasu dryftu (położenia pików), natomiast jego stężenie określa się na podstawie powierzchni pików obserwowanych w widmie (wynikającej z ładunku niesionego przez jony).

Należy wspomnieć, że poza wyżej opisanym „klasycznym" spektrometrem ruchliwości jonów, istnieje szereg rozwiązań alternatywnych. Należą do nich między innymi: 1) spektrometry typu FAIMS (ang. *Field Asymmetric Ion Mobility Spectrometer*) – spektrometry z silnym asymetrycznym polem elektrycznym, 2) spektrometry aspiracyjne, 3) spektrometry z transformatą Fouriera (ang. FTIMS – *Fourier Transform Ion Mobility Spectrometry*) [11]. Technika IMS może również wchodzić w skład technik połączonych, np. połączenie chromatografii gazowej ze spektrometrią ruchliwości jonów.

3.2. Reakcje jonowo-cząsteczkowe

Typowym źródłem jonizacji stosowanym w spektrometrii ruchliwości jonów jest izotop Ni-63, będący emiterem cząstek beta (elektronów):

$$^{63}Ni \rightarrow e^- \text{ (pierwotny)} \quad (1)$$

Emitowany elektron oddziałując z cząsteczką azotu gazu nośnego, doprowadza do utworzenia jonu N_2^+:

$$N_2 + e^- \text{ (pierwotny)} \rightarrow N_2^+ + e^- + e^- \text{ (wtórny)} \quad (2)$$

Możliwe jest też utworzenie jonów tlenu cząsteczkowego w obecności innych cząsteczek obojętnych M:

$$M + O_2 + e^- \rightarrow O_2^- + M \quad (3)$$

Jony: N_2^+ oraz O_2^- biorą udział w kolejnym etapie tworzenia jonów reakcyjnych

$$N_2^+ + 2N_2 \rightarrow N_4^+ + N_2 \quad (4)$$

Powstający w reakcji (4) jon oddziałuje z obojętnymi cząsteczkami zawartymi w gazie nośnym według następującej sekwencji reakcji:

$$N_4^+ + H_2O \rightarrow 2N_2 + H_2O^+ \quad (5)$$

$$H_2O^+ + H_2O \rightarrow H_3O^+ + OH \quad (6)$$

$$H_3O^+ + H_2O + N_2 \leftrightarrow H^+(H_2O)_2 + N_2 \quad (7)$$

$$H^+(H_2O)_2 + H_2O + N_2 \leftrightarrow H^+(H_2O)_3 + N_2 \quad (8)$$

$$H^+(H_2O)_n + H_2O + N_2 \leftrightarrow H^+(H_2O)_{n+1} + N_2 \quad (9)$$

Powyższy proces w literaturze określa się jako „jonizację chemiczną pod ciśnieniem atmosferycznym" (ang. APCI – *Atmospheric Pressure Chemical Ionization*). Należy jednak zaznaczyć, że o końcowym produkcje powyższych reakcji decydują: 1) skład gazu nośnego, 2) temperatura, wilgotność, ciśnienie, koncentracja cząsteczek, 3) wartość pola elektrycznego w sekcji reakcyjnej IMS [11].

Reakcje od (5) do (9) dotyczą tworzenia dodatnich jonów reakcyjnych. Tworzenie ujemnych jonów reakcyjnych rozpoczyna się od wyżej wymienionej reakcji (2) i przebiegać może według następujących etapów:

$$M + O_2 + e^- \rightarrow O_2^- + M^* \quad (10)$$

$$M + H_2O + O_2^- \leftrightarrow O_2^-H_2O + M^* \quad (11)$$

$$M + H_2O + O_2^-H_2O \leftrightarrow O_2^-(H_2O)_2 + M^* \quad (12)$$

$$M + H_2O + O_2^-(H_2O)_n \leftrightarrow O_2^-(H_2O)_{n+1} + M^* \quad (13)$$

M stanowić mogą cząsteczki: O_2, H_2O, CO_2. Zarówno w przypadku dodatnich, jak i ujemnych jonów reakcyjnych, wartość *n* zależy od temperatury i wilgotności. Wartość *n* rośnie ze wzrostem wilgotności, a maleje ze wzrostem temperatury. Cząsteczki analitu M, wprowadzane do części reakcyjnej, zderzają się z jonami reakcyjnymi. W obecności innej obojętnej cząsteczki Z (np. N_2) zachodzi reakcja (14) prowadząca do podstawowego produktu obserwowanego w widmie ruchliwości jonów, tzw. protonowanego monomeru.

$$H^+(H_2O)_n + M \leftrightarrow MH^+(H_2O)_n^* + Z \quad (14)$$

Reakcja (14) jest dominującym sposobem tworzenia dodatnich jonów próbki, w których protonowany monomer tworzony jest przez połączenie lub przeniesienie protonu do cząsteczki analitu.

Przy odpowiednio dużej koncentracji badanej substancji, do monomeru może być przyłączona dodatkowa cząsteczka analitu, tworząc dimer $M_2H^+(H_2O)_{n-1}$:

$$MH^+(H_2O)_n + M \leftrightarrow M_2H^+(H_2O)_{n-1} + H_2O \quad (15)$$

Wraz ze wzrostem stężenia analitu następuje „zużywanie" jonów reakcyjnych. Dalsze zwiększanie stężenia analitu skutkuje, że zaczyna dominować reakcja (15), kosztem reakcji (14), przy dalszym zaniku koncentracji jonów reakcyjnych.

3.3. Identyfikacja i oznaczanie substancji

Położenie maksimum piku w widmie ruchliwości wskazuje na czas dryftu określonego rodzaju jonów. Na podstawie tejże wielkości możemy określić ruchliwość *K* (współczynnik ruchliwości) oraz ruchliwość zredukowaną.

$$K = \frac{A}{\left(t_d - 0{,}5 \cdot \frac{t_g}{1000}\right) \cdot HV} \quad (16)$$

gdzie:
A – stała spektrometru [cm²],
t_d – czas dryftu danego jonu [ms],
t_g – czas otwarcia siatki dozującej [μs],
HV – napięcie zasilania [kV].

Wartość ruchliwości zredukowanej K_0 odnosi się do warunków standardowych według następującej zależności [11]:

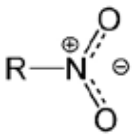
$$K_0 = K \cdot \frac{273}{T} \cdot \frac{p}{760} \quad (17)$$

gdzie:
T – temperatura detektora [K]
p – ciśnienie [mm Hg]

Wyznaczona wartość ruchliwości zredukowanej pozwala identyfikować substancje na podstawie istniejących baz danych. Powierzchnia pików w rejestrowanym widmie ruchliwości jonów bezpośrednio związana jest z ładunkiem niesionym przez poszczególne rodzaje jonów. Biorąc pod uwagę przebieg reakcji jonowo-cząsteczkowych między jonami reakcyjnymi a cząsteczkami analitu prowadzącymi do utworzenia monomeru i dimeru, możliwe jest ustalenie stężenia badanego związku. W aspekcie praktycznym wymaga to sporządzenia tzw. krzywych kalibracyjnych, na podstawie szeregu widm ruchliwości jonów zarejestrowanych przy różnych stężeniach analitu.

4. Zastosowanie spektrometrii ruchliwości jonów w wykrywaniu materiałów wybuchowych

Materiały wybuchowe są to związki metastabilne, zdolne do samopodtrzymujących się, silnie egzoenergetycznych reakcji, których wynikiem są produkty gazowe. „Wybuchowość" materiałów warunkowana jest przez wiązania zwane eksploforami (Vant' Hoff). Materiały wybuchowe, które znajdują praktyczne zastosowanie, to przede wszystkim związki nitrowe [12]. Grupa nitrowa ($-NO_2$) jest to jedna z grup posiadająca bardzo silne własności elektrofilowe. Większość materiałów wybuchowych są to związki wielonitrowe, stanowiące silne elektronoakceptory. Właściwość ta jest spowodowana silnym deficytem ładunku ujemnego występującym przy atomie azotu. W budowie grupy nitrowej występują dwa równe, co do długości, silnie spolaryzowane wiązania między azotem a tlenem. Budowę grupy nitrowej można opisać za pomocą dwóch struktur mezomerycznych, zaś formą rzeczywistą jest hybryda tych struktur (rycina 1).



Ryc. 1. Uśredniona struktura rezonansowa grupy nitrowej [13]
Fig. 1. The average resonance structure of the nitro group [13]

Związki wielonitrowe stosunkowo łatwo odszczepiają cząsteczkę ditlenku azotu (NO_2). Skutkuje to utworzeniem karboanionu bądź rodnika karbonylowego. W zależności od budowy związku, a dokładniej sposobu wiązania związku z grupą nitrową, występuje podział na związki: C-nitrozwiązki, O-nitrozwiązki, N-nitrozwiązki. W nitrozwiązkach występuje grupa nitrowa połączona bezpośrednio z atomem węgla. Występują grupy funkcyjne, takie jak azotanowa ($-ONO_2$) w nitroestrach i nitroaminowa ($-NNO_2$), w nitroaminach.

Materiały wybuchowe, ze względu na swoją budowę, wykazują silną elektroujemność. W wyniku jonizacji tworzą się więc głównie jony ujemne, których analiza odbywać się będzie przy polaryzacji ujemnej. W przypadku substancji wybuchowych, które nie zawierają grup elektroujemnych, takie jak cząsteczki TATP, stosowniejsze jest zastosowanie polaryzacji dodatniej. Pożądane jest takie postępowanie, szczególnie gdy produkty jonizacji mają tendencję do tworzenia aduktów z odpowiednimi odczynnikami. Materiały wybuchowe mogą być wykryte za pomocą rejestracji aduktu jonu z kationem NH_4^+ [14].

4.1. Reakcje jonowo-cząsteczkowe możliwe przy analizie nitrozwiązków

Większość materiałów wybuchowych należy do grupy nitrozwiązków, które charakteryzują się silną elektroujemnością. W wyniku jonizacji chemicznej pod ciśnieniem atmosferycznym tworzyć będą one jony ujemne. Ich analiza za pomocą IMS odbywać się będzie przy polaryzacji ujemnej. Wówczas podstawowym jonem reakcyjnym jest O_2^-, hydratowany w zależności od zawartości pary wodnej w gazie reakcyjnym. W przypadku domieszkowania gazu reakcyjnego powstawać mogą alternatywne jony, takie jak: Br^-, Cl^-, NO_3^-, NO_2^- [4].

W przypadku analizy materiałów wybuchowych w trybie ujemnym za pomocą IMS należy rozpatrzyć między innymi [15]:

a) reakcje z przeniesieniem ładunku między cząsteczką próbki M a jonem reakcyjnym O_2^-; produkt reakcji może dysocjować tworząc bardziej stabilny jon F:
$$M + O_2^- \rightarrow M^*O_2^- \rightarrow F^- + \text{fragm. obojętny} + O_2 \quad (18)$$
b) reakcje z przeniesieniem protonu między cząsteczką analitu a jonem reakcyjnym, prowadzące do utworzenia jonu $(M-H)^-$:
$$M + O_2^- \rightarrow HO_2 + (M-H)^- \quad (19)$$
c) reakcje dimeryzacji i klasteryzacji nabierające znaczenia wraz ze wzrostem stężenia analitu:
$$M + M^*O_2^- \rightarrow M_2{}^*O_2^- \quad (20)$$

W konsekwencji, w przypadku analizy materiałów wybuchowych, można spodziewać się następujących produktów jonowych powstających z podstawowego jonu wyjściowego $M \cdot O_2^-(H_2O)_2^-$:

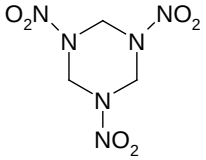
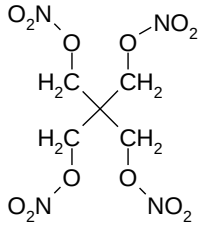
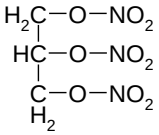
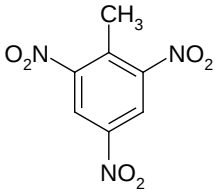
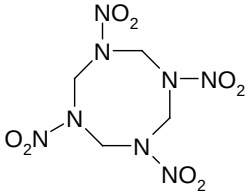
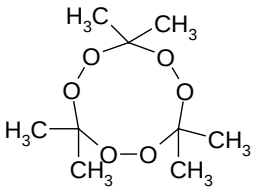
- jonu cząsteczkowego: $M^- \cdot H_2O$,
- adduktu z jonem O_2^-: $M \cdot O_2^- \cdot H_2O$,
- jonu po odszczepieniu protonu: $(M-1)^- \cdot H_2O$,
- jonu nitroniowego: $NO_2^- \cdot H_2O$.

4.2. Prężność par materiałów wybuchowych

W detekcji materiałów wybuchowych, poza właściwościami chemicznymi, decydujące znaczenie będą mieć ich wybrane właściwości fizyczne. Będzie to przede wszystkim prężność par. W tabeli 1 zawarto wartości prężności par wybranych materiałów wybuchowych.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.13

Tabela 1. Wybrane materiały wybuchowe i ich prężność par [opracowanie własne na podstawie [13]]
Table 1. Selected explosives and their vapour pressure [own elaboration on the basis of [13]]

Materiał wybuchowy / Explosive	Numer CAS / CAS number	Wzór strukturalny / Structural formula	Wzór sumaryczny / Molecular formula	Prężność par / Vapour pressure [mmHg]
Heksogen (RDX) 1,3,5- tri nitro-1,3,5-triazacykloheksan / Hexogen (RDX) Hexahydro-1,3,5-trinitro-1,3,5-triazine	121-82-4		$C_3H_6N_6O_6$	4.1×10^{-9}
Pentryt (PETN) tetraazotan (V) tetrahydroksymetylometanu / Penthrite (PETN) Pentaerythritol tetranitrate	1978-11-05		$C_5H_8N_4O_{12}$	3.8×10^{-10}
Nitrogliceryna (NG) triazotan 1,2,3-propanotriolu / Nitroglycerin (NG) 1,3-dinitrooxypropan-2-yl nitrate	55-63-0		$C_3H_5N_3O_9$	2.6×10^{-6}
Trinitrotoluen (TNT) 2-metylo-1,3,5-trinitrobenzen / Trinitrotoluene (TNT) 2-methyl-1,3,5-trinitrobenzene	118-96-7		$C_7H_5N_3O_6$	1.1×10^{-6}
Oktogen (HMX) 1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetraazacyklooktan / Octogen (HMX) 1,3,5,7-Tetranitro-1,3,5,7-tetraazocane	2691-41-0		$C_4H_8N_8O_8$	3.3×10^{-14}
trinadtlenek triacetonu (TATP) 3,3,6,6,9,9-heksametylo-1,2,4,5,7,8-heksaoksycyklononan / triacetone triperoxide (TATP) 3,3,6,6,9,9-Hexamethyl-1,2,4,, 7,8 -tetraoxacyclononane	17088-37-8		$C_9H_{18}O_6$	5.21×10^{-2}

Biorąc pod uwagę zawarte wyżej dane (wartości prężności par), należy spodziewać się, że nitrogliceryna i trinitrotoluen są bardziej lotnymi związkami i będą znacznie łatwiej wykrywane technikami wykorzystującymi analizę par. niż oktogen, pentryt i heksogen. Wyjątkowo wysoką prężność par posiada trinadtlenek triacetonu, którego wybuchowość warunkuje obecność mostków tlenowych.

5. Część badawcza

Część badawcza obejmowała szereg czynności przygotowawczych, doświadczalnych i obliczeniowych, z których za najistotniejsze można uznać:

- przygotowanie próbek materiałów wybuchowych,
- rejestrację widm ruchliwości jonów za pomocą komercyjnego spektrometru,
- analizę skuteczności identyfikacji materiałów wybuchowych na podstawie serii wykonanych pomiarów.

5.1. Opis przyrządu pomiarowego

W badaniach użyto komercyjnego spektrometru ruchliwości jonów IONSCAN 500DT firmy Smiths Detection. Spektrometr ten jest urządzeniem stacjonarnym i przeznaczony jest do wykrywania materiałów wybuchowych i narkotyków. W tabeli 2 wymieniono podstawowe substancje wykrywane przez wspomniany spektrometr, a które standardowo definiowane są przez producenta w bibliotece widm.

Tabela 2. Wykaz podstawowych substancji wykrywanych przez spektrometr IONSCAN 500DT [16]
Table 2. A list of basic substances detected by spectrometer IONSCAN 500DT [16]

Grupa substancji / Substance group	Nazwa substancji / Substance name
Materiały wybuchowe / Explosives	Azotan amonu /Ammonium nitrate NG (Nitrogliceryna) /(Nitroglycerin) PETN (Pentaerytrytol) / (Pentaerythritol) RDX (Heksogen i cyklonit) / (Hexogen and cyclonite) Tetryl / TNT (Trinitrotoluen) (Trinitrotoluene) HMTD TATP
Narkotyki / Drugs	Amfetamina / Amphetamine Heroina (Diacetylomorfina) / Heroin (Diacetylomorphine) MDA (Metylodioksy amfetamina) / (Methylenedioxyamphetamine) MDEA (Metylodioksy etyloamfetamina) / (Methyldioxyethylamphetamine) MDMA (Metylodioksy metaamfetamina)/ (Methylenedioxymetamphetamine) Metaamfetamina / Metamphetamine THC (Tetrahydrokannabiol) / (Tetrahydrocannabidinol)

Urządzenie wyposażone jest w dwie komory ruchliwości jonów pracujące jednocześnie. Jedna z nich pracuje w trybie dodatnim (analiza jonów dodatnich), natomiast druga w trybie ujemnych (analiza jonów ujemnych). Źródłem jonizacji jest izotop Ni-63. Podstawowe parametry pracy spektrometru przedstawiają się następująco:

- źródło jonizacji: Ni-63;
- temperatura pracy komory analizującej jony dodatnie: 220 [°C];
- temperatura pracy komory analizującej jony ujemne: 115 [°C];
- temperatura pracy termodesorbera: 205 [°C];
- napięcie zasilania komory analizującej jony dodatnie: 1600 [V];
- napięcie zasilania komory analizującej jony ujemne: 1800 [V].

Wyżej wymienione parametry można kontrolować w odpowiednim panelu sterowania. Możliwy jest bieżący podgląd na aktualne widmo ruchliwości jonów.

Spektrometr wyposażony jest w termodesorber. Analizowaną próbkę stanowi wymaz z badanych powierzchni zbierany za pomocą specjalnego próbnika, w którym umieszcza się bibuły jednorazowego użytku. Po zebraniu wymazu bibuła umieszczana jest w termodesorberze, następuje jej krótkotrwałe podgrzanie, a po tym podanie par substancji do układu analitycznego spektrometru. Widmo ruchliwości jonów wyznaczane jest na podstawie 24 skanów realizowanych podczas termodesorpcji.

Należy zaznaczyć, że wynik analizy (obecność danej substancji w próbce) sygnalizowany jest przez urządzenie z określonym prawdopodobieństwem, podawanym w procentach. Ponadto, oprogramowanie umożliwia użytkownikowi definiowanie nowych substancji, których widma nie są umieszczone w bibliotece widm dostarczanych przez producenta.

5.2. Próbki materiałów wybuchowych

W ramach przewidzianych pomiarów przygotowano próbki następujących materiałów wybuchowych:

- trotylu (2,4,6-trinitrotoluen, TNT),
- tetrylu (2,4,6-trinitrofenylo-N-metylonitroamina, TNM),
- pentrytu (tetraazotan(V) tetrahydroksymetylometanu, PETN),
- oktogenu (1,3,5,7-tetranitro-1,3,5,7-tetraazacyklooktan, HMX),
- heksogenu (1,3,5-trinitro-1,3,5-triazacykloheksan, RDX),
- NTO ((3-nitro-1,2,4-triazol-5-on, NTO),
- FOX-7 (1,1-diamino-2,2-dinitroeten, DADNE).

Próbki powyższych materiałów wybuchowych zostały przygotowane w dwóch postaciach: 1) jako materiał stały o masie 1 [g] umieszczony w fiolce zamkniętej septą silikonową; 2) jako roztwór ciekły w acetonie o stężeniu 1 [μg/ml] oraz o stężeniu 10 [μg/ml].

Pierwsze z próbek przeznaczone były do badania skuteczności aparatury do detekcji materiałów wybuchowych. Zostały zebrane jako wymaz znad materiału osłonowego zawierającego drobiny (pary) takich substancji. Analiza odbyła się przy użyciu wcześniej opisanego spektrometru ruchliwości jonów.

Próbki w postaci roztworów ciekłych o objętości 5 [μl] były natomiast nastrzykiwane za pomocą mikrostrzykawki bezpośrednio na bibułę próbnika. W przypadku każdego z pomiarów, bibuła była umieszczana w termodesorberze po 10 minutach od nastrzyknięcia roztworu materiału wybuchowego. Czas ten został arbitralnie przyjęty jako konieczny do odparowania rozpuszczalnika.

5.3. Widma ruchliwości jonów wybranych materiałów wybuchowych

Widma ruchliwości jonów wybranych materiałów wybuchowych, a w szczególności widma ruchliwości jonów ujemnych użytych w badaniach materiałów wybuchowych, charakteryzowały się określonymi cechami. Uwagę zwraca fakt znacznie bardziej skompilowanej struktury widm w stosunku do typowych widm ruchliwości jonów dodatnich rejestrowanych podczas analizy innych substancji niebezpiecznych, np. takich jak bojowe środki trujące bądź pestycydy.

Poza obserwowanym pikiem identyfikowanym z wykrywanym materiałem wybuchowym w widmie ruchliwości jonów występuje również pik tzw. kalibrantu oraz pik (piki) tlenków azotu.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.13

Pierwszy z nich związany jest z obecnością dozowanej do gazu nośnego substancji kalibrującej, a położenie związanego z nią piku pozwala automatycznie weryfikować stabilność pracy spektrometru. Natomiast obecność tlenków azotu związana jest z termicznym rozkładem materiałów wybuchowych podczas termodesorpcji.

Struktura obserwowanych widm dla różnych rodzajów próbek tego samego rodzaju materiału wybuchowego była podobna. Różnice występowały w powierzchni pików, co związane było z różnym stężeniem analitu w próbce.

5.4. Ocena skuteczności wykrywania materiałów wybuchowych za pomocą użytego przyrządu

W celu oceny skuteczności identyfikacji poszczególnych materiałów wybuchowych przeprowadzono serię pomiarów dla każdego z nich oraz dla każdej postaci próbki. W seriach przeprowadzano po dwadzieścia pomiarów. Łącznie wykonano ich 420. Pewność identyfikacji danego analitu była określana przez urządzenie jako prawdopodobieństwo jego wystąpienia (wyrażonego w procentach) powyżej tzw. progu alarmowego. Stosowany algorytm określa powierzchnię ewentualnie występującego piku przy danym czasie dryftu charakterystycznego produktu reakcji jonowo-cząsteczkowych i porównuje go z powierzchnią ustawioną jako próg alarmowy widma zamieszczonego w bibliotece widm urządzenia. Każda analiza poprzedzona była wykonaniem „ślepej" próby w celu ustalenia czystości układu analitycznego. Wyniki przeprowadzonych pomiarów zestawiono w tabelach od 3 do 5.

Tabela 3. Skuteczność identyfikacji materiałów wybuchowych pobieranych jako wymaz znad próbek stałych
Table 3. Effectiveness of identification of explosives collected as smear over solid samples

Materiał wybuchowy/ Explosive	**Prawdopodobieństwo identyfikacji / Probability of identification [%]**			**Uwagi/ Remarks**
	Wartość średnia / Average value	**Wartość minimalna / Minimum value**	**Wartość maksymalna / Maximum value**	
Trotyl / Trinitrotoluene	85	93	81	Jednoczesna sygnalizacja obecności heksogenu z prawdopodobieństwem ~ 5 [%] / Simultaneous signaling of presence of hexogen with probability ~ 5 [%]
Tetryl	82	77	89	
Pentryt / Penthrite	76	70	83	
Oktogen / Octogen	74	70	88	
Heksogen / Hexogen	78	72	88	Jednoczesna sygnalizacja obecności oktogenu i trotylu z prawdopodobieństwem ~ 9 [%] / Simultaneous signaling of presence of octogen and trinitrotoluene with probability ~ 9 [%]
NTO	79	74	85	Jednoczesna sygnalizacja obecności trotylu z prawdopodobieństwem ~ 7 [%] / Simultaneous signaling of presence of trinitrotoluene with probability ~ 7 [%]
FOX-7	77	75	86	

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 4. Skuteczność identyfikacji materiałów wybuchowych nastrzykiwanych w postaci roztworów ciekłych o stężeniu 10 [µg/ml]
Table 4. Effectiveness of identification of explosives injected in form of liquid solutions at a concentration of 10 [µg/ml]

Materiał wybuchowy/ Explosive	Prawdopodobieństwo identyfikacji / Probability of identification [%]			Uwagi /Remarks
	Wartość średnia / Average value	Wartość minimalna / Minimum value	Wartość maksymalna / Maximum value	
Trotyl / Trinitrotoluene	98	90	100	Jednoczesna sygnalizacja obecności heksogenu z prawdopodobieństwem ~ 8 [%] / Simultaneous signaling of presence of hexogen with probability ~ 8 [%]
Tetryl	90	88	100	
Pentryt / Penthrite	83	79	89	
Oktogen / Octogen	86	80	92	
Heksogen / Hexogen	92	88	98	Jednoczesna sygnalizacja obecności oktogenu i trotylu z prawdopodobieństwem ~ 12 [%] / Simultaneous signaling of presence of octogen and trinitrotoluene with probability ~ 12 [%]
NTO	83	79	87	Jednoczesna sygnalizacja obecności trotylu z prawdopodobieństwem ~ 8 [%] / Simultaneous signaling of presence of trinitrotoluene with probability ~ 8 [%]
FOX-7	83	77	86	

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 5. Skuteczność identyfikacji materiałów wybuchowych nastrzykiwanych w postaci roztworów ciekłych o stężeniu 1 [µg/ml]
Table 5. Effectiveness of identification of explosives injected in form of liquid solutions at a concentration of 1 [µg/ml]

Materiał wybuchowy / Explosive	Prawdopodobieństwo identyfikacji / Probability of identification [%]			Uwagi / Remarks
	Wartość średnia / Average value	Wartość minimalna / Minimum value	Wartość maksymalna / Maximum value	
Trotyl / Trinitrotoluene	95	86	100	Jednoczesna sygnalizacja obecności heksogenu z prawdopodobieństwem ~ 6 [%] / Simultaneous signaling of presence of hexogen with probability ~ 6 [%]
Tetryl	89	86	98	
Pentryt / Penthrite	82	72	88	
Oktogen / Octogen	84	80	92	
Heksogen / Hexogen	90	79	93	Jednoczesna sygnalizacja obecności oktogenu i trotylu z prawdopodobieństwem ~ 8 [%] / Simultaneous signaling of presence of octogen and trinitrotoluene with probability ~ 8 [%]
NTO	80	72	83	Jednoczesna sygnalizacja obecności trotylu z prawdopodobieństwem ~ 6 [%] / Simultaneous signaling of presence of trinitrotoluene with probability ~ 6 [%]
FOX-7	81	76	85	

Źródło: Opracowanie własne
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.13

Skuteczność identyfikacji każdego rodzaju materiału wybuchowego, bez względu na postać próbki, można uznać za wysoką. Najwyższą wartość prawdopodobieństwa identyfikacji, bez względu na postać próbki, uzyskiwano w przypadku trotylu. Niemniej jednak, podczas analizy trotylu, heksogenu oraz NTO sygnalizowana była obecność innych materiałów wybuchowych (występowanie interferencji). W przypadku trotylu był to heksogen, w przypadku heksogenu były to oktogen i trotyl, a w przypadku NTO – trotyl. Przyczynami mogły być: 1) zbliżone czasy dryftu charakterystycznych produktów reakcji jonowo-cząsteczkowych powyższych substancji, 2) śladowe zanieczyszczania próbek innymi materiałami wybuchowymi.

6. Podsumowanie

Na podstawie analizy przytoczonych danych z literatury specjalistycznej oraz wyników przeprowadzonych pomiarów, można wskazać pewne prawidłowości, uogólnienia i wnioski. Istnieje wiele metod wykrywania materiałów wybuchowych, przy czym większość z nich sprowadza się jedynie do zasygnalizowania obecności MW. Metody chemii analitycznej stosowane w detekcji i oznaczaniu materiałów wybuchowych, w większości opierają się na wykorzystaniu skomplikowanej i stacjonarnej aparatury pomiarowej, co uniemożliwia ich stosowanie w warunkach polowych. Taką potencjalną możliwość daje spektrometria ruchliwości jonów, ze względu na swoją specyfikę (chemiczną jonizację pod ciśnieniem atmosferycznym, a tym samym możliwość uproszczenia konstrukcji).

Podkreślić należy, że większość podstawowych materiałów wybuchowych analizowanych przy użyciu spektrometrii ruchliwości jonów jest wykrywanych w ujemnym trybie pracy spektrometru (analiza jonów ujemnych będących produktami reakcji jonowo-cząsteczkowych). Struktura obserwowanych widm w trybie analizy jonów ujemnych wskazuje na ich bardziej skomplikowaną strukturę, niż widm jonów dodatnich obserwowanych podczas analizy innych substancji chemicznych (bojowych środków trujących i środków odurzających). Pomimo stosunkowo niskiej prężności par większości MW, spektrometria ruchliwości jonów z termiczną desorpcją może być skuteczną metodą detekcji MW, chociaż jednoznaczność otrzymywanych wyników detekcji wymaga przeprowadzenia kompleksowych badań wpływu potencjalnych interferentów.

Państwo, jako podmiot a zarazem gwarant bezpieczeństwa strukturalnego i personalnego, dysponuje ogromnym potencjałem naukowym, który powinien być jak najszerzej wykorzystany dla zapewnienia tej egzystencjalnej potrzeby społeczeństwa. Stąd instytucje i służby odpowiedzialne za bezpieczeństwo należy wyposażać zarówno w najnowsze zdobycze techniki, jak i w stosowną wiedzę nt. nowych technologii służących temu bezpieczeństwu.

Autorka wyraża nadzieję, że opisane w artykule wyniki badań naukowych przyczynią się do szerszego spojrzenia na problematykę wykrywania materiałów wybuchowych i innych substancji niebezpiecznych.

Literatura

[1] Yinon J., Zitrin S., *Modern methods and applications in analysis of explosives*, John Wiley and Sons Ltd., New York 1996.

[2] Mierczyk Z. (red.), *Nowoczesne technologie systemów uzbrojenia*, Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2008.

[3] Witczak M., Kloske M., *Materiały wybuchowe i ich charakterystyka,* Kwartalnik „Bellona" Issue 3, 2009.

[4] Singh S., *Sensors – An effective approach for the detection of explosives*, "Journal of Hazardous Materials" Vol. 144, 2007.

[5] Bielecki Z., Kłosowski W., Wojtas J., *Optoelektroniczne sensory par materiałów wybuchowych*, „Prace Przemysłowego Instytutu Telekomunikacji", Vol. 60/145, 2010.

[6] Wojtas J., Bielecki Z., Mikołajczyk J., Szabra D., Rutecka B., Mądrzycki R., Gutowska M., Stecewicz T., Czyżewski A., *Projekt sensora par materiałów wybuchowych*, „Przegląd elektrotechniczny" (Electrical Review), Issue 11a, 2010.

[7] Bielecki Z., Janucki J., Kawalec A., Mikołajczyk J., Pałka N., Pasternak M., Pustelny T., Stacewicz T., Wojtas J., *Sensors and systems for detection of explosive devices an overview,* "Metrology Measurement Systems" Vol. 19, 2012.

[8] Tadeusiewicz R., *Sieci neuronowe*, Akademicka Oficyna Wydawnicza RM, Warszawa 1993.

[9] Cygański A., *Metody Spektroskopowe w Chemii Analitycznej*, WNT, Warszawa 2002.

[10] Cieślak G., *Rola techniki identyfikacji śladowych materiałów wybuchowych i skażeń,* „Lotnisko", Issue 6, 2008.

[11] Eiceman G.A., Karpas Z., *Ion Mobility Spectrometry*, CRC Press, Boca Raton 2004.

[12] Maranda A., *Przemysłowe materiały wybuchowe,* Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa 2010.

[13] Maranda A., Cudziło S., Nowaczewski J., Papliński A, *Podstawy Chemii Materiałów Wybuchowych,* WAT, Warszawa 1997.

[14] Karpas Z., Ion *Mobility Spectrometry: A tool in the war against terror*, "Bulletin of the Israel Chemical Society", Issue 24, December 2009.

[15] Ewing R.G., Atkinson D.A., Eiceman G.A, Ewing G.J., *A critical review of ion mobility spectrometry for the detection of explosives and explosive realted compounds*, "Talanta" Vol. 54, 2001.

[16] IONSCAN 500DT – Instrukcja obsługi, Pimco, Warszawa 2006.

* * *

mgr inż. Marzena Szczurek – absolwentka Wojskowej Akademii Technicznej, kierunku chemia, specjalność materiały niebezpieczne i ratownictwo chemiczne. Jej zainteresowania naukowe obejmują szeroko pojęty obszar wykorzystywania nowych technologii w służbie bezpieczeństwa narodowego, stąd badania prowadzi nie tylko na Wydziale Nowych Technologii i Chemii, ale również w Instytucie Optoelektroniki WAT i w Centralnym Ośrodku Analizy Skażeń. W swoich publikacjach szczególną uwagę zwraca na problematykę przeciwdziałania zagrożeniom asymetrycznym związanym z wykorzystaniem materiałów wybuchowych i komponentów broni masowego rażenia.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB Please cite as: BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 161–171

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.14

mgr inż. **Urszula Garlińska**[1]
mgr inż. **Paweł Michalak**[1]
ppor. mgr **Stanisław Pawłowski**[2]
mgr inż. **Tomasz Popielarczyk**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 30.04.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 31.08.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Pomiary zrozumiałości mowy dźwiękowych systemów ostrzegawczych[3]

Measurement of Speech Intelligibility for Voice Alarm Systems

Измерение разборчивости речи в системах звукового оповещения

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest przybliżenie zagadnień związanych ze zrozumiałością komunikatów głosowych nadawanych przez DSO podczas sytuacji kryzysowych w obiektach budowlanych. Szczególną uwagę zwrócono na wybór właściwej metody pomiaru zrozumiałości oraz wskazanie różnic między nimi.
Wprowadzenie: DSO są wykorzystywane jako narzędzia wspomagające działania ratownicze podczas prowadzenia ewakuacji z obiektów budowlanych w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowej, np. pożaru. Istnieje również możliwość wykorzystania ich do przekazywania komunikatów niezwiązanych z alarmowaniem (np. ogłoszeń, informacji o nadjeżdżających pociągach itp.) lub muzyki. Niezwykle istotnym parametrem, od którego zależy jakość i skuteczność przekazywanych komunikatów, jest zrozumiałość mowy. Właściwie zaprojektowany i zainstalowany system powinien przekazywać komunikaty, które będą zrozumiałe podczas ewakuacji. Do weryfikacji zrozumiałości mowy wykorzystywanych jest kilka metod, zarówno obiektywnych (częściej), jak i subiektywnych. Decyzja o doborze metody jest niezwykle istotna i czasami w trakcie pomiarów może zajść konieczność jej zmiany na inną, np. gdy dany obiekt budowlany i system nie spełniają określonych parametrów.
Metodologia: W artykule zastosowano głównie metody analizy i krytyki piśmiennictwa, ale również metodę obserwacji. Analizie poddano dokumenty normatywne opisujące proces projektowania i instalowania DSO. Wykorzystano również doświadczenie autorów publikacji dotyczących obserwacji procesów projektowania i instalowania DSO oraz istniejących instalacji w różnych obiektach budowlanych.
Wnioski: W artykule przedstawiono wyniki analizy literatury przedmiotu, dokumentów normatywnych oraz doświadczeń autorów publikacji w zakresie projektowania i instalowania DSO w obiektach budowlanych. Przeprowadzona analiza pozwala na sformułowanie następujących wniosków:
– Na właściwą zrozumiałość mowy wpływ mają zarówno elementy składowe systemu (wzmacniacze, głośniki), jak i akustyka pomieszczeń (czas pogłosu, hałas, wyposażenie).
– Najpopularniejszą metodą pomiaru zrozumiałości mowy jest pomiar wskaźnika transmisji mowy (*Speech Transmission Index STI*) lub jego uproszczona wersja dla systemów rozgłoszeniowych (*Speech Transmission Index for Public Address Systems STIPA*).
– Konieczne jest ujednolicenie wymagań dotyczących projektowania i instalowania DSO, w tym pomiarów zrozumiałości mowy.
– Należy rozważyć możliwość certyfikacji usług dla firm zajmujących się pomiarami zrozumiałości mowy DSO, ponieważ obecnie brakuje jakichkolwiek wymagań w tym zakresie.

Słowa kluczowe: dźwiękowe systemy ostrzegawcze, pomiary zrozumiałości mowy
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

[1] Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, Józefów; / Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland; tpopielarczyk@cnbop.pl
[2] Wojskowe Centrum Kształcenia Medycznego, Łódź; / The Military Medical Training Center, Poland; stanleypa2@wp.pl;
[3] Autorzy wnieśli jednakowy wkład w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.14

ABSTRACT

Aim: The purpose of the article is to present issues associated with intelligibility of voice messages broadcast by voice alarm systems during emergencies in buildings. Particular attention was paid to the choice of appropriate method for measurement of speech intelligibility and identification of differences between methods.

Introduction: Voice alarm systems are used as tools, to assist rescue operations with the evacuation of buildings during emergencies, e.g. during an outbreak of a fire. It is also possible to use such systems for non-emergency purposes e.g. advertising, information about approaching trains, or music. Speech intelligibility is a very important parameter, which determines the quality and effectiveness of communication. The voice alarm system, when properly designed and installed, should broadcast information, which should be understood during an evacuation process. There are several methods, which can be used to verify speech intelligibility; objective (used more often) and subjective. The decision concerning choice of method is very important and, sometimes during the measurements process, it may be necessary to change to an alternative, e.g. when a building and/or voice alarm system do not meet specified parameters.

Methodology: The study contains a critical review of literature and includes outcomes from observation. Normative documents, describing the process of designing and installation of voice alarm systems, were analyzed. Additionally, the author's experience with systems across a range of installations were harnessed.

Conclusions: This article revealed results from an analysis of literature, normative documents and authors experience in the design and installation of voice alarm systems in buildings. The analysis leads to following conclusions:

- Speech intelligibility is affected by system components (amplifiers, speakers) and room acoustics (reverberation time, noise, furnishing).
- The most common method of measurement is with the aid of a Speech Transmission Index (STI) or its simplified version Speech Transmission Index for Public Address Systems (STIPA).
- It is necessary to standardise the design and installation requirements for voice alarm systems, including measurement of speech intelligibility.
- Certification of services should be considered for business concerns engaged with the measurement of speech intelligibility because, currently, there is a lack of any requirements in this area.

Keywords: voice alarm systems, measurements of speech intelligibility

Type of article: review article

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью статьи является ознакомление читателей с вопросами, связанными с разборчивостью голосовых сообщений систем звукового оповещения в кризисных ситуациях на строительных объектах. Особое внимание было уделено указанию различий между разными методами измерения разборчивости речи и определению лучшего из них.

Введение: Системы звукового оповещения используются в качестве устройств, для оказания поддержки при спасательных операциях во время эвакуации со строительных объектов в случае кризисной ситуации, такой как, например, пожар. Их можно также использовать для передачи сообщений, не связанных с (аварийным) оповещением (например, объявлений, информации о подъезжающих поездах и др.), или музыки. Особенно важным параметром, от которого зависит качество и эффективность передаваемых сообщений, является разборчивость речи. Правильно спроектированная и установленная система должна передавать сообщения, которые будут понятны во время эвакуации. Для проверки разборчивости речи используется несколько методов, как объективных (чаще всего), так и субъективных. Выбор метода очень важный. Случается, что во время измерений возможно потребуется изменить метод на другой, например, когда данный строительный объект и система не соответствуют определённым параметрам.

Методология: В статье был применен в главном метод анализа и критики записей, но также метод наблюдений. Анализу подвергались действующие нормативные документы, описывающие процесс проектировки и инсталляции систем звукового оповещения. Был использован также опыт авторов публикации, полученный во время наблюдения процессов проектировки и установки систем звукового оповещения, а также существующих инсталляций на разных строительных объектах.

Выводы: В статье представлены результаты анализа предметной литературы, нормативных документов и опыта авторов публикации относительно проектировки и инсталляции систем звукового оповещения на строительных объектах.
Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

- на высокую разборчивость речи влияют как составные элементы системы (усилители, динамики), так и акустика помещений (время отзвука/реверберации, шум, оборудование).
- наиболее популярным методом измерения разборчивости речи является измерение коэффициента передачи речи (STI) или его упрощенная версия для систем трансляции (*Speech Transmission Index for Public Address Systems STIPA*).
- необходимо унифицировать требования относительно проектировки и установки систем звукового оповещения, в том числе измерения разборчивости речи.
- следует рассмотреть возможность сертификации услуг для фирм, занимающихся измерением разборчивости речи систем звукового оповещения, так как в настоящее время требования к этой области отсутствуют.

Ключевые слова: звуковые системы оповещения, измерение разборчивости речи

Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Dźwiękowy system ostrzegawczy powinien umożliwiać rozgłaszanie sygnałów ostrzegawczych i komunikatów głosowych na potrzeby bezpieczeństwa osób przebywających w obiekcie budowlanym. Sygnały i komunikaty nadawane są automatycznie po otrzymaniu sygnału z systemu sygnalizacji pożarowej bądź przez operatora. Lista obiektów budowlanych, w których stosowanie DSO jest obligatoryjne, znajduje się w § 29 ust. 1 rozporządzenia ws. ochrony przeciwpożarowej budynków [1]. Zanim powstał system określany dziś jako DSO, przez wiele lat w budynkach użyteczności publicznej funkcjonowały gotowe rozwiązania audio, służące do przekazywania komunikatów niezwiązanych z alarmowaniem. W ostatnich latach systemy te przeszły swoistą ewolucję do specjalizowanych systemów rozgłaszania o pożarze [2].

DSO instalowany jest w obiektach budowlanych o dużej powierzchni i kubaturze, w których w jednej chwili może przebywać duża liczba osób, które zazwyczaj nie są zaznajomione z obiektem. Są to obiekty takie jak centra handlowe, sale widowiskowo-sportowe, kina, teatry, stacje metra czy też budynki wysokie i wysokościowe.

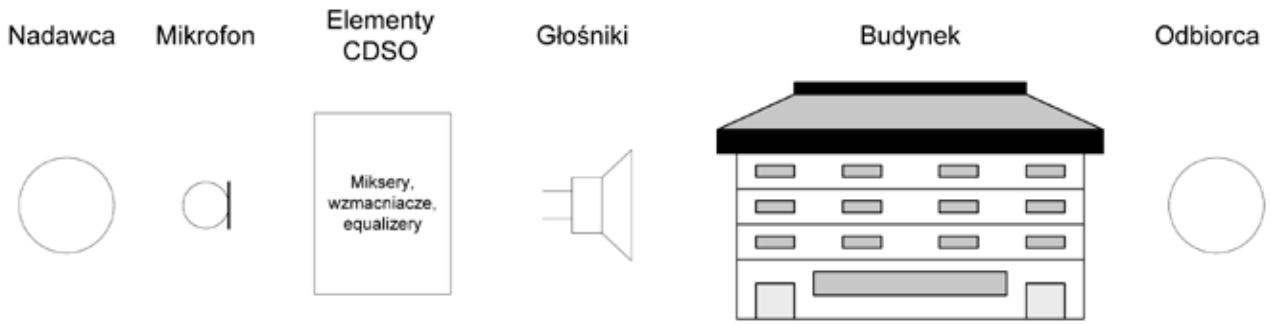
DSO i jego elementy są urządzeniami przeciwpożarowymi. Jak każde urządzenie przeciwpożarowe, również DSO powinien być wykonany zgodnie z projektem uzgodnionym przez rzeczoznawcę do spraw zabezpieczeń przeciwpożarowych, a warunkiem dopuszczenia do jego użytkowania jest przeprowadzenie odpowiednich prób i badań, potwierdzających prawidłowość jego działania [1]. Niestety ustawodawca nie wskazał dokumentu, według którego taki projekt należy wykonać. Powoduje to pewne zamieszanie w tym zakresie, ponieważ obecnie możemy spotkać kilka dokumentów, które zawierają wymagania dotyczące projektowania, instalowania i konserwacji DSO, w tym wytyczne w zakresie wykonywania pomiarów zrozumiałości mowy. W Polsce i w Europie nadal wykorzystywana jest norma z 2003 roku –PN-EN 60849 [3], która jest odpowiednikiem normy IEC 60849:1998, która została wycofana na świecie w 2007 r. i została zastąpiona przez normy ISO 7240-16 [4] i ISO 7240-19 [5]. Brak konsekwencji w wycofywaniu spowodował, że wersja PN-EN 60849 nadal funkcjonuje. W 2014 r. podjęto działania mające na celu wyeliminowanie tego problemu, a mianowicie rozpoczęto prace nad normą EN 50849 [6], która ma zastąpić EN 60849. Pojawia się jednak pytanie: dlaczego zamiast zastąpienia jej normą ISO 7240-19 opracowywana jest nowa norma?

Warto nadmienić, że w Europie od kilku lat trwają prace nad innym dokumentem dotyczącym projektowania, instalowania i konserwacji DSO, czyli specyfikacją CEN/TS 54-32 [7]. Istnieją również norma niemiecka DIN VDE 0833-4 [8] oraz brytyjska BS 5839-8:2013, które dotyczą tego zakresu [9]. Z powyższego wynika, że projektowanie i instalowanie DSO opisane jest w wielu dokumentach, ale w Polsce nadal obowiązuje dokument, który opracowany został w 1998 r. W ocenie autorów w Europie istnieje potrzeba ujednolicenia wymagań i stworzenia jednego dokumentu, według którego DSO będzie projektowane. Wtedy możliwe będzie również zaadaptowanie ujednoliconych wymagań w tym zakresie również w Polsce.

Istotne jest jednak to, że mimo mnogości dostępnych dokumentów normatywnych, zagadnienia dotyczące zrozumiałości mowy opisywane są bardzo podobnie. W każdym dokumencie wymieniane są podobne metody pomiarów zrozumiałości mowy. W niniejszym artykule dokonano porównania wymagań opisanych w ww. dokumentach, przedstawiono czynniki wpływające na zrozumiałość mowy oraz opisano etapy pomiaru zrozumiałości mowy.

2. Czynniki wpływające na zrozumiałość mowy

Odpowiednia zrozumiałość komunikatów głosowych jest niezwykle istotna, stąd też po zainstalowaniu DSO w obiekcie należy sprawdzić, czy zastosowany system jest w stanie przekazywać zrozumiałe komunikaty. Zrozumiałość mowy jest to miara stopnia, w jakim rozumiemy język mówiony [10–11]. Do zrozumienia mowy nie jest wystarczająca tylko jej słyszalność. Odpowiedni poziom dźwięku jest warunkiem koniecznym, ale niewystarczającym dla dobrej zrozumiałości. Tak jak oświetlenie rozmazanego tekstu nie uczyni go bardziej czytelnym, tak zwiększenie głośności mowy, która została zakłócona przez pogłos, echo czy zniekształcenia nie spowoduje, że będzie ona bardziej zrozumiała. Wystarczająco głośny, ale obciążony pogłosem sygnał może być całkowicie niezrozumiały, co mogą poświadczyć użytkownicy lotnisk czy dworców [10].



Ryc. 1. Droga transmisji dźwięku od nadawcy do odbiorcy
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [10].

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.14

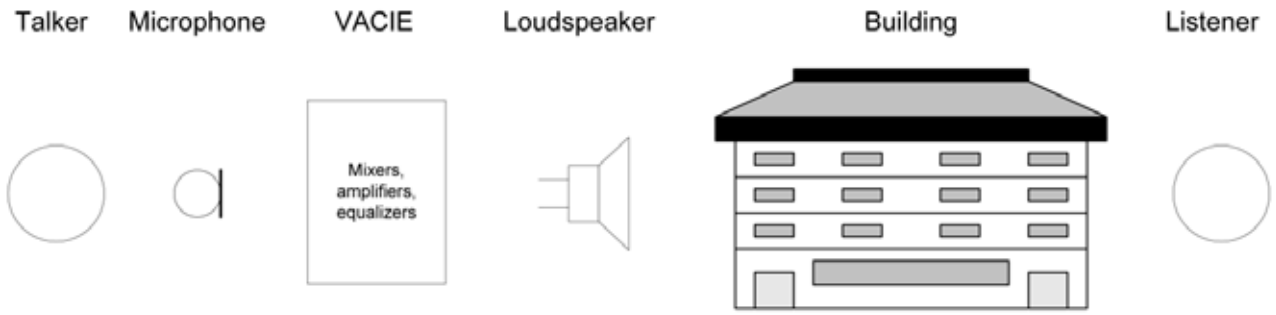


Fig. 1. Talker-to-listener transmission path
Source: Own elaboration based on [10].

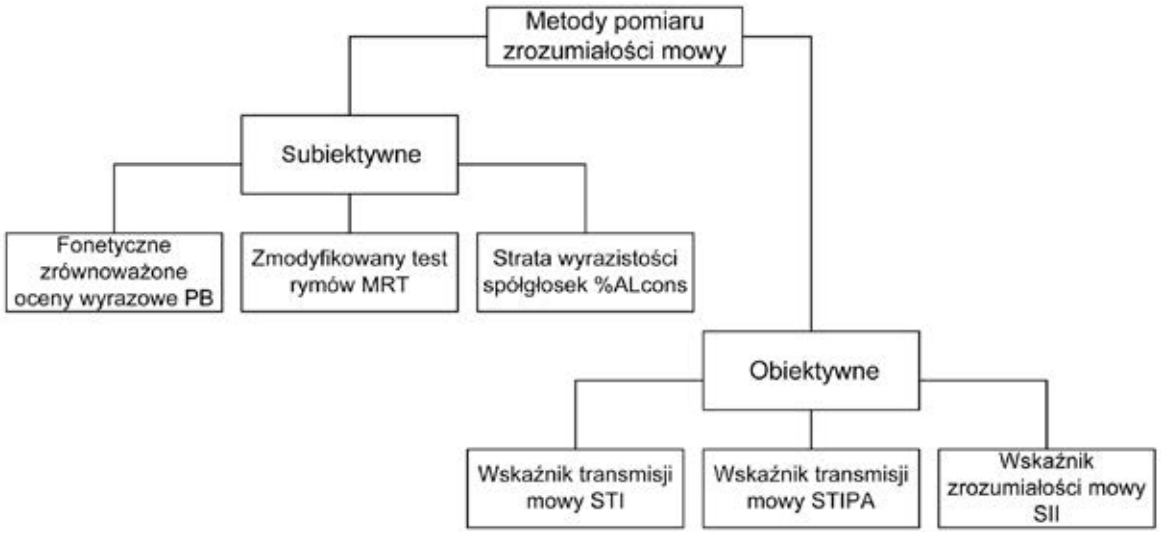
Na zrozumiałość mowy ma wpływ wiele czynników (ryc. 1):

- predyspozycje nadawcy – akcent, wady wymowy, tempo, intonacja, nieumiejętność obsługi mikrofonu, np. niewłaściwy odstęp ust od mikrofonu,
- elementy DSO – poziom dźwięku, zniekształcenia nieliniowe spowodowane nieliniowością sprzętu elektroakustycznego i głośników, w wyniku czego powstają nowe składowe częstotliwościowe, zniekształcenia amplitudowe (liniowe) spowodowane nierównomiernością charakterystyki częstotliwościowej głośników,
- budynek (pomieszczenie):
  - poziom tła (stosunek sygnału do szumu S/N) – szum tła maskuje i przytłumia komunikat alarmowy,
  - pogłos – jest zależny od wielkości pomieszczenia, zastosowanych materiałów budowlanych, wbudowanych elementów, pokrycia ścian i podłogi, jak również umeblowania. Pogłos powstaje z odbić dźwięku, które powodują rozmycie dźwięku, przez co staje się mniej czysty i wyraźny, a przez to mniej zrozumiały,
  - echa – echo pojawiające się dużo później niż pierwsze dźwięki powoduje pogorszenie zrozumiałości. W przypadku ciągłej mowy, echo poprzednio wypowiedzianych sylab ukrywa lub zniekształca brzmienie następnych, czyniąc je trudniejszymi do zrozumienia. Opóźnienie i poziom echa są głównymi zmiennymi wpływającymi na jego stopień uciążliwości [10].
- predyspozycje odbiorcy – wady słuchu, naturalne przytępienie słuchu spowodowane wiekiem, zdolności językowe.

Z powyższego wynika, że konieczność instalacji w danym obiekcie DSO powinna być uwzględniana już na etapie projektowania obiektu, a nie po jego wybudowaniu. Często wtedy ingerencja w budynek jest zbyt kosztowna, a nawet technicznie niemożliwa.

3. Metody zrozumiałości mowy

Aby zweryfikować, czy w danym obiekcie komunikaty nadawane za pomocą zainstalowanego systemu są zrozumiałe, należy skorzystać z dostępnych metod pomiaru zrozumiałości mowy (ryc. 2).



Ryc. 2. Metody pomiaru zrozumiałości mowy DSO
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5–6], [7–8].

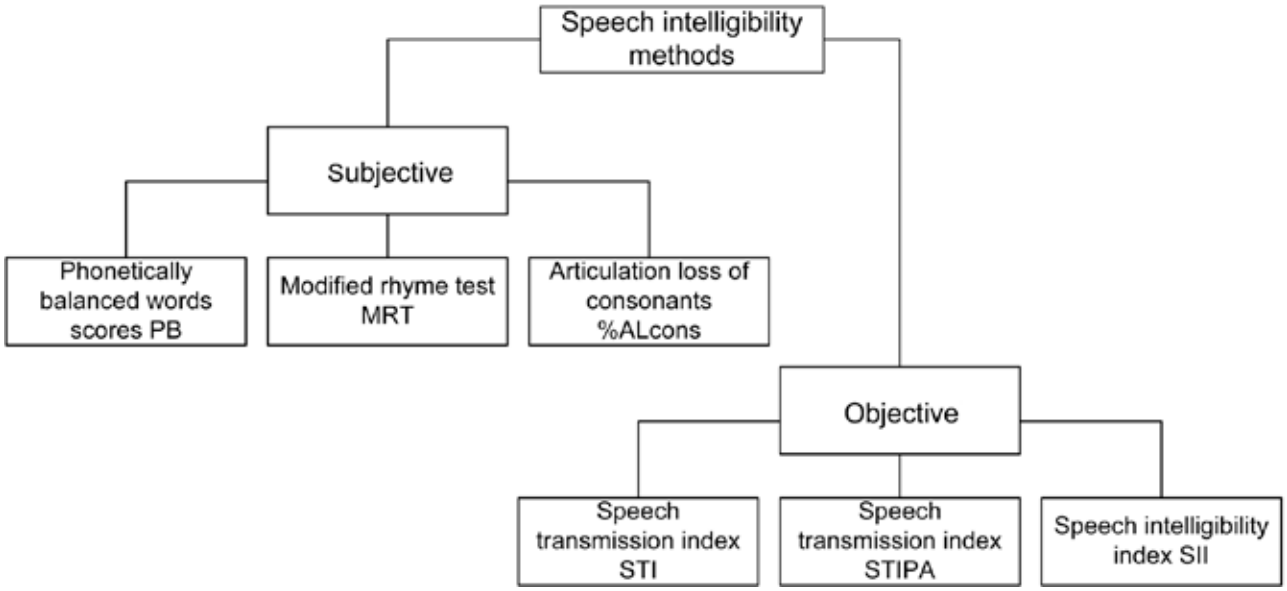
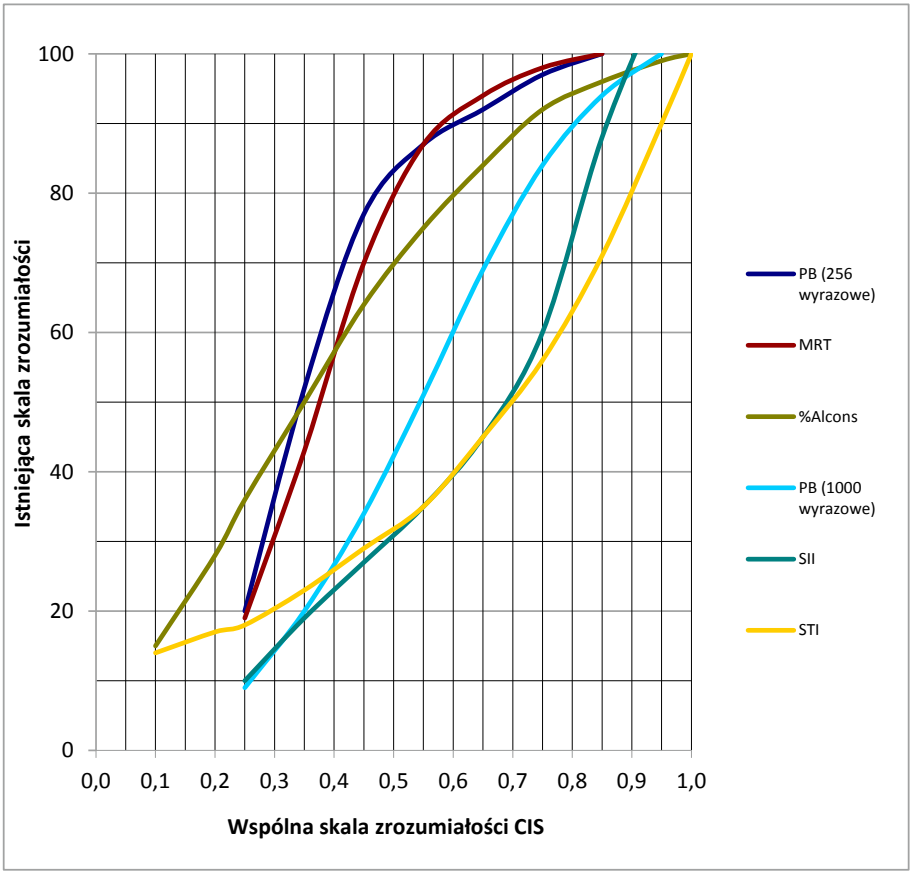


Fig. 2. Measurement methods of VAS speech intelligibility
Source: Own elaboration based on [5–6], [7–8].

Istnieje możliwość porównania wyników różnych metod pomiarów z wykorzystaniem wspólnej skali zrozumiałości mowy (CIS, ang. *Common Intelligibility Scale*). Zrozumiałość mowy dla DSO powinna być nie mniejsza niż 0,7 (0,5 STI) na wspólnej skali zrozumiałości mowy pokazanej na ryc. 3. Istnieje możliwość obniżenia kryterium do 0,65, ale tylko w obiektach, w których użytkownicy są zaznajomieni ze sobą, co w przypadku obiektów wymienionych w [1] nie występuje. Z tego powodu obniżenie kryterium w podanych sytuacjach nie powinno być stosowane.



Ryc. 3. Przejście z istniejących skal zrozumiałości na wspólną skalę zrozumiałości
Źródło: [3], [6], [7–8].

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.14

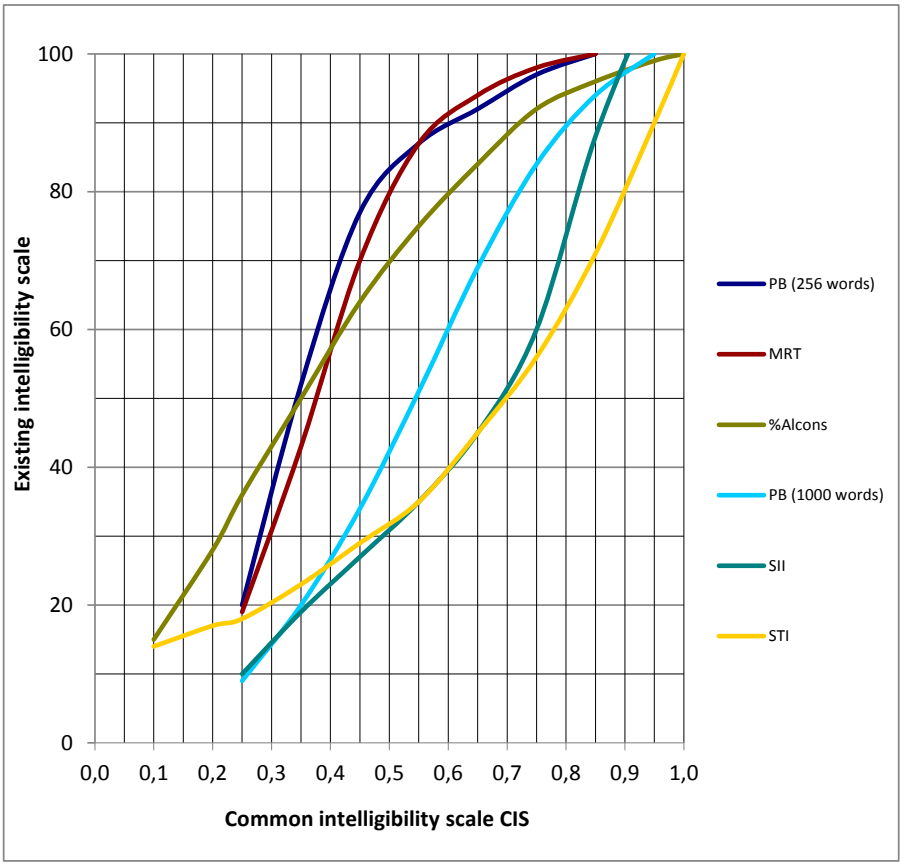


Fig. 3. Conversion of existing intelligibility scales
Source: [3], [6], [7–8].

Trzeba pamiętać, że CIS 0,70 jest daleki od idealnej zrozumiałości. Odpowiada mniej więcej zrozumiałości 80% słów i 95% zdań, czyli nieco więcej niż jest wymagane, aby odpowiednio przekazać komunikat alarmowy. Ten sam poziom zrozumiałości w systemie nagłośnieniowym, wykorzystywanym w innych celach mógłby często być uznany za niesatysfakcjonujący [10]. Ponadto w pomieszczeniach o dużym czasie pogłosu i wysokim poziomie tła osiągnięcie takiej wartości zrozumiałości mowy będzie praktycznie niemożliwe [5–6].

Tabela 1. Wymagane wartości zrozumiałości mowy w zależności od wybranej metody pomiaru [5]

Metoda pomiaru	Wymagana wartość (0,7 na skali CIS)
Wskaźnik transmisji mowy STI	0,5 [-]
Wskaźnik transmisji mowy STIPA	0,5 [-]
Wskaźnik zrozumiałości mowy SII	0,5 [-]
Fonetyczne zrównoważone oceny wyrazowe PB	94 [%] (256 wyrazowe) lub 77 [%] (1000 wyrazowe)
Zmodyfikowany test rymów MRT	94%
Strata wyrazistości spółgłosek $\%Al_{cons}$	12%

Table 1. Required speech intelligibility values [5]

Measurement method	Required values (0,7 CIS)
Speech transmission index STI	0,5 [-]
Speech transmission index for public address STIPA	0,5 [-]
Speech intelligibility index SII	0,5 [-]
Phonetically balanced words scores PB	94 [%] (256 words) or 77 [%] (1000 words)
Modified rhyme test MRT	94%
Articulation loss of consonants $\%Al_{cons}$	12%

Metody obiektywne należy zastosować, gdy [9]:
- czas pogłosu w ocenianym pomieszczeniu przekracza 1,5 s w zakresie częstotliwości od 500 Hz do 2kHz,
- poziom tła przekracza 75 dB,
- odległość odbiorcy (słuchacza) od najbliższego głośnika przekracza 10 m.

Metody subiektywne stosujemy w przypadku, gdy powyższe warunki nie zachodzą i zostało to uzgodnione przez wszystkie zainteresowane strony (projektanta, instalatora, inwestora). Podczas pomiarów metodami subiektywnymi w testach powinny brać udział osoby o normalnym progu słyszenia. Przekazywane wiadomości lub tekst powinny być nieznane słuchaczom i przekazywane przez tzw. „mikrofon strażaka", który jest elementem zainstalowanego DSO.

Metody subiektywne nie zostały szerzej opisane w niniejszym artykule, ponieważ w Polsce są praktycznie niewykorzystywane. Nie wynika to z nieznajomości tych metod, ale dzieje się tak dlatego, że metody te są kosztowne i trudno je przeprowadzić, wymagają dużej liczby wyszkolonych nadawców i odbiorców, a także użycia odpowiedniej liczby słów, aby uzyskać rzeczywiste i prawidłowe wyniki, które nie zawsze są powtarzalne. Należy jednak pamiętać, że często mogą one być lepsze, ponieważ podczas pomiarów można „na żywo" zweryfikować jakość całej instalacji DSO, jak również akustyki pomieszczeń.

3.1. Wskaźnik transmisji mowy (*Speech Transmission Index STI*)

Jest to najczęściej stosowana metoda pomiaru zrozumiałości mowy. Sposób wykonania pomiarów opisany został w normie PN-EN 60268-16:2011 [11]. STI jest obiektywną miarą, która umożliwia określenie zrozumiałości mowy przekazywanej przez nadawcę do odbiorcy przez kanał transmisyjny. Początki tej metody sięgają lat 70. ubiegłego wieku. Powstała ona w laboratorium TNO w Holandii. Głównym celem jej opracowania było ilościowe określenie stopnia pogarszania się zrozumiałości komunikatu przekazywanego przez system audio. Metoda pomiaru miała być z założenia szybka i obiektywna.

W metodzie STI wykorzystywany jest specjalny sygnał, który zastępuje mowę. Sygnał testowy, tak jak mowa, obejmuje dwa widma: słyszalne i modulacyjne. Widmo słyszalne modelowane jest przy użyciu sygnału szumu, które składa się z 7 pasm oktawowych o częstotliwościach środkowych w zakresie od 125 Hz do 8 kHz. Następnie pojedyncze zakresy oktawowe mogą być modulowane 14 częstotliwościami w odstępach jedna trzecia oktawy w zakresie od 0,63 Hz do 12,5 HZ. Z tego powodu należy wykonać 98 pomiarów, które stanowią kombinację widma słyszalnego i modulacyjnego.

Pomiar zniekształceń sygnału w kanale transmisji ustala stopień, w jakim odbierany sygnał jest zniekształcony w kanale transmisji. STI jest obliczany z wyników pomiarów funkcji przenoszenia modulacji (*Modulation Transfer Function* MTF).

Jakość przekazywanego sygnału określana jest wartością w skali od 0 do 1, która odpowiada ilości zachowanej modulacji we wszystkich kombinacjach zakresów oktawowych widma słyszalnego i częstotliwości modulacji widma modulacyjnego. STI równe 0 oznacza zerową zrozumiałość mowy. To znaczy, że odbierany sygnał jest całkowicie zniekształcony (np. przez szumy, pogłos). STI równe 1 oznacza 100-procentową zrozumiałość mowy, modulacja odbieranego sygnału została zachowana. Pomiar STI trwa około 15 minut (średnio 10 sekund na sygnał testowy).

Ze wszystkich metod pomiarów zrozumiałości mowy, STI ma tę zaletę, że prawidłowo uwzględnia wszystkie czynniki na drodze transmisji nadawca – odbiorca, które wpływają na zrozumiałość oraz jest relatywnie prosta do przeprowadzenia. Jednak ważne jest, aby uświadomić sobie, że metoda ta zawiera pewne uproszczenia przetwarzania mowy ludzkiej.

Z uwagi na czasochłonność i koszty, pełna wersja STI zazwyczaj stosowana jest do badań rozwojowych. W związku z tym opracowano kilka pochodnych metod, które bazują na metodzie STI. Jednym z przykładów jest pomieszczeniowy akustyczny wskaźnik transmisji mowy (*Room Acoustic Speech Transmission Index* RASTI), który norma z 2001 roku [3] dopuszcza do stosowania. Pozostałe dokumenty nie uwzględniają tej metody z uwagi na to, że metoda ta jest niedokładna i daje niemiarodajne wyniki. Dzieje się tak dlatego, że sygnał testowy RASTI składa się z tylko jednego sygnału testowego ustalonego z góry zestawu dziewięciu częstotliwości modulacji, które są generowane równocześnie, 5 dla 2000 Hz, a 4 cztery dla 500 Hz.

3.2. Wskaźnik transmisji mowy dla systemów nagłośnieniowych (*Speech Transmission Index for Public Address Systems STIPA*)

Metoda STI rzadko jest wykonywana w pełnej wersji. Częściej wykonuje się pomiary STIPA z uwagi na krótszy czas pomiaru przy jednocześnie dobrej jakości wyników. Metoda opisana jest w PN-EN 60268-16:2011 [11]. Sygnał testowy pomija niewspółzależne modulacje wymagane do właściwej interpretacji zniekształceń nieliniowych. To umożliwia modulowanie i równoległą obróbkę jednocześnie wszystkich pasm częstotliwości. STIPA wymaga pomiarów mniejszej liczby wskaźników modulacji. STIPA składa się z sygnału testowego z predefiniowanego zestawu dwóch częstotliwości modulujących dla 7 pasm oktawowych o częstotliwościach środkowych w zakresie od 125 Hz do 8 kHz, które są generowane jednocześnie dając łącznie 14 wskaźników modulacji (tabela 2). Jeden pomiar trwa od 10 do 20 sekund. Sygnał STIPA oparty jest na męskim widmie mowy, ponieważ tylko taki został dotychczas zwalidowany.

Tabela 2. Częstotliwości modulujące dla metody STIPA [11]

Pasmo oktawowe [Hz]	**125**	**250**	**500**	**1000**	**2000**	**4000**	**8000**
Pierwsza częstotliwość modulująca [Hz]	1,60	1,00	0,63	2,00	1,25	0,80	2,50
Druga częstotliwość modulująca [Hz]	8,00	5,00	3,15	10,0	6,25	4,00	12,5

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.14

Table 2. Modulation frequencies for the STIPA method [11]

Octave band [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	8000
First modulation frequency [Hz]	1,60	1,00	0,63	2,00	1,25	0,80	2,50
Second modulation frequency [Hz]	8,00	5,00	3,15	10,0	6,25	4,00	12,5

3.3. Wskaźnik zrozumiałości mowy (*Speech Inteligibility Index SII*)

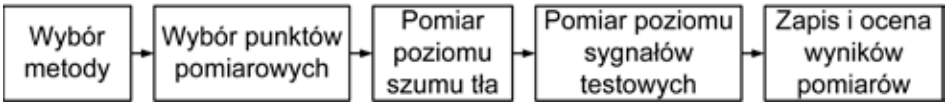
Metoda ta stanowi aktualizację metody pomiaru wskaźnika wyrazistości (*Articulation Index AI*). Sposób przeprowadzenia pomiarów został opisany w standardzie ANSI (S3.5-1997) [12].

Metoda AI została opracowana dla sytuacji, w których dominujący wpływ na zrozumiałość mają poziomy sygnału i szumów tła. Nie bierze ona jednak pod uwagę akustyki pomieszczeń (echa i pogłosu) oraz zniekształceń nieliniowych (np. z przesterowanego wzmacniacza). Z tych powodów nie była najlepszym wyborem do ogólnych celów dźwiękowych systemów ostrzegawczych, ponieważ pogłosy, echa i zniekształcenia są czynnikami, które bardzo często występują w takim otoczeniu [10].

SII uwzględnia już akustykę pomieszczeń (echo, pogłos). Wskaźnik SII nie jest mierzony bezpośrednio, a jest obliczany z pomiarów poziomu komunikatu i hałasu. Jest całkowicie oparty na stosunkach sygnału do szumu w poszczególnych pasmach częstotliwości, a każdy z parametrów przyczyniający się do utraty zrozumiałości przeliczany jest do równoważnego poziomu hałasu. Przewidziano cztery procedury obliczeniowe, które odpowiadają czterem rodzajom pasma: pasmo krytyczne[4] – 21 pasm, pasma 1/3 oktawowe – 18 pasm, pasma krytyczne – 17 pasm lub pasma oktawowe – 6 pasm. Podobnie jak STI, wskaźnik SII określany jest wartością od 0 do 1. Wartość 0,5 oznacza, że połowa treści komunikatu dociera do słuchacza. Przeprowadzone badania [14] potwierdzają, że podczas wykonywania pomiarów zrozumiałości mowy dla obu tych wskaźników otrzyma się zbliżone wartości w zakresie od 0 do 1. Jednak metoda SII wydaje się być znacznie bardziej wrażliwa niż metoda STI na wpływ odpowiedzi częstotliwościowej elementów systemu i jest polecana do pomiarów w obiektach, które są przeznaczone dla osób niedosłyszących.

4. Etapy pomiaru zrozumiałości mowy

Procedura pomiarowa zrozumiałości komunikatów rozgłaszanych przez DSO jest różna, w zależności od tego, która metoda pomiaru została wybrana. Istnieje jednak kilka podobieństw i ogólna procedura pomiaru zrozumiałości mowy została przedstawiona na ryc. 4.



Ryc. 4. Etapy pomiaru zrozumiałości komunikatów DSO
Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5], [6–7].

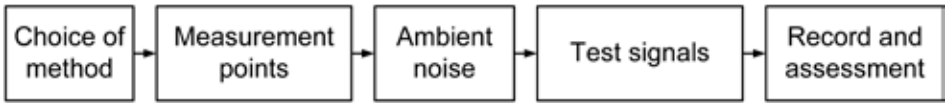


Fig. 4. The steps for measuring the intelligibility of the VAS messages
Source: Own elaboration based on [5], [6–7].

4.1. Wybór metody

Pierwszy etap to oczywiście wybór metody. Metoda powinna być dobierana do obiektu, wymań zawartych w projekcie i zasobów finansowych. Należy również uwzględnić ograniczenia poszczególnych metod do wykorzystania w różnych warunkach.

4.2. Wybór punktów pomiarowych

Punkty, w których należy wykonać pomiar, dobiera się z uwzględnieniem poniższych zasad [5], [6–7], które stanowią uszczegółowienie ogólnych zasad podanych w normie PN-EN 60849 [3]:

- punkty pomiarowe powinny być równo rozmieszczone w całym obszarze pomiarowym,
- odległość między sąsiednimi punktami pomiarowymi powinna odzwierciedlać równomierność pokrycia dźwięku (zazwyczaj nie powinna przekraczać 12 m),
- nie więcej niż 1/3 punktów powinna być zlokalizowana na osi głośników,
- wysokość punktów pomiarowych powinna wynosić 1,2 m ponad podłogą właściwą (wykończoną) dla pozycji siedzącej i 1,6 m ponad podłogą właściwą (wykończoną) dla pozycji stojącej,
- liczba punktów powinna być zgodna z ilością podaną w tabeli 3.

[4] Pasmo krytyczne można rozumieć jako filtr słuchowy, który posiada taką szerokość pasma częstotliwości, że po jej przekroczeniu pewne cechy percepcyjne dźwięku ulegają wyraźnej zmianie, ponieważ składowe spektralne dźwięku wpadające w różne pasma krytyczne, czyli oddalone od siebie o więcej niż szerokość pojedynczego pasma, są przetwarzane przez system słuchowy oddzielnie [13].

Tabela 3. Liczba punktów pomiarowych w zależności od powierzchni pomieszczenia [5], [6–7]

Powierzchnia [m^2]	Minimalna liczba punktów pomiarowych
poniżej 25	1
25 do mniej niż 100	3
100 do mniej niż 500	6
500 do mniej niż 1500	10
1500 do mniej niż 2500	15
powyżej 2500	15 na 2500 m^2

Źródło: ISO 7240-19:2007 [5], prEN 50849 [6], prCEN/TS 54-32 [7].

Table 3. Minimum number of measurement points [5], [6–7]

Area [m^2]	Minimum number of measurement points
Less than 25	1
25 to less than 100	3
100 to less than 500	6
500 to less than 1500	10
1500 to less than 2500	15
Greater than 2500	15 per 2500 m^2

4.3. Pomiar poziomu szumu tła

Ponieważ poziom szumu tła jest rzadko stały (z uwagi na poziom zajęcia budynku przez użytkowników, uruchomione urządzenia w różnym czasie), pomiar powinien być wykonany w punktach reprezentatywnych przez dostateczny czas odpowiedni dla szumów tła. Widmo poziomu hałasu otoczenia musi być określone we wszystkich pasmach oktawowych od 125 Hz do 8 000 Hz.

Zrozumiałość powinna być oceniana w najgorszych możliwych do wystąpienia warunkach, uwzględniając poziom hałasu generowany przez urządzenia pracujące w czasie pożaru, np. wentylatory oddymiające. Stosunek sygnału do szumu powinien wynosić minimum 10 dB, by komunikat był zrozumiały. Należy pamiętać, że aby poziom SPL wzrósł o 3 dB, należy podwoić moc wzmacniaczy i ewentualnie zwiększyć liczbę głośników. W związku z tym ważne jest, aby poziom szumu tła jak najbardziej odpowiadał rzeczywistemu [9].

4.4. Pomiar poziomu sygnałów testowych

Podczas wykonywania pomiarów poziomu sygnałów testowych należy uwzględnić poniższe warunki:

- Gdy użyty jest mikrofon strażaka (a w Polsce stosowanie mikrofonu strażaka jest obowiązkowe), należy zastosować sygnał testowy, którego widmo częstotliwości i współczynnik amplitudy odpowiadają sygnałowi symulującemu mowę człowieka o takim samym poziomie głośności. Jeśli z praktycznego punktu widzenia nie jest zasadne stosowanie sygnału testowego do mikrofonu strażaka, istnieje możliwość stosowania bezpośredniego podawania sygnału testowego do systemu, pod warunkiem, że poziom ciśnienia akustycznego sygnału testowego jest równy poziomowi ciśnienia akustycznego normalnego komunikatu przekazywanego z mikrofonu, a mikrofon został wcześniej obiektywnie sprawdzony. Obiektywnym stwierdzeniem może być np. badanie odpowiedzi częstotliwościowej zgodnie z normą [15].
- Należy dostosować sygnał testowy tak, aby poziom ciśnienia akustycznego sygnału testowego (przy zastosowaniu krzywej korekcyjnej A) był wyższy o 3 dB od ciśnienia akustycznego zmierzonego przez co najmniej 40 sekund (lub mniej jeśli komunikat alarmowy trwa krócej), gdy DSO nadaje komunikat głosowy.

4.5. Zapis i ocena wyników pomiarów

W raporcie z pomiarów należy uwzględnić:

- metodę pomiarów,
- lokalizacje punktów pomiarowych,
- poziom szumu tła, wyrażony w dB, w zakresie częstotliwości od 125 Hz do 8 kHz dla każdego punktu pomiarowego, wraz z czasem pomiaru,
- każde nadzwyczajne warunki, które mogą wpływać na prawidłowość pomiarów,
- zrozumiałość mowy w każdym punkcie pomiarowym,
- średnią arytmetyczną wszystkich wyników zrozumiałości mowy.

5. Podsumowanie

Dźwiękowe systemy ostrzegawcze instalowane w obiektach budowlanych muszą umożliwiać niezwłoczne przekazanie komunikatu alarmowego w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowej. Podczas projektowania systemu istotny jest dobór odpowiednich urządzeń, które zostały przebadane w akredytowanym laboratorium badawczym i posiadają certyfikaty stałości właściwości użytkowych i świadectwa dopuszczenia [16–17]. Równie ważne jest uwzględnienie akustyki pomieszczeń oraz przeznaczenia obiektu. Połączenie i uwzględnienie powyższych zaleceń umożliwi przekazanie komunikatu alarmowego, który będzie zrozumiały dla użytkowników obiektu i przyspieszy proces ewakuacji. Wyniki analizy literatury przedmiotu oraz dokumentów normatywnych opisujących proces projektowania i instalowania dźwiękowych systemów ostrzegawczych pokazują, że dźwiękowe systemy ostrzegawcze wymagają szczególnej uwagi, a proces

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.14

ich projektowania należy rozpocząć już podczas projektowania samego obiektu budowlanego. Przedstawiony w artykule opis etapów pomiaru zrozumiałości mowy i sposób oceny wyników pomiarów stanowi pewnego rodzaju wytyczne, jak taki pomiar wykonać. Należy jednak pamiętać, że przedstawiony sposób postępowania może się różnić w zależności od dobranej metody pomiaru, jak również specyfiki obiektu.

6. Wnioski

Przeprowadzona analiza literatury przedmiotu oraz dokumentów normatywnych pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

- Na właściwą zrozumiałość mowy wpływ mają elementy składowe systemu (wzmacniacze, głośniki) oraz akustyka pomieszczeń (czas pogłosu, hałas).
- Najpopularniejszą metodą pomiaru zrozumiałości mowy jest pomiar wskaźnika transmisji mowy STI lub jego uproszczona wersja dla systemów rozgłoszeniowych STIPA. Dzieje się tak, ponieważ STI prawidłowo uwzględnia wszystkie czynniki na drodze transmisji nadawca – odbiorca, wpływające na zrozumiałość oraz jest relatywnie prosta i tania do przeprowadzenia. Niestety często wykorzystuje się również inną uproszczoną wersję, czyli metodę RASTI, która jest przestarzała i nie jest zalecana do pomiarów zrozumiałości DSO.
- Konieczne jest ujednolicenie wymagań dotyczących projektowania i instalowania dźwiękowych systemów ostrzegawczych, w tym pomiarów zrozumiałości mowy. Obecnie w Polsce funkcjonują dokumenty normatywne wycofane ze stosowania w innych krajach europejskich.
- Należy rozważyć możliwość certyfikacji usług dla firm zajmujących się pomiarami zrozumiałości mowy DSO, ponieważ obecnie brakuje jakichkolwiek wymagań w tym zakresie. Pomiary może wykonać firma bez żadnego doświadczenia oraz nieposiadająca odpowiednich przyrządów pomiarowych, które są wzorcowane w akredytowanych laboratoriach wzorcujących.

Wykaz skrótów

% Alcons (ang.: *articulation loss of consonants*) – strata wyrazistości spółgłosek
AI (ang. *articulation Index*) – wskaźnik wyrazistości
CIS (ang. *common intelligibility scale*) – wspólna skala zrozumiałości mowy
DSO – dźwiękowy system ostrzegawczy
MRT (ang. *modified rhyme test*) – zmodyfikowany test rymów
MTF (ang. *Modulation Transfer Function*) – funkcji przenoszenia modulacji
PB (ang. *phonetically balanced words scores*) – fonetyczne zrównoważone oceny wyrazowe
RASTI (ang. *Room Acoustic Speech Transmission Index*) – pomieszczeniowy akustyczny wskaźnik transmisji mowy
SII (ang. *Speech intelligibility index*) – wskaźnik zrozumiałości mowy
STI (ang. *Speech transmission index*) – wskaźnik transmisji mowy
STIPA (ang. *Speech transmission index for public address*) – wskaźnik transmisji mowy

Literatura

[1] Rozporządzenie MSWiA z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. 2010 Nr 109, poz. 719).

[2] Cudowski A., *Wybrane zagadnienia dotyczące konstrukcji i badań dźwiękowych systemów ostrzegawczych*, BiTP Vol. 5 Issue 1, 2007, pp. 73–89.

[3] PN-EN 60849:2001 Dźwiękowe systemy ostrzegawcze.

[4] ISO 7240-16:2007 Fire detection and alarm systems – Part 16: Sound system control and indicating equipment.

[5] ISO 7240-19:2007 Fire detection and alarm systems – Part 19: Design, installation, commissioning and service of sound systems for emergency purposes.

[6] prEN 50849 Sound systems for emergency purposes.

[7] PD CEN/TS 54-32:2015 Fire detection and fire alarm systems – Part 32: Planning, design, installation, commissioning, use and maintenance of voice alarm systems.

[8] DIN VDE 0833-4:2014 Alarm systems for fire, intrusion and hold-up – Part 4: Requirements for voice alarm systems in case of fire.

[9] BS 5839-8:2013 Fire detection and fire alarm systems for buildings. Code of practice for the design, installation, commissioning and maintenance of voice alarm systems.

[10] Kenneth J., *Understanding Speech Intelligibility and the Fire Alarm Code*, National Fire Protection Association Congress Anaheim, May 14, 2001.

[11] PN-EN 60268-16:2011 Urządzenia systemów elektroakustycznych – Część 16: Obiektywna ocena zrozumiałości mowy za pomocą wskaźnika transmisji mowy.

[12] ANSI S3.5-1997 Methods for Calculation of the Speech Intelligibility Index.

[13] Pluta M., *Badanie interakcji słuchacza ze sprzętowo – programowym systemem symulowania błędów intonacyjnych* (rozprawa doktorska), Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków 2008.

[14] Leembruggen G., *Is SII better than STI at recognising the effects of poor tonal balance on intelligibility?*, Proc IOA Vol. 28 Part 6 2006.

[15] PN-EN 54-16:2011 Systemy sygnalizacji pożarowej – Część 16: Centrale dźwiękowych systemów ostrzegawczych.

[16] Zboina J., Śliwiński R., Zaciera K., Wawerek M., *Głośniki do dźwiękowych systemów ostrzegawczych*, Standardy CNBOP-PIB, CNBOP-PIB-0021:2013, Józefów 2013.

[17] Zboina J., Śliwiński R., Zaciera K., Pietrzak M., *Centrale dźwiękowych systemów ostrzegawczych*, Standardy CNBOP-PIB, CNBOP-PIB-0023:2014, Józefów 2014.

* * *

mgr inż. Urszula Garlińska – absolwentka Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego i Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie oraz studiów podyplomowych na Politechnice Warszawskiej i Wyższej Szkoły Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie. Od 2013 roku pracownik Zespołu Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej CNBOP-PIB.

mgr inż. Paweł Michalak – absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Warszawskiej oraz Podyplomowych Studiów Zarządzania Projektami Szkoły Głównej Handlowej w Warszawie. Od 2013 roku pracownik Zespołu Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej CNBOP-PIB.

ppor. mgr Stanisław Pawłowski – absolwent Wyższej Szkoły Oficerskiej Wojsk Lądowych we Wrocławiu. Pracuje jako instruktor CLS w Wojskowym Centrum Kształcenia Medycznego w Łodzi.

mgr inż. Tomasz Popielarczyk – absolwent Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Od początku swojej pracy zawodowej związany z Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej, jako pracownik Zespołu Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej. Od 2013 r. pełni funkcję zastępcy kierownika Zespołu Laboratoriów. Zajmuje się badaniami kwalifikacyjnymi, w tym badaniami funkcjonalnymi, środowiskowymi oraz kompatybilności elektromagnetycznej, na potrzeby certyfikacji urządzeń systemów sygnalizacji pożarowej, głownie central i głośników do dźwiękowych systemów ostrzegawczych oraz systemów zasilania. Ponadto jako auditor wiodący lub techniczny dokonuje ocen zakładowej kontroli produkcji badanych wyrobów. Jest autorem publikacji na tematy związane z ochroną przeciwpożarową budynków i obiektów budowlanych.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB Please cite as: BiTP Vol. 39 Issue 3, 2015, pp. 173–183

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.15

dr n. med. **Arkadiusz Trzos**[1]
mgr **Katarzyna Długosz**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 24.02.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 01.06.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.09.2015;

Wpływ wybranych elementów czasu reakcji systemu ratownictwa medycznego na efektywność udzielania pomocy ofierze wypadku komunikacyjnego[2]

Influence of Selected Elements Affecting Response Time for the Emergency Medical System and the Effectiveness of Administering Aid to Victims of Road Traffic Accidents

Влияние отдельных элементов времени реакции системы неотложной медицинской помощи на эффективность предоставления помощи жертвам ДТП

ABSTRAKT

Cel: Celem pracy jest przedstawienie zależności pomiędzy wybranymi elementami wpływającymi na czas reakcji systemu ratowniczego a możliwością udzielania pomocy poszkodowanym w wypadkach komunikacyjnych.
Wprowadzenie: Wypadki komunikacyjne są jedną z najczęstszych przyczyn zgonów w krajach wysokorozwiniętych. Trwająca od lat restrukturyzacja systemu ratownictwa w Polsce ma na celu poprawienie efektywności służb ratowniczych. Ciągłej modyfikacji podlegają elementy, które wpływają na czas reakcji sytemu ratowniczego. Jednak zależność pomiędzy czasem reakcji systemu ratowniczego a efektywnością działań ratowniczych nie jest jedynym czynnikiem, który wpływa na przeżywalność ofiar wypadków. Szereg czynników, determinujących przebieg zdarzenia, wpływa choćby na zakres możliwej do udzielenia pomocy medycznej. Pozycjonowanie sił i środków, transmisja danych on-line, zaangażowanie wolontariuszy, teletransmisja danych o stanie pacjenta w trakcie transportu do szpitala zmieniają możliwości reagowania systemu ratowniczego. Integracja Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego (KSRG) z systemem Państwowe Ratownictwo Medyczne (PRM) w Polsce wpływa na wzrost skuteczności reagowania systemu ratowniczego w pierwszych minutach od zdarzenia, zaś potencjał niezrzeszonych wolontariuszy i organizacji ochotniczych (np. Ochotnicza Straż Pożarna, OSP) jeszcze bardziej zwiększa możliwości systemu ratownictwa medycznego, dzięki skróceniu czasu reakcji i udzieleniu pomocy poszkodowanym w możliwie najkrótszym czasie.
Metodologia: Na potrzeby pracy opisano czynniki, biorące udział w określaniu efektywności pracy sił systemu ratownictwa medycznego. Wzięto pod uwagę: czas reakcji systemu ratownictwa medycznego (także pierwszej pomocy i kwalifikowanego ratownictwa), zakres udzielonej pomocy, zdolności diagnostyczne w rozpoznawaniu obrażeń doznanych w wyniku wypadku (szczególnie rozpoznawanie i leczenie zatrzymania krążenia). Sprawdzano wpływ tych czynników na efektywność udzielania pomocy ofiarom wypadków komunikacyjnych.
Wnioski: Integracja systemów PRM i KSRG, wsparcie ze strony świadków zdarzenia i ratowników wolontariuszy, a także wykorzystanie nowoczesnych rozwiązań teleinformatycznych wpływa na wzrost efektywności udzielania pomocy ofiarom wypadków komunikacyjnych poprzez skrócenie czasu reakcji systemu ratowniczego.

Słowa kluczowe: wypadki komunikacyjne, „złota godzina", „trimodalny rozkład zgonów" Trunkey'a, czas reakcji, ratownictwo medyczne
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

ABSTRACT

Aim: The purpose of this study is to reveal the relationship between selected elements, which influence the response time of the rescue system, and the possibility of administering aid to the injured in traffic accidents.
Introduction: Traffic accidents are one of the leading causes of death in developed countries. Many years of restructuring the rescue system in Poland was aimed at increasing the effectiveness of emergency rescue services. Elements exposed to constant modification

[1] Uniwersytet Jagielloński – Collegium Medicum, Kraków / Jagiellonian University – Medical College, Cracow, Poland; arkadiusztrzos@gmail.com;

[2] Wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage contribution: A. Trzos – 70%, K. Długosz – 30%;

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.15

are ones which impact on the response time of the rescue system. However, the relationship between the response time of the rescue system, functioning in Poland in its present form, and the effectiveness of rescue operations is not the only factor, which impacts on the survival of accident victims. There are a number of other factors, which determine the course of events, as well as the extent of possible provision of medical assistance. Positioning of resources - human and equipment, "on-line" data transmission, commitment of volunteer personnel, monitoring and data transmission about the patients' condition during transportation to hospital are factors, which impact on the response capabilities of the emergency rescue system. Integration of the National Firefighting and Rescue System (NFRS) with Emergency Medical Services (EMS) in Poland, contributes to the effectiveness of the rescue system response during the first few minutes after an incident. Additional possibilities offered by volunteer organisations, such as Fire Service volunteers, will enhance further the capabilities of the medical rescue system, culminating in quicker reaction and provision of aid in possibly the shortest period of time.
Methodology: Factors, which influence the effectiveness of the medical emergency system were analysed for the purpose of this research. The study took into account: reaction time of the emergency medical system (first aid and rescue by qualified personnel), scope of administered medical assistance, ability to diagnose injuries sustained in an accident (especially, diagnosis and treatment of a cardiac arrest). Research included a check on the influence of these factors, on the effectiveness of administering aid to victims of traffic accidents.
Conclusions: Integration of Emergency Medical Services (EMS) and National Firefighting and Rescue System (NFRS), support from incident witnesses rescue volunteers, and the use of modern ICT solutions, improves effectiveness of aid to victims of road accidents by reducing the rescue system response time.

Keywords: road accidents, "golden hour", Turnkey's "Trimodal distribution of mortality", reaction time, medical rescue services
Type of article: review article

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью исследования является представление зависимости между отдельными элементами, влияющими на время реакции системы спасения и возможностью предоставления помощи потерпевшим в ДТП.
Введение: ДТП являются наиболее распространенной причиной смерти в высокоразвитых странах. На протяжении многих лет продолжающаяся реструктуризация системы спасения в Польше направлена на повышение эффективности работы спасательных служб. Элементами, подвергающимися постоянной модификации, являются те, которые влияют на время реакции системы спасения. Однако, зависимость между временем реакции системы и эффективностью спасательных действий не является единственным фактором, который влияет на выживание пострадавших в ДТП. Ряд факторов, определяющих ход происшествий, влияет даже на диапазон оказания возможной медицинской помощи. Распределение сил и средств, передача данных онлайн, помощь волонтёров, теле-трансмиссия данных относительно состояния пациента во время его транспортировки в больницу – изменяют возможности реакции системы спасения. Интеграция Национальной Спасательно-Гасящей Системы (KSRG) с системой Государственной Службы Скорой Медицинской Помощи (PRM) в Польше, влияет повышение эффективности реакции системы спасения в течение первых минут после возникновения происшествия, а потенциал в виде независимых волонтёров и добровольных организаций (например Добровольной Пожарной Службы, OSP) ещё более расширяет возможности системы медицинской помощи, за счёт сокращения времени реакции и предоставления помощи пострадавшим как можно скорее.
Методология: В исследовании описываются факторы, которые нужны для определения эффективности работы и службы медицинской помощи. Были приняты во внимание: время реакции системы медпомощи (в том числе оказания неотложной помощи и профессионального спасения), объем предоставленной помощи, потенциал при диагностике травм, полученных вследствие аварии (особенно диагностика и лечение проблем с остановкой кровообращения). Было проверено влияние этих факторов на эффективность предоставляемой помощи пострадавшим в ДТП.
Выводы: Интеграция систем PRM и KSRG, поддержка со стороны очевидцев происшествия и спасателей волонтеров (медиков), а также использование современных теле-информационных решений влияет на повышение эффективности предоставляемой помощи пострадавшим в ДТП благодаря сокращению времени реакции системы спасения.

Ключевые слова: ДТП, „золотой час", „три-модульное распределение смерти (Turnkey)", время реакции, служба скорой медицинской помощи
Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Jedną z konsekwencji rozwoju cywilizacyjnego, która coraz częściej zwraca uwagę badaczy, jest ciągły wzrost liczby śmiertelnych ofiar wypadków komunikacyjnych oraz osób rannych i kontuzjowanych w ich wyniku. Każdego roku ponad 5 mln ludzi na świecie umiera z powodu doznanych urazów. Już ponad dziesięć lat temu, w roku 2002, obrażenia u ofiar wypadków komunikacyjnych, obrażenia spowodowane samookaleczeniem, przemocą interpersonalną, oparzeniami i tonięciem stanowiły główną przyczynę zgonów pomiędzy 5 a 44 rokiem życia. Dodatkowo co roku miliony ofiar tego typu zdarzeń zostają wykluczone z normalnego życia z powodu powstałej niepełnosprawności. W przypadku braku opracowania i wdrażania nowych, bardziej skutecznych rozwiązań w systemie udzielania pomocy ofiarom wypadków, spodziewać się można dalszego wzrostu współczynnika śmiertelności w tej grupie osób. Niesprawnie zorganizowany system leczenia i rehabilitacji ofiar urazów wpływać będzie także na wzrost liczby osób niepełnosprawnych.

Wypadki niosą za sobą poważne skutki zarówno dla samej ofiary, jej rodziny, jak i całej społeczności, w której żyje osoba po wypadku. Niepełnosprawność nabyta w wyniku wypadków szczególnie negatywnie wpływa na funkcjonowanie rodziny poszkodowanego. W wielu

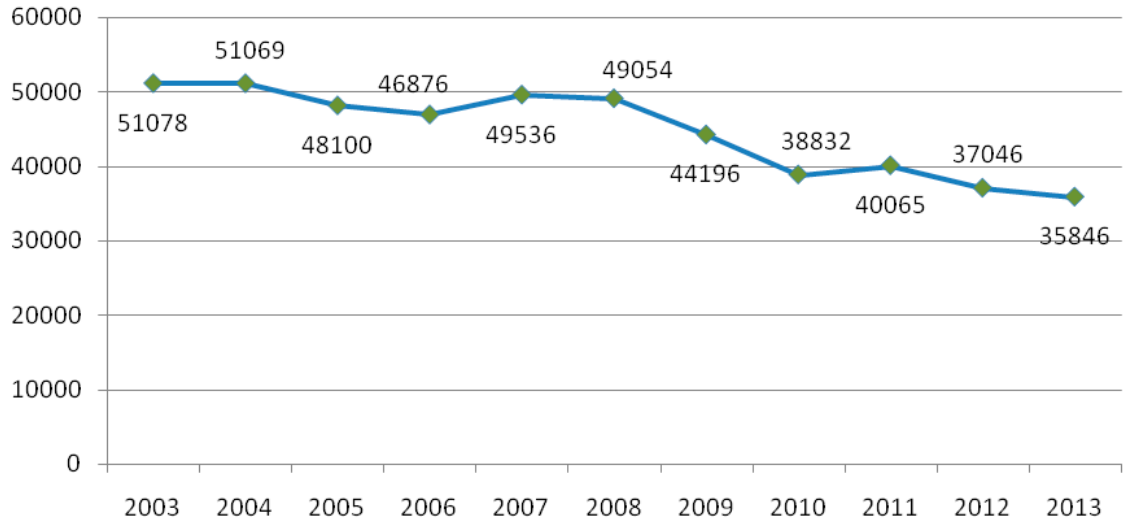
przypadkach konieczność opieki nad osobą, która uległa wypadkowi, ogranicza możliwość wykonywania pracy przez członków jej rodziny w pełnym wymiarze godzin, a tym samym pozyskiwanie wystarczających środków do życia. W innych przypadkach zapewnienie opieki dla osoby niepełnosprawnej stanowi przyczynę obciążenia budżetu rodzinnego. Musi minąć wiele dni, miesięcy, a często nawet lat, by zarówno rodzina, jak i sama osoba niepełnosprawna dostosowała się do życia po wypadku, zaakceptowała nową, trudną dla wszystkich sytuację. Nie do pominięcia jest także fakt, iż wysoki koszt leczenia skutków urazów i rehabilitacji pacjenta są czynnikami, które wpływają na kondycję ekonomiczną całego kraju. Ogromna liczba ofiar wypadków komunikacyjnych wpływa więc na kształt i funkcjonowanie gospodarki państwa, głównie przez straty w obrębie zasobów ludzkich kraju.

Wypadki komunikacyjne skutkujące obrażeniami ciała bądź śmiercią ofiar, na których skupiono się w niniejszym opracowaniu, nie są zjawiskiem przypadkowym, którego nie można przewidzieć. Otóż wiele przyczyn wypadków można zidentyfikować, co umożliwia wdrożenie działań, mających na celu ich uniknięcie, bądź choćby ograniczenie ich liczby i skutków. W przeciągu ostatnich kilku dekad wykazano, że wielu wypadkom, tym samym związanym z nimi urazom, można zapobiec, wdrażając odpowiednie rozwiązania profilaktyczne. Przykładem takich prostych działań może być nakaz stosowania kasków ochronnych przez motocyklistów i rowerzystów, obowiązek zapinania pasów bezpieczeństwa w samochodach, ograniczenia prędkości lub używanie fotelików do przewożenia dzieci.

W niniejszym artykule zwrócono uwagę na elementy, które wpływają na czas reagowania służb ratowniczych na powstałe już zdarzenie. Opisano czynniki wpływające na przeżywalność ofiar wypadków, których potencjalna zdolność do przeżycia otwiera drogę do prowadzenia przez służby ratownicze efektywnych działań.

2. Wypadki komunikacyjne w Polsce[3]

Wskaźniki urazowości wśród hospitalizowanych pacjentów są wysokie zarówno w krajach wysoko rozwiniętych, jak i tych obecnie rozwijających się. W Polsce przyczyny urazów, to te charakterystyczne dla obu powyższych grup. Jak podaje L. Brongel, w Polsce rocznie ponad 3 miliony osób doznaje obrażeń ciała. Z tej liczby blisko 350 tys. osób jest hospitalizowanych. Co roku także, w wyniku doznanych urazów, umiera w Polsce ok. 30 tys. osób [1]. Kontynuując analizę dostępnych statystyk, zauważa się, iż wypadki komunikacyjne stanowią w Polsce jedną z głównych przyczyn zgonów osób w młodym wieku. Według danych Komendy Głównej Policji, w 2013 roku doszło do 35 847 wypadków drogowych. W wypadkach tych zginęło 3 357 osób, zaś 44 059 zostało rannych. Mimo, iż w ostatnich latach liczba wypadków komunikacyjnych, a tym samym także liczba ofiar śmiertelnych systematycznie spada, nadal utrzymuje się ona na wysokim poziomie. Liczbę wypadków komunikacyjnych w Polsce w latach 2003–2013 przedstawiono na rycinie 1.



Ryc. 1. Wypadki drogowe w Polsce w latach 2003–2013
Fig. 1. Road accidents in Poland in 2003–2013
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych statystycznych Komendy Głównej Policji (www. policja.pl/statystyki).
Source: Own elaboration based on the statistics from the Police (www. policja.pl/statystyki).

Ze statystyk dotyczących 2012 roku wynika, iż zdecydowana większość wypadków, bo 26 078 (72,7% ogólnej liczby wypadków) miała miejsce w obszarze zabudowanym. Zginęło w nich 1 581 osób, zaś 30 935 zostało rannych. Poza obszarem zabudowanym doszło do 9 769 wypadków (27,3% ogółu), zginęło w nich 1 776 osób, a obrażeń ciała doznało 13 124 uczestników ruchu. Spośród wszystkich rodzajów wypadków drogowych na pierwsze miejsce pod względem częstości występowania wysuwają się te, które zakwalifikować można do kategorii „zderzenie się pojazdów w ruchu". W 2013 roku odnotowano 18 184 takich wypadków, co

[3] Opracowane na podstawie danych statystycznych Komendy Głównej Policji (www. policja.pl/statystyki)

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.15

stanowiło 50,7% ogółu. W ich następstwie śmierć poniosło 1 321 osób (39,4% wszystkich ofiar wypadków), ranne zaś zostały 24 743 osoby (56,2% ogółu rannych w zdarzeniach komunikacyjnych). Kolejnym najczęściej występującym typem wypadku komunikacyjnego w Polsce w 2012 roku było „najechanie na pieszego". Takie zdarzenia stanowiły 25,8% ogólnej liczby wypadków (9 266 przypadków), w ich wyniku zginęło 1 130 osób (33,7% wszystkich ofiar wypadków), a 8 701 zostało rannych (19,7% ogółu). Z powyższych danych wynika, że Polska jest krajem, w którym wskaźnik śmiertelności w wypadkach drogowych jest jednym z najwyższych w Europie i wynosi 10,5. Dla porównania, w Niemczech i w Wielkiej Brytanii wynosi on 1,2. Zatem, w Polsce w wyniku doznanych obrażeń umiera prawie dziesięć razy więcej osób niż w krajach wysokorozwiniętych Europy Zachodniej.

Dopatrując się przyczyn wysokiej śmiertelności pacjentów wypadkowych w Polsce, można wymienić wiele czynników wpływających na taki stan rzeczy. Nie można w tym miejscu wykluczyć, iż jednym z nich jest działanie systemu ratownictwa medycznego w Polsce, który w niewystarczającym stopniu udziela pomocy osobom poszkodowanym w wypadkach. Bez przeprowadzenia szczegółowej analizy przyczyn zgonów nie można jednak dać jednoznacznej odpowiedzi o przyczynach tak dużej skali śmiertelności wśród ofiar wypadków. Mimo to niewątpliwie w każdym systemie ratowniczym są elementy, nad którymi warto pracować w celu podniesienia efektywności działań, do których został on powołany.

Każdy wypadek jest inny. To co nadaje specyfikę każdemu z nich, to przede wszystkim inne okoliczności zdarzenia, jego miejsce, przyczyny, liczba uczestników, czy też reakcja świadków. Mimo wymienionych czynników różnicujących, dopatrzyć się można także cech wspólnych dla wypadków komunikacyjnych, które jednocześnie pozwalają na dokonanie swego rodzaju kwalifikacji. Na ich podstawie, na potrzeby służb ratowniczych, wypadki podzielono na:

- wypadek jednostkowy – charakteryzujący się udziałem jednej ofiary, której przybyły na miejsce zdarzenia zespół ratowniczy udziela pomocy w sposób rutynowy, zgodnie z obowiązującymi w danym kraju standardami postępowania;
- wypadek mnogi – charakteryzujący się udziałem więcej niż jednej ofiary, którym przybyłe na miejsce zespoły ratownicze udzielają pomocy w sposób rutynowy, zgodnie z obowiązującymi standardami;
- wypadek masowy – charakteryzujący się udziałem więcej niż jednej ofiary. W przebiegu takiego zdarzenia, poszkodowanym, będącym w stanie zagrożenia życia, służby ratownicze nie są w stanie udzielić pomocy w sposób rutynowy. Stosują tym samym w swoim postępowaniu uproszczenia i dopuszczalne kompromisy medyczne;
- katastrofa – specyficzny rodzaj zdarzenia, którego rozmiary i liczba poszkodowanych oraz ciężkość ich obrażeń przekraczają możliwości i zakres działań rutynowo wykonywanych przez systemy ratownicze. Skutki i obrażenia poszkodowanych nie mogą być zabezpieczone przy wykorzystaniu rutynowo dostępnych sił i środków. W celu opanowania sytuacji konieczne jest więc uzyskanie pomocy z zewnątrz [2].

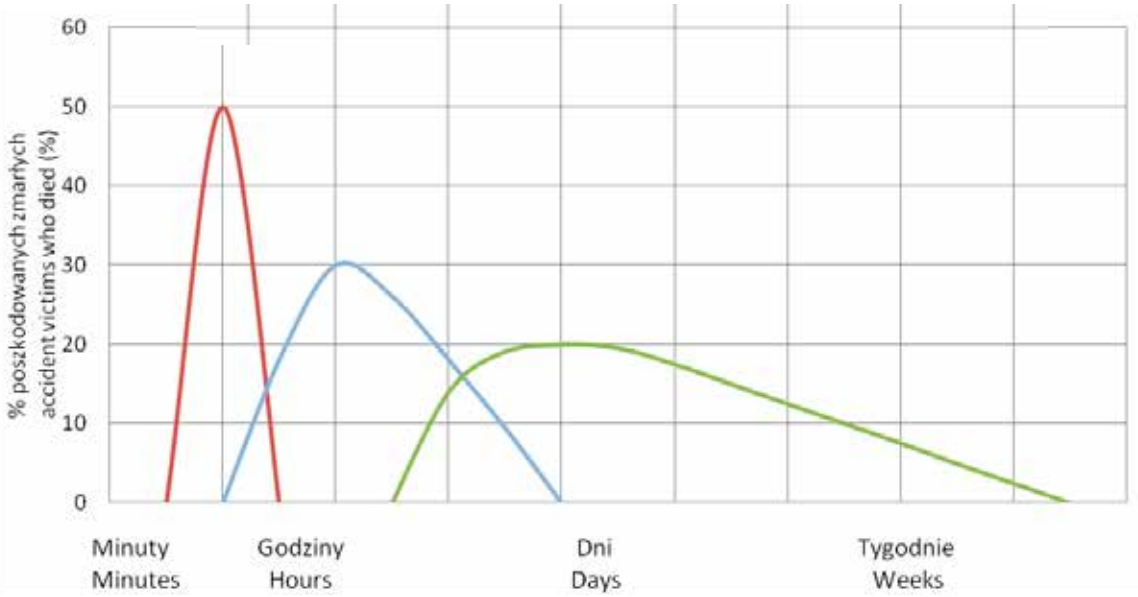
Możliwości służb w zakresie prowadzenia działań ratowniczych w poszczególnych typach zdarzeń są różne. Mimo przybycia zespołów poszczególnych służb na miejsce zdarzenia, dostęp do wszystkich poszkodowanych może być ograniczony i wynika on ze specyfiki danego zdarzenia. Zatem także czas rozpoczęcia medycznych czynności ratunkowych będzie warunkowany przez charakter zdarzenia i będzie on różny.

3. „Złota godzina" i „trimodalny rozkład zgonów" Trunkey'a jako koncepcje warunkujące kształt systemów ratownictwa medycznego na świecie

Niestety jak dotąd zasady tworzenia i funkcjonowania systemów ratownictwa medycznego poszczególnych krajów świata opierają się niejednokrotnie o kryteria, które nie mają związku z wynikami przeprowadzonych badań naukowych. Zwykle głównymi warunkami wyboru modelu organizacyjno-funkcjonalnego systemów ratownictwa są wyobraźnia, intuicja, doświadczenia innych krajów, czy choćby entuzjazm osób odpowiedzialnych za ich współorganizowanie [3]. Wiele z założeń, na podstawie których tworzono systemy ratownicze w przeszłości, jest obecnie kwestionowanych, co wynika głównie z troski o los pacjenta. Drugą przesłanką dla wprowadzania zmian w tym zakresie, w krajach takich jak Polska, jest presja kontroli kosztów w każdej dziedzinie ochrony zdrowia, chęć uniknięcia eskalacji wydatków na ratownictwo medyczne. Dotąd jednak zmiany wynikające z powyższych pobudek nie przynoszą spodziewanych efektów, a dodatkowo nie wpływają na ograniczanie śmiertelności wśród pacjentów urazowych.

Do tej pory na sposób organizacji systemu ratownictwa medycznego przedszpitalnego i szpitalnego wpłynęły w realny sposób dwie koncepcje. Pierwsza z nich dotyczy tzw. „złotej godziny" i podkreśla znaczenie wczesnej interwencji chirurgicznej u pacjentów, u których doszło do urazu. Pierwotnie owa teoria odnosiła się do ratownictwa przedszpitalnego, gdyż spora część czasu zawartego we wspomnianej „złotej godzinie" upływała przed momentem, w którym pacjent znalazł się w szpitalu [4]. W wielu zdarzeniach przyczyną takiego stanu rzeczy jest utrudniony dostęp do poszkodowanego. W myśl koncepcji „złotej godziny" konieczne jest minimalizowanie czasu, w którym pacjent pozostaje poza opieką specjalistyczną, co ma służyć zmniejszeniu wskaźnika śmiertelności wśród ofiar wypadków. Trzeba przy tym jednak pamiętać, iż na skalę ofiar śmiertelnych system ratownictwa medycznego może wpłynąć jedynie w przypadkach pacjentów, u których wdrożenie odpowiednich procedur medycznych jest w stanie zapobiec ich śmierci [5]. Druga z koncepcji to tzw. „trimodalny rozkład zgonów" wśród osób, które doznały urazu, opracowany przez D. Trunkey'a w 1983 roku [6]. Zasugerował on w swoich badaniach, że w zdarzeniach takich jak wypadki komunikacyjne, połowę ofiar śmiertelnych stanowią osoby, u których zgon nastąpił już na miejscu

zdarzenia jako efekt doznanego urazu śmiertelnego. Do drugiej grupy, stanowiącej 30% wszystkich śmiertelnych ofiar wypadków, Trunkey zaliczył osoby, które zmarły w czasie do 4 godzin po wypadku, zaś ostatnia grupa, obejmująca 20% z ogółu, to osoby zmarłe po 4 godzinach od momentu wystąpienia urazu.



Ryc. 2. Trimodalny rozkład zgonów wg Trunkey'a
Fig. 2. Trunkey's Trimodal distribution of mortality
Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Trunkey D.D., *Trimodal distribution of mortality following a major trauma*, "Trauma. Sci Am" Vol. 249 Issue 2, 1983, pp. 20-7.
Source: Own elaboration based on: Trunkey D.D., *Trimodal distribution of mortality following a major trauma*, "Trauma. Sci Am" Vol. 249 Issue 2, 1983, pp. 20-7.

Możliwości i zakres pomocy przedszpitalnej udzielanej osobom zakwalifikowanym przez Trunkey'a do poszczególnych grup jest różny. W grupie pierwszej zgon następuje natychmiast lub w bardzo krótkim czasie od momentu doznania urazu. W tym przypadku zgon może być wynikiem urazu śmiertelnego, obrażeń wtórnych, niedrożności dróg oddechowych bądź wykrwawienia. Możliwości efektywnego działania profesjonalnych służb są w tej grupie mocno ograniczone. W takich przypadkach najlepsze wyniki w zakresie ograniczania śmiertelności może przynieść działanie świadków zdarzenia, jego uczestników, którzy rozpoczną prowadzenie podstawowych zabiegów resuscytacyjnych (ang. *Basic Life Support,* BLS) na miejscu zdarzenia.

W grupie drugiej, którą wyróżnił Trunkey, zgon następuje w czasie liczonym w godzinach od momentu doznania urazu, również jako konsekwencja śmiertelnych obrażeń, nieudzielania właściwej pomocy bezpośrednio po urazie, nieadekwatnej do potrzeb pomocy medycznej, braku wystarczającej diagnostyki i leczenia na etapie ratownictwa szpitalnego.

W trzeciej grupie, zgon następuje w kilka dni od doznania urazu, jako konsekwencja niedostatecznej lub niepoprawnej diagnostyki i leczenia, infekcji, niewydolności wielonarządowej i innych powikłań. To również u tych pacjentów decyzje zapadające na miejscu wypadku, w czasie transportu i w szpitalnym oddziale ratunkowym mogą mieć podstawowe znaczenie dla dalszego przebiegu choroby [7]. Głównym problemem w tym zakresie jest niewydolność wielonarządowa (ang. *multiorgan failure,* MOF). Może ona powstać w wyniku takich zaburzeń jak: niedotlenienie, niedokrwienie, potem zaś powikłania związane z reperfuzją, zapalna reakcja ustroju na uraz (ang. *systemic inflammatory response syndrome,* SIRS), deficyt immunologiczny (ang. *later compensatory counter-inflammatory response*), upośledzenie funkcji poszczególnych narządów [8]. Obecnie nie dysponując zbyt wieloma możliwościami leczenia rozwiniętej MOF, można jedynie starać się jej zapobiec [9].

Dwie ostatnie grupy z wyróżnionych przez Trunkey'a stanowią pacjenci, których stan po doznaniu urazu stwarza warunki, pozwalające na ich przeżycie, jeśli system ratownictwa przedszpitalnego i szpitalnego zadziała w sposób poprawny i wdroży odpowiednie, dobrze zadysponowane leczenie specjalistyczne. O skuteczności leczenia tych pacjentów decyduje wiele czynników. Część z nich jest zależnych od funkcjonowania sytemu przedszpitalnego ratownictwa medycznego, inne stanowią wyzwanie dla lecznictwa specjalistycznego.

Wartym uwagi parametrem, który w pewnym sensie określa efektywność systemu ratownictwa medycznego, jest tzw. „odsetek zgonów do uniknięcia". Analiza wyników badań, prowadzonych pod tym kątem, pokazała, iż ograniczenie liczby zgonów pacjentów, przed przyjazdem do szpitala, jest możliwe w 39% przypadkach [10], inne badania mówią o nawet 47% [11]. Tych optymistycznych wyników nie potwierdzają jednak inne badania, prowadzone Wielkiej Brytanii. Badania te jednak dotyczyły węższej grupy, którą stanowiły ofiary wypadków drogowych, a nie jak w poprzednich – ofiary szeroko pojętych urazów. Badania brytyjskie objęły 305 ofiar śmiertelnych wypadków drogowych, zaś ich wyniki pokazały, iż w tej grupie można

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.15

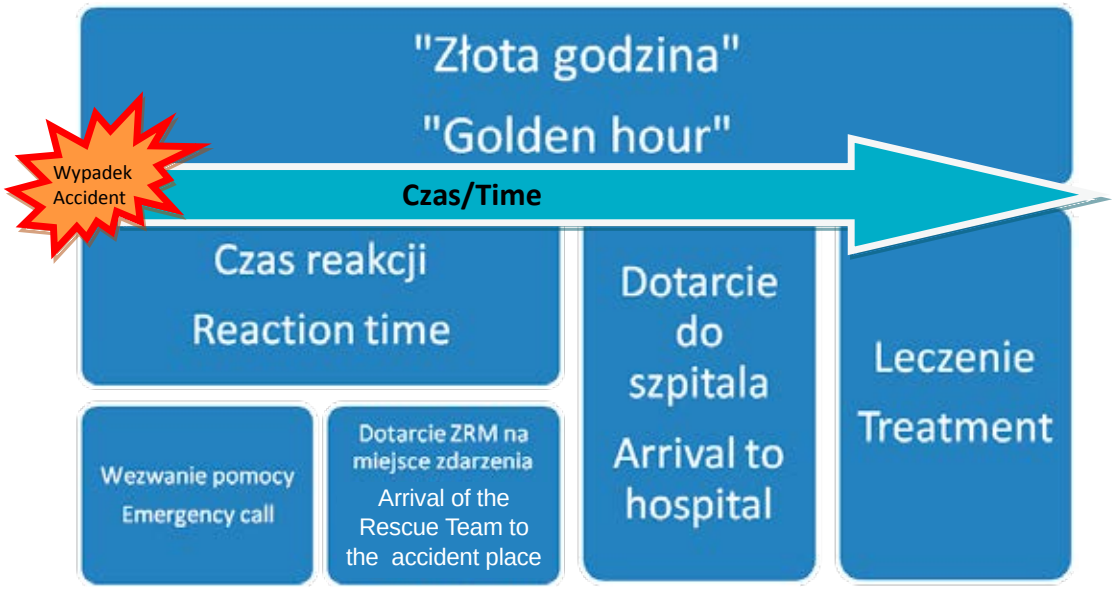
było uniknąć w fazie przedszpitalnej jedynie 3,1% zgonów [12]. Mimo różnicy grup badawczych, trudno wyprowadzić jednoznaczne wnioski co do możliwości i skali zgonów, których można uniknąć poprzez działania służb ratowniczych. Analizując wyniki powyższych badań, można przypuszczać, że rozbieżności w tym zakresie zależne są od mechanizmu, rodzaju i ciężkości urazów, których doznała ofiara. Dlatego też nie da się w pełni i ostatecznie określić wpływu działań podejmowanych w ratownictwie przedszpitalnym na zmniejszenie liczby ofiar śmiertelnych urazów. Wszelkie działania podejmowane w celu zmniejszania skali tzw. „zgonów do uniknięcia" mają pełne uzasadnienie, zarówno pod względem medycznym, jak i ekonomicznym, mimo ogromnych kosztów, które są jednak zdecydowanie mniejsze niż te będące skutkiem zgonów pacjentów. Dlatego więc, w dalszej części pracy, autorzy zwracają uwagę na czynniki, których możliwość modyfikacji pozwala na podnoszenie efektywności w zakresie ograniczania śmiertelności wśród pacjentów po urazach.

4. Czas akcji ratunkowej

Czas akcji ratunkowej wyraża się w przedziale pomiędzy momentem wystąpienia zdarzenia a momentem rozpoczęcia definitywnego zaopatrzenia pacjenta w szpitalnym oddziale ratunkowym (SOR) lub centrum urazowym (CU). W ratownictwie światowym powszechnie przyjęło się uważać ten okres za wspomnianą wcześniej „złotą godzinę" (ang. *"Golden hour"),* która w pierwszym założeniu miała trwać dosłownie 60 minut [13]. Pojęcie „definitywnego zaopatrzenia pacjenta" w ciągu pierwszej godziny od momentu wystąpienia zdarzenia włączone zostało do terminologii medycyny ratunkowej przed ponad 30-ma laty przez R. Adamsa Cowley'a. Jednak wpływ czasu na wyniki leczenia i przeżywalność pacjentów zauważyli już podczas I wojny światowej francuscy chirurdzy wojskowi. Wzorując się na doświadczeniach wojennych, przede wszystkim wojnie koreańskiej i wojnie w Wietnamie, w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych zaczęto wdrażać do ratownictwa cywilnego rozwiązania wojskowe. Wtedy też upowszechniono w Stanach Zjednoczonych zasadę „bierz i pędź" (ang. "*scoop and run*") i możliwość udziału w akcji ratowniczej śmigłowców ratunkowych.

Punktem wyjścia dla założenia, iż czas udzielenia pomocy wpływa na ograniczenie śmiertelności w grupie ofiar urazów, była myśl, że w przypadku ciężkiego urazu, którego konsekwencją jest krwawienie wewnętrzne, wymagane jest podjęcie szybkiej interwencji chirurgicznej. W takiej sytuacji szybki transport do szpitala jest priorytetem. Opóźnienie w transporcie do szpitala, w opinii wielu autorów, powinno być ograniczone do minimum. Takie podejście stało się podstawą organizacji systemu ratowniczego na całym świecie, jednocześnie także koresponduje ono z zasadą „złotej godziny".

Czas udzielania pomocy nie jest jednak zależny jedynie od szybkości reagowania i działania systemu ratownictwa medycznego. Na rycinie 3 przedstawiano elementy tworzące okres „złotej godziny".

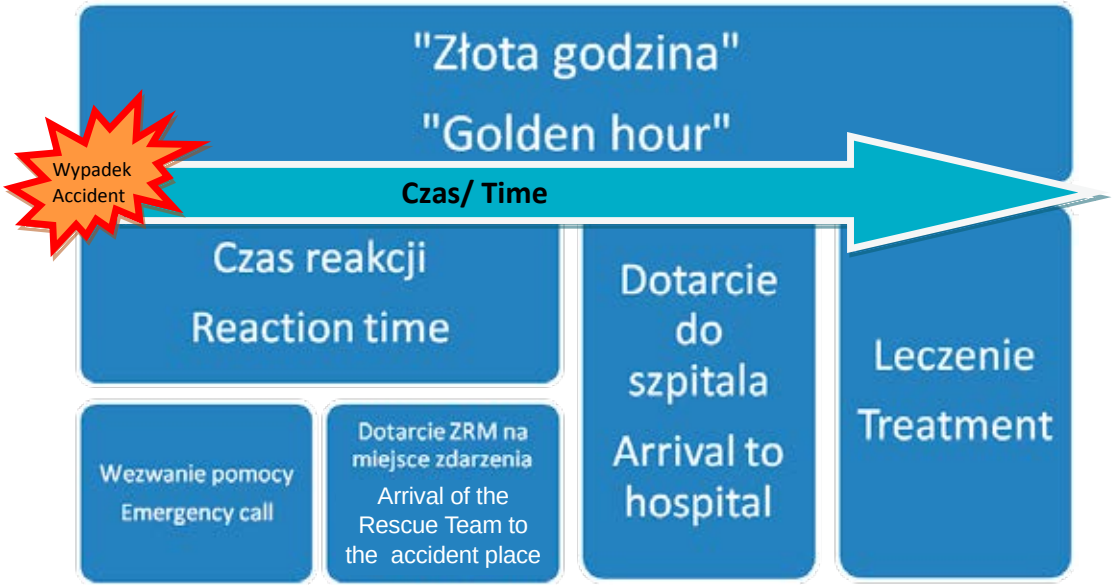


Ryc. 3. Elementy składowe „złotej godziny"
Fig. 3. Elements of the "golden hour"
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

W pierwszym okresie po zdarzeniu świadkowie zdarzenia lub jego ofiary powiadamiają służby ratownicze. Od czasu, jaki upłynął pomiędzy momentem zaistnienia zdarzenia a chwilą przyjęcia i zweryfikowania zgłoszenia zależeć będzie zadysponowanie zespołów ratownictwa. Od tej chwili liczony jest czas reakcji systemu ratownictwa. Czas reakcji zależny będzie więc od szybkości zadysponowania zespołu ratowniczego po przyjęciu zgłoszenia, czasu przygotowania zespołu do wyjazdu, czasu, który upływa podczas dojazdu na miejsce zdarzenia i dotarcie do pacjenta. Kolejnym wyróżnionym elementem wpływającym na czas reakcji jest czas poświęcony na triage, badanie

urazowe i przygotowanie do transportu. Ostatni przedział czasu, współtworzący „złotą godzinę" na etapie ratownictwa medycznego przedszpitalnego, to transport pacjenta do szpitala i przekazanie go zespołowi urazowemu na SOR.

O zakresie działań podejmowanych w poszczególnych przedziałach czasowych, ich znaczeniu dla ratowania życia ludzkiego, jak również o znaczeniu długości trwania każdego z tych elementów, obecnie w środowisku naukowym żywo się dyskutuje. Nie ma jednak do tej pory w tym obszarze jednolitego stanowiska.



ośrodkach podobne badania dały zbliżone wyniki [16–17]. Wnioski wyciągnięte na podstawie wspomnianych analiz przyniosły uznanie 8 minut, jako standardu reagowania systemu ratowniczego w wielu krajach na całym świecie, zaś niestosowanie się do niego uznano za niedopuszczalne. W literaturze przedmiotu opisywane są wręcz przypadki pociągania do odpowiedzialności stacji pogotowia ratunkowego za nieprzestrzeganie owego czasu reakcji [18].

Wyniki prowadzonych od tamtego czasu dalszych badań w tym zakresie poddały w wątpliwość poprzednie wyniki i zakwestionowały znaczenie parametru 8 minut, jako mającego istotny wpływ na przeżywalność pacjentów [19–24]. W uzasadnieniu wyników tych badań, ich autorzy podają, że współczesne warunki i standardy prowadzenia resuscytacji krążeniowo-oddechowej są dalekie od tych obecnych w latach, w których wykonywane były pierwsze badania [25–26]. W prekursorskim badaniu wzięto pod uwagę jedynie zatrzymanie krążenia w mechanizmie nieurazowym, co w warunkach Seatle stanowiło zaledwie 1–2% przypadków, na które reagowało w tym czasie pogotowie [27]. Tym samym nie prowadzono badań w pozostałej grupie 98% interwencji. Dodatkowo badanie to dotyczyło zatrzymania akcji serca z przyczyn kardiologicznych, co znacznie zmieniało rokowanie tej grupy pacjentów, w stosunku do grupy pacjentów z zatrzymaniem krążenia z przyczyn urazowych.

Analiza wyników współcześnie prowadzonych badań wskazuje na brak korelacji pomiędzy standardem 8 minut jako czasu reakcji służb medycznych a przeżywalnością pacjentów z zatrzymaniem krążenia [28], pacjentów urazowych [29,30], czy ogólnie we wszystkich typach zgłoszeń [31]. Wątpliwości te skłaniają do prowadzenia dalszych badań nad wpływem czasu reakcji (RT) na przeżywalność pacjentów.

W wielu krajach przyjęto do tej pory różne standardy czasu reakcji zespołów ratowniczych. I tak np. w Wielkiej Brytanii ustalono czas reakcji na 8 minut – przy 90% wyjazdów, 14 minut – przy 95% wyjazdów oraz „tak szybko jak tylko możliwe" – przy 100% wyjazdów [32]. W Polsce również wprowadzono limity czasowe dla podjęcia działań ratowniczych. Parametry czasu dotarcia na miejsce zda-

24 Ustawy o PRM, wynoszą

w skali każdego miesiąca – jest
w mieście powyżej 10 tysięcy
poza miastem powyżej 10 ty-

cia – w skali każdego miesiąca
inut w mieście powyżej 10 ty-
inut poza miastem powyżej

ia nie może być dłuższy niż
yżej 10 tysięcy mieszkańców
powyżej 10 tysięcy mieszk-

ny za jeden z podstawowych
gowania systemu ratownicze-
na w oparciu jedynie o niego
enia, głównie ze względu na specyficzne warunki, w jakich działają zespoły ratownictwa, ale i wiele innych czynników, które znacznie modyfikują przebieg działań ratowniczych i czynią każde zdarzenie niepowtarzalnym. Mimo to na całym świecie dąży się do skracania czasu reakcji zespołów ratowniczych. Szybka reakcja systemu ratowniczego na zgłoszony stan zagrożenia życia jest bowiem standardem powszechnie oczekiwanym zarówno przez społeczeństwo, jak i samych współtwórców systemów.

5. Zakres świadczonej pomocy w systemie ratowniczym

Organizacja systemów ratownictwa medycznego w poszczególnych krajach na świecie jest różna, bowiem wiedza, zakres umiejętności, możliwości i uwarunkowania prawne działań ratowników są różne. Prowadzonych jest wiele badań, których wyniki mają prowadzić do podnoszenia efektywności systemów, wypracowania jednolitych standardów, a przede wszystkim do zmniejszenia śmiertelności pacjentów. Ogromne dyskusje w środowisku ekspertów budzi pytanie, czy korzyści z udzielania pomocy na miejscu zdarzenia przewyższają straty wynikające z opóźnionego dotarcia pacjenta do szpitala. Zdania w tym zakresie są podzielone. Stąd też w części krajów służby ratownicze nie przywiązują dużej uwagi do ogólnego czasu trwania interwencji [34].

Systemy przedszpitalnego ratownictwa medycznego na świecie oparte są na jednej z dwóch koncepcji: „bierz i pędź" (ang. *"scoop and run"*) lub „zostań i działaj" (ang.

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.15

"stay and play") [35]. W pierwszym modelu za podstawowe zadanie służb ratowniczych uznaje się jak najszybsze przetransportowanie pacjenta do oddziału ratunkowego, w którym wdrożone zostaną procedury ALS/ATLS (zaawansowane zabiegi po urazach, ang. *Advanced Trauma Life Support*) i zostanie mu udzielona pomoc lekarska. W drugim przypadku wstępna stabilizacja pacjenta odbywa się na miejscu zdarzenia, zespół ratownictwa medycznego przeprowadza badanie, zaopatruje obrażenia, itd. Szybki transport do szpitala może odbywać się pod opieką ratowników przeszkolonych w standardzie BLS lub ALS. Zatem zakres czynności możliwych do wykonania na miejscu zdarzenia oraz podczas transportu do szpitala będzie w takim wypadku różny. Może to zatem mieć w pewnych sytuacjach swoje konsekwencje dla pacjenta. W krajach europejskich istnieją również różnice w podejściu do udzielania pomocy pacjentom tzw. „urazowym". W części krajów (Polska, Francja, Niemcy) w ratownictwie przedszpitalnym biorą udział lekarze, w innych (Holandia, Szwecja) system ratownictwa medycznego opiera się wyłącznie na ratownikach medycznych, jednak o różnym poziomie kompetencji. W środowisku eksperckim nieprzerwanie toczone są dyskusje, czy stosowanie w ratownictwie przedszpitalnym standardu ALS, w opozycji do szybkiego transportu, wpływa na zmniejszenie śmiertelności u pacjentów po urazie. Analiza wyników badań prowadzonych w tym zakresie, do tej pory nie pozwala na wydanie jednoznacznej opinii, jednak większość specjalistów skłania się ku zdaniu, iż stosowanie standardu ALS nie decyduje o przeżyciu pacjentów w urazach [36].

6. Zatrzymanie krążenia w urazach

Resuscytacja pozaszpitalna pacjentów z zatrzymaniem krążenia (ang. *out-of-hospital cardiac arrest,* OHCA) z przyczyn urazowych jest uważana przez wielu specjalistów medycyny ratunkowej za daremną, z powodu niskiej przeżywalności pacjentów, bądź poważnych zmian neurologicznych u tych, którzy przeżywają [37], [38–39]. Argumentem przeciwników resuscytacji w takich warunkach jest także fakt, iż każda tego typu akcja ratownicza generuje konieczność zaangażowania ogromnych środków ratownictwa, zarówno przedszpitalnego, jak szpitalnego – szpitalnego oddziału ratunkowego (SOR), oddziału intensywnej terapii (OIT) i oddziału chirurgii. The National Association of EMS Physicians oraz American College wypracowały wytyczne regulujące zasady prowadzenia i zaprzestania resuscytacji pacjenta urazowego w warunkach pozaszpitalnych [40]. Dokument ten budzi jednak spore kontrowersje i poddawany jest krytyce w środowisku ratowników medycznych i specjalistów medycyny ratunkowej. Wśród przeciwników powyższych zaleceń dominują ci, którzy posiadają pozytywne doświadczenia w resuscytacji pacjentów urazowych [41–42]. Jednak należy zauważyć, iż część materiału podważającego zalecenia amerykańskie, opiera się na doświadczeniach lekarskich. Nie jest więc on tożsamy z obszarem działania grupy techników medycznych (ang. *Emergency Medical Technician, EMT*), którzy w Stanach Zjednoczonych stanowią w dużym stopniu personel medyczny ambulansów [43–44].

Nagłe zatrzymanie krążenia (NZK), które współistnieje z urazami ma etiologię odmienną do tej dla NZK z przyczyn kardiologicznych. Pacjenci z zatrzymaniem krążenia w tych dwóch mechanizmach to dwie różne grupy. Różna więc jest także przeżywalność w tych grupach, którą warunkuje między innymi możliwość przeprowadzenia skutecznej resuscytacji. Badania prowadzone pod kierunkiem Deasy'a, w których analizie poddano przypadki zatrzymania krążenia w Australii w latach 2000–2009, wykazały, że spośród 33 178 OHCA tylko w 2187 (6,6%), przyczyną NZK był uraz. Świadkowie zdarzenia podjęli resuscytację w 201 przypadkach (10,2%). Mediana czasu reakcji służb ratowniczych wynosiła 8 min (6–11 min). Analiza badanych przypadków wykazała, iż podstawowym zaburzeniem rytmu, powodującym zatrzymanie krążenia, była asystolia (1 650, 75,4%), w następnej kolejności – aktywność elektryczna bez tętna (ang. *Pulseless Electrical Activity,* PEA) (294, 13,4%) i migotanie komór (ang. *Ventricule Fibrillation,* VF) (35, 1,6%) [45]. Wnioski płynące z powyżej przywołanych badań pozwoliły stwierdzić, iż najważniejszym czynnikiem wpływającym na rokowanie pacjenta w OHCA jest występowanie migotania komór lub częstoskurczu komorowego bez tętna, jako przyczyny zatrzymania krążenia. Jeśli warunek ten jest spełniony, szanse przeżycia pacjenta w sytuacji podjęcia resuscytacji na miejscu zdarzenia, wzrastają 5-10-krotnie [46]. Każda minuta opóźnienia defibrylacji w takim wypadku zmniejsza prawdopodobieństwo przeżycia o 10–12% [47,48]. Przeżywalność pacjentów z pozaszpitalnym zatrzymaniem akcji serca jest bardzo niska i, w zależności od badań, mieści się w przedziale 0–3,7% [49]. Wspomniane zaś wcześniej badania z Australii wskazują na przeżywalność pacjentów na poziomie 5,1%. Trudno jednoznacznie określić, gdzie tkwi przyczyna takiej różnicy w wynikach badań. Można stwierdzić, iż przeżywalność pacjentów z zatrzymaniem krążenia jest też różna, w zależności od rodzaju urazu, jakiego doznał. Jednak i w tym zakresie wyniki badań różnią się. W części z nich wykazano, iż pacjenci z urazem penetrującym mają większe szanse na przeżycie niż pacjenci z urazem tępym [50–51], inne badania przedstawiają odmienne wyniki [52]. Wnioskując, grupa pacjentów urazowych nie jest jednorodna, zaś mechanizm i rodzaj urazu nie są jedynymi czynnikami, które mają wpływ na przeżycie pacjenta z zatrzymaniem krążenia.

7. Rola i zadania świadków zdarzenia

Przebieg działań ratunkowych w fazie przedszpitalnej uzależniony jest od wielu czynników. W pierwszej kolejności wpływ na prowadzenie akcji ratunkowej ma reakcja świadków zdarzenia, którzy podejmą czynności ratunkowe i wezwą pomoc. To ich wezwanie uzależnia rozpoczęcie działań przez system ratownictwa. Osoby postronne mogą pomóc osobie poszkodowanej, udzielając jej pierwszej pomocy lub podejmując podstawowe czynności resuscytacyjne (BLS). Bezspornym pozostaje fakt, że prowadzenie BLS przed przyjazdem profesjonalnych zespołów ratownictwa jest jednym z niewielu czynności, które podnoszą wskaźnik przeżywalności wśród ofiar wypadków [53].

Zaangażowanie świadków zdarzenia w udzielanie pierwszej pomocy, zwłaszcza w prowadzenie resuscytacji krążeniowo-oddechowej w grupie pacjentów urazowych, jest niższe niż w grupie pacjentów z zatrzymaniem krążenia z przyczyn kardiologicznych. Na taki stan rzeczy prawdopodobnie znacząco wpływa specyfika zdarzenia i wygląd poszkodowanych po urazie. Przywołane wyżej badania Deasy'a wykazały, że w grupie poszkodowanych, którzy przeżyli, częstość prowadzenia resuscytacji BLS była wyższa niż w grupie ofiar śmiertelnych (21,4% vs 9,4%). Zauważono także, iż w przypadku wystąpienia u ofiar urazów tępych świadkowie częściej podejmowali resuscytację niż w sytuacji, gdy poszkodowany doznał urazu penetrującego (9,6% vs 5%). Znaczenie podejmowania resuscytacji przez świadków potwierdza wyliczony na podstawie analiz przywołanych badań australijskich wskaźnik przeżywalności wśród ofiar urazów. W grupie, w której świadkowie prowadzili resuscytację, wskaźnik ten wynosił średnio 5,94 (4,11–8,58), dla drugiej grupy – w której świadkowie nie podjęli czynności resuscytacyjnych – wskaźnik przeżywalności wynosił średnio 2,60 (1,86–3,63) [54]. Te różnice jednoznacznie wskazują na duże znaczenie świadków i ich działań w sytuacji zatrzymania krążenia.

8. Dysponowanie sił i środków ratownictwa

System dysponowania sił i środków ratownictwa medycznego wpływa na udzielanie pomocy poszkodowanym w wypadkach. Stosowanie triage'u dyspozytorskiego ma na celu „wychwycenie", w możliwie najkrótszym czasie, wezwań do ofiar wypadków, których obrażenia stanowią zagrożenie życia. Przyjęcie zgłoszenia pozwala na wstępną ocenę stopnia zagrożenia życia ofiary, identyfikację miejsca zdarzenia, w konsekwencji dając możliwość zadysponowania najbliższego (biorąc pod uwagę czas dojazdu, a nie odległość), adekwatnego do potrzeb danego zdarzenia, zespołu ratowniczego. Stosowane obecnie protokoły segregacyjne, w które wyposażony jest dyspozytor, bez wątpienia ułatwiają to zadanie. Co ważne, poprawne przyjęcie zgłoszenia minimalizuje czas reakcji (RT) systemu na zgłoszenie. W krajach wysoko rozwiniętych aktywacja systemu odbywa się zazwyczaj z jednego numeru alarmowego, np. 112. Powszechna obecnie dostępność do telefonii komórkowej, zwłaszcza w terenach wiejskich i podmiejskich, wyraźnie wpływa na skrócenie czasu aktywacji systemu, a tym samym także czas dotarcia zespołów ratowniczych na miejsce zdarzenia.

System powiadamiania ratunkowego wspierany jest obecnie dzięki upowszechnieniu automatycznej zewnętrznej defibrylacji. Dzięki automatycznym defibrylatorom z wbudowanym czujnikiem w przypadku nagłego zatrzymania krążenia i użycia automatycznego defibrylatora zewnętrznego (ang. *Automated External Defibrillator,* AED*)* przez świadków zdarzenia, możliwe jest automatyczne powiadamianie lokalnych służb ratownictwa medycznego o potrzebie interwencji. Dodatkowo aktualna lokalizacja AED jest nanoszona na mapę GIS (Systemy Informacji Przestrzennej, ang. *Geographic Information System)*, dzięki czemu służby ratownictwa medycznego mogą uzyskać informację o lokalizacji miejsca zdarzenia. Stwarza to warunki do szybszego dotarcia zespołów ratownictwa medycznego i wcześniejszego podjęcia czynności resuscytacyjnych. W przypadku pacjentów urazowych, szczególnie ofiar wypadku komunikacyjnego, sytuacja jest bardziej skomplikowana. Podejmowane są próby montażu w samochodach czujników, które w razie wypadku poinformują automatycznie służby ratownicze o zdarzeniu, łącznie z jego lokalizacją. Jednak tego typu rozwiązania nie są jeszcze powszechnie stosowane. Tym samym w takich sytuacjach aktywowanie systemu ratownictwa poprzez wezwanie pomocy pozostaje w rękach świadków zdarzenia.

Uzyskanie możliwie dokładnych danych o zdarzeniu możliwe jest między innymi dzięki wykorzystaniu protokołów segregacyjnych. Podejmowanie decyzji opiera się na rozmowie z osobą zgłaszającą potrzebę interwencji. Świadkowie zdarzenia, którzy zazwyczaj są pod wpływem silnych emocji, niejednokrotnie nieobiektywnie oceniają stan osób poszkodowanych. W takim wypadku istnieje ryzyko „niedosegregowania" *(*ang. *Under-triage)* lub „przesegregowania" pacjentów *(*ang. *Over-triage).* Szczególnie niebezpieczne jest zjawisko „niedosegregowania". By zminimalizować ryzyko wystąpienia tego zjawiska, systemy segregacji dyspozytorskiej zostały opracowane z zastosowaniem tzw. „marginesu bezpieczeństwa" dla pacjenta. W razie jakichkolwiek wątpliwości co do stanu pacjenta, zdarzeniu nadawany jest wyższy priorytet. Generuje to jednak dodatkowe koszty i zwiększa ryzyko dla zespołów ratownictwa. Doświadczenia amerykańskie pokazały, iż nawet do 40% pacjentów, segregowanych tym sposobem, uzyskuje wyższy priorytet [55]. „Niedosegregowanie" z kolei, opóźnia czas dojazdu właściwych służb ratowniczych do pacjenta, co może mieć negatywne skutki zdrowotne. Dzięki temu, że współczesne systemy segregacyjne dysponują wsparciem komputerowym, pozwalają one dyspozytorowi szybciej podejmować decyzje. W części krajów (Polska, Niemcy, Francja) trudne do interpretacji wezwanie kierowane jest do zespołu kontrolnego z lekarzem ratunkowym (koordynatorem medycznym), który na podstawie analizy zgłoszenia wspiera dyspozytora w podjęciu właściwej decyzji o dysponowaniu sił i środków ratownictwa.

Prawidłowe przyjmowanie zgłoszeń i dysponowanie zespołów ratowniczych jest jednym z elementów skracających czas reakcji systemu ratownictwa na zagrożenia życia i zdrowia, bez zwiększania ryzyka dla zespołu ratowniczego i pacjenta. Ważne więc, by system wysyłania sygnałów o zdarzeniu, odbierania zgłoszenia, podejmowania decyzji i zadysponowania sił i środków wykorzystywał najnowocześniejsze technologie informatyczne. Takie innowacje bowiem, jak pokazują doświadczenia w zakresie ich stosowania, wpływają na efektywność działania systemu ratunkowego, przede wszystkim zaś na przeżywalność pacjentów, a zwłaszcza ofiar urazów.

9. Podsumowanie

Organizacja systemu ratowniczego ma niewątpliwie wpływ na szybkość i jakość udzielania pomocy ofiarom wypadków. Powszechnie uważa się, że czas reakcji szeroko pojętego systemu ratownictwa medycznego ma fundamentalne znaczenie. Niezależnie od poziomu udzielania

DOI:10.12845/bitp.39.3.2015.15

pomocy na miejscu wypadku (BLS, ALS wykonanie prostych czynności ratujących życie, takich jak: zatamowanie krwotoków, udrożnienie dróg oddechowych, ułożenie w pozycji bezpiecznej (zapewnienie bezpieczeństwa), czy rozpoczęcie resuscytacji krążeniowo-oddechowej decyduje o przeżywalności pewnej grupy ofiar. Ważne jest więc, by przy organizacji systemów ratownictwa medycznego, wprowadzaniu nowych przepisów, czy zasad funkcjonowania systemu, ale także modyfikacji tych już obowiązujących elementy składające się na czas reakcji były uwzględniane i stanowiły punkt odniesienia dla reszty wprowadzanych rozwiązań.

Literatura

[1] Brongel L. (red.), *Złota godzina. Czas życia, czas śmierci*, Wydawnictwo Medyczne, Kraków 2007, 15, za: Lipiński J. (red.), *Program zwalczania skutków ciężkich mnogich obrażeń ciała*, MZOiS, Warszawa 1997.

[2] Trzos A., *Triage in Mass Casualty Incidents,* "Lek. Wojsk." Vol. 92 Issue 3, pp 298–306.

[3] Lockey D.J., *Prehospital trauma management,* "Resuscitation" Vol. 48, 2001, pp. 5–15.

[4] Driscoll P., Kent A., *The effect of scene time on survival*, "Trauma" Vol. 1, 1999, pp. 23–30.

[5] Lockey D.J., *Prehospital trauma management*, "Resuscitation" Vol. 48, 2001, pp. 5–15.

[6] Trunkey D.D., *Trimodal Distribution of Death*, "Trauma Sci Am" Vol. 249 Issue 2, 1983, p. 20.

[7] Brongel L. (red.), *Złota godzina. Czas życia, czas śmierci*, Wydawnictwo Medyczne, Kraków 2007.

[8] Ziegefuss T., *Emergency management of polytrauma patients*, "Zentrallb. Chir." Vol. 121 Issue 11, 1996, p. 924.

[9] Baue A.E., Faist E., *Multiple Organ Failure – Sumary*, "Word J. Surg." Vol. 20, 1996, p. 499.

[10] Hussain L.M., Redmond A.D., *Are pre-hospital deaths from accidental injury preventable?* "Br Med J" Vol. 308 Issue 6936, 1994, pp. 1077–80.

[11] Papadopoulos I.N., Bukis D., Karalas E., et al., *Preventable prehospital trauma deaths in a Hellenic urban health region: an audit of prehospital trauma care*, "J Trauma" Vol. 41 Issue 5, 1996, pp. 864–9.

[12] Limb D., McGowan A., Fairfield J.E., Pigott T.J., *Prehospital deaths in the Yorkshire Health Region,* "J Accid Emerg Med", Vol. 13 Issue 4, 1996 pp. 248–50.

[13] Lemer E. B., Moscati R.M., *The Golden hour: scientific fact or medical "urban legend"?* "Acad Emerg Med." Vol. 8 Issue 7, 2001, pp. 758–760.

[14] Al.-Shagsi S.Z.K., *Response time as a sole performance indicator in EMS: Pitfalls and solutions,* "Open Asses Emergency Medicine" Vol. 2010 Issue 2, 1–6.

[15] Eisenberg M., Horwood B., Cummins R., Reynolds-Haertle R., Hearne T., *Cardiac arrest and resuscitation: a tale of 29 cities*, "Ann Emerg Med.", Vol. 19 Issue 2, 1990, p. 179.

[16] Roth R., Stewart R., Rogers K., Cannon G., *Out-of-hospital cardiac arrest: factors associated with survival,* "Ann Emerg Med." Vol. 3 Issue 4, 1984, p. 237.

[17] Mullie A., Van Hoeyweghen R., Quets A., *Influence of time intervals on outcome of CPR. The Cerebral Resuscitation Study Group*, "Resuscitation" Vol. 17, 1989, pp. 23–33.

[18] Narad R., Driesbock K., *Regulation of ambulance response times in California*, "Prehosp Emerg Care" Vol. 3 Issue 2, 1999; pp. 131–135.

[19] De Maio V., Stiell I., Wells G., Spaite D., *Optimal defibrillation response intervals for maximum out-of-hospital cardiac arrest survival rates*, "Ann Emerg Med" Vol. 42 Issue 2, 2003, pp. 242–250.

[20] Eisenberg M., Horwood B., Cummins R., Reynolds-Haertle R., Hearne T., *Cardiac arrest and resuscitation: a tale of 29 cities,* "Ann Emerg Med" Vol. 19 Issue 2, 1990, p. 179.

[21] Nichol G., Stiell I., Laupacis A., Pham B., Maio V., Wells G., *A cumulative meta-analysis of the effectiveness of defibrillator capable emergency medical services for victims of out-of-hospital cardiac arrest,* "Ann Emerg Med" Vol. 34(4P1), 1999, pp. 517–525.

[22] Swor R., Cone D., *Emergency medical services advanced life support response times: Lots of heat, little light,* "Acad Emerg Med" Vol. 9 Issue 4, pp. 320–321.

[23] Pons P., Haukoos J., Bludworth W., Cribley T., Pons K., Markovchick V., *Paramedic response time: Does it affect patient survival?,* "Acad Emerg Med" Vol. 12 Issue 7, 2005, pp. 594–600.

[24] Pons P., Markovchick V., *Eight minutes or less: does the ambulance response time guideline impact trauma patient outcome?*, "J Emerg Med" Vol. 23 Issue 1, pp. 43–48.

[25] Wik L., *Rediscovering the importance of chest compressions to improve the outcome from cardiac arrest*, "Resuscitation" Vol. 58 Issue 3, pp. 267–269.

[26] Hazinski M., Chameides L., Elling B., *American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Part 4: adult basic life support. Circulation,* 2005, 112.

[27] Myers J.B., Slovis C.M., Eckstein M., et al., *Evidence-based performance measures for emergency medical services systems: a model for expanded EMS benchmarking*, "Prehosp Emerg Care" Vol. 12 Issue 2, 2008, pp. 141–151.

[28] Pell J., Sirel J., Marsden A., Ford I., Cobbe S., *Effect of reducing ambulance response times on deaths from out of hospital cardiac arrest: cohort study.* "Br Med J" Vol. 322(7299), 2001, pp. 1385–1388.

[29] Pons P., Markovchick V., *Eight minutes or less: does the ambulance response time guideline impact trauma patient outcome?*, "J Emerg Med" Vol. 23 Issue 1, 2002, pp. 43–48.

[30] Carr B.G., Caplan J.M., Pryor J.P., i in., *A meta-analysis of prehospital care times for trauma,* "Prehosp Emerg Care" Vol. 10 Issue 2, 2006, pp. 198–206.

[31] Blackwell T., Kaufman J., *Response time effectiveness: comparison of response time and survival in an urban emergency medical services system,* "Acad Emerg Med" Vol. 9 Issue 4, 2002, pp. 288–295.

[32] Department of Transport. Road accidents in Great Britain 1993: The Casualty Report. HMSO 1994.

[33] Ustawa o Państwowym Ratownictwie Medycznym z dnia 8 września 2006 r. (Dz.U. 2006 Nr 191, poz. 1410).

[34] Adnet F., Jouriles N.J., Le Toumelin P., Hennequin B., Taillandier C., Rayeh F., Couveur J., Nougiere B., Nadiras P., Ladka A., Fleury M., *Survey of out-of-hospital emergency intubations in the French pre-hospital medical system: A multicenter study*, "Ann Emerg Med" Vol. 32 Issue 4, 1998, pp. 454–9.

[35] Smith R.M., Alasair K.T., *Conn.: Injury*, "Int. J. Care Injured" Vol. 40S4, 2009, S23–S26.
[36] Lockey D. J., *Prehospital trauma management*, "Resuscitation" Vol. 48, 2001, pp. 5–15.
[37] Battistella F.D., Nugent W., Owings J.T., Anderson J.T., *Field triage of the pulseless trauma patient,* "Arch Surg" Vol. 134, pp. 742–6.
[38] Rosemurgy A.S., Norris P.A., Olson S.M., Hurst J.M., Albrink M.H., *Prehospital traumatic Cardiac arrest: the cost of futility*, "J Trauma" Vol. 35, 1993, pp. 468–74.
[39] Stockinger Z.T., McSwain Jr N.E., *Additional evidence in support of withholding or terminating cardiopulmonary resuscitation for trauma patients in the field*, "J Am Coll Surg" Vol. 198, 2004, pp. 227–31.
[40] Hopson L.R., Hirsh E., Delgado J., Domeier R.M., McSwain Jr N.E., Krohmer J., *Guidelines for withholding or termination of resuscitation in prehospital traumatic cardiopulmonary arrest: a joint position paper from the National Association of EMS Physicians Standards and Clinical Practice Committee and the American College of Surgeons Committee on Trauma*, "Prehosp Emerg Care" Vol. 7, 2003, pp. 141–6.
[41] Pickens J.J., Copass M.K., Bulger E.M., *Trauma patients receiving CPR: predictors of survival,* "J Trauma" Vol. 58, 2005, pp. 951–8.
[42] Willis C.D., Cameron P.A., Bernard S.A, Fitzgerald M., *Cardiopulmonary resuscitation after traumatic cardiac arrest is not always futile,* "Injury" Vol. 37, 2006, pp. 448–54.
[43] Huber-Wagner S., Lefering R., Qvick M., i in., *Outcome in 757 severely injured patients with traumatic cardiorespiratory arrest,* "Resuscitation" Vol. 75, 2007; pp. 276–85.
[44] Lockey D., Crewdson K., Davies G., *Traumatic cardiac arrest: who are the survivors?,* "Ann Emerg Med" Vol. 48, 2006, pp. 240–4.
[45] Desy C., Bray J., Smith K. i in., *Traumatic out-of-hospital cardiac arrest in Melbourne, Australia*, "Resuscitation" Vol. 83, 2012, pp. 465–70.
[46] Herlitz J., Engdahl J., Svensson I., et al., *Can we define patients with no chance of survival after out-of-hospital cardiac arrest?,* "Heart" Vol. 90 Issue 10, 2004, pp. 1114–1118.
[47] Valenzuela T.D., Roe D.J., Cretin S., Spaite D.W., Larsen M.P., *Estimating effectiveness of cardiac arrest interventions: a logistic regression survival model*, "Circulation" Vol. 96, 1997, pp. 3308–13.
[48] Waalewijn R.A., de Vos R., Tijssen J.G., Koster R.W., *Survival models for out-of-hospital cardiopulmonary resuscitation from the perspectives of the bystander, the first responder, and the paramedic*, "Resuscitation" Vol. 51, 2001, pp. 113–22.
[49] Jockey D., Crewson K., Davies G., *Traumatic Cardiac Arrest: Who are the Survivors?* "Ann Emer Med", Vol. 48 Issue 3, 2006.
[50] Pickens J.J., Copass M.K., Bulger E.M., *Trauma patients receiving CPR: predictors of survival,* "J Trauma" Vol. 58, 2005, pp. 951–8.
[51] Soar J., Deakin C.D., Nolan J.P., i in., *European Resuscitation Council guidelines for resuscitation 2005 Section 7. Cardiac arrest in special circumstances*, "Resuscitation" Vol. 67, 2005, S135–70.
[52] Willis C.D., Cameron P.A., Bernard S.A, Fitzgerald M., *Cardiopulmonary resuscitation after traumatic cardiac arrest is not always futile,* "Injury" Vol. 37, 2006, pp. 448–54.
[53] Callaham M., Madsen C., *Relationship of timeliness of paramedic advanced life support interventions to outcome in out of hospital cardiac arrest treated by first responders with defibrillators*, "Ann Emerg Med" Vol. 27 Issue 5, 1996, pp. 638–48.
[54] Desy C., Bray J., Smith K., et al., *Traumatic out-of-hospital cardiac arrest in Melbourne, Australia,* "Resuscitation" Vol. 83, 2012, pp. 465–470.
[55] Curka P.A., Pepe P.E., Ginger V.F., *Computer aided emergency medical service priority dispatch,* "Ann Emerg Med" Vol. 20, 1991, pp. 446–54.

* * *

dr n. med. Arkadiusz Trzos – specjalista chorób wewnętrznych, wykładowca, pełni funkcję kierownika Zakładu Medycyny Katastrof i Pomocy Doraźnej Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Medicum. Autor wielu autorskich projektów, badań i publikacji naukowych dotyczących zarządzania i organizacji działań ratowniczych w wypadkach masowych, zagrożeniach ze strony materiałów niebezpiecznych (CBRN) oraz telemedycyny i teleinformatyki w ratownictwie.

mgr Katarzyna Długosz – doktorantka, pracuje jako asystent w Zakładzie Medycyny Katastrof i Pomocy Doraźnej Uniwersytetu Jagiellońskiego Collegium Medicum. Autorka badań i publikacji naukowych dotyczących tematyki ratownictwa medycznego, edukacji medycznej, zarządzania w ratownictwie. W swoich pracach porusza także problematykę niepełnosprawności i integracji społecznej.

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy
Wydział Bezpieczeństwa Narodowego Akademii Obrony Narodowej
Szkoła Główna Służby Pożarniczej
Związek Ochotniczych Straży Pożarnych RP
Asseco Poland SA

zapraszają na

KONFERENCJĘ NAUKOWĄ

RISKO
Zintegrowany system budowy planów zarządzania kryzysowego w oparciu o nowoczesne technologie

ZAKRES TEMATYCZNY

Zintegrowany system RISKO - wyniki i uwarunkowania wdrożenia

Zarządzanie ryzykiem - teoria i praktyka

Plany zarządzania kryzysowego - teoria i praktyka

Szkolenia na rzecz zarządzania kryzysowego - potrzeby i narzędzia

Więcej informacji o konferencji na stronie www.cnbop.pl

Konferencja organizowana w ramach projektu nr DOBR/0016/R/ID2/2012/03 realizowanego przez konsorcjum naukowo-przemysłowe ze środków finansowych Narodowego Centrum Badań i Rozwoju

Grafiki: made by freepik.com

18 listopada 2015 r.

Józefów k/Otwocka,
CNBOP-PIB, ul. Nadwiślańska 213

Kontakt i zgłoszenia

Dorota Gajownik
dgajownik@cnbop.pl
tel. +48 22 76 93 221
Maria Kędzierska
mkedzierska@cnbop.pl
tel. +48 22 76 93 260

Konferencja „Innowacyjne rozwiązania na rzecz ochrony przeciwpożarowej dedykowane dla obiektów budowlanych bez całodobowej ochrony fizycznej – zapewnienie dostępu do obiektu w przypadku nieobecności personelu na potrzeby prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych"

26 maja 2015 r. w siedzibie Komendy Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Lesznie odbyła się konferencja naukowo-praktyczna poświęcona powyższemu zagadnieniu

Kwestii zapewnienia dostępu do obiektów budowlanych na potrzeby prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych w przypadku nieobecności personelu poświęcono 26 czerwca 2015 roku konferencję naukowo-praktyczną pt.: „Innowacyjne rozwiązania na rzecz ochrony przeciwpożarowej dedykowane dla obiektów budowlanych bez całodobowej ochrony fizycznej – zapewnienie dostępu do obiektów w przypadku nieobecności personelu na potrzeby prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych", która odbyła się w Komendzie Miejskiej Państwowej Straży Pożarnej w Lesznie.

Celem konferencji była prezentacja, a także dyskusja dotycząca projektowanych i wdrażanych nowych, innowacyjnych w warunkach polskich, rozwiązań technicznych i związanych z nimi procedur organizacyjnych uzgadnianych pomiędzy właścicielami obiektów i Państwową Strażą Pożarną.

Patronatu medialnego konferencji udzielił: kwartalnik „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" oraz kwartalnik „Ochrona Przeciwpożarowa". W przedsięwzięciu wzięli udział (poza organizatorami: CNBOP-PIB, KW PSP w Poznaniu, KM PSP Leszno, Bank PKO BP, P.P.H.U. Watra, SITP O/Leszno) przedstawiciele Komend Powiatowych i Miejskich PSP województwa wielkopolskiego, eksperci, wykonawcy oraz inni zainteresowani.

st. kpt. mgr inż. Grzegorz Mroczko

W pierwszej sesji konferencji prezentowane były następujące zagadnienia st. bryg. mgr inż. Robert Baran „Wybrane zagadnienia i problemy podczas prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych w obiektach użyteczności publicznej bez całodobowej ochrony fizycznej", bryg. dr inż. Jacek Zboina „Stosowanie Kaset Straży Pożarnej" oraz mgr inż. Jarosław Kajoch „Prezentacja wdrożonego rozwiązania Kasety Straży Pożarnej".

Druga sesja obejmowała wystąpienia: st. bryg. mgr inż. Roberta Barana „Procedura wejścia do obiektu wyposażonego w Kasety dla Straży Pożarnej", st. kpt. mgr inż. Grzegorza Mroczko „Ocena wdrożenia rozwiązania, testowanie rozwiązania, a także wytyczne CNBOP-PIB stosowania Kaset dla Straży Pożarnej" i „Testowanie wyrobów innowacyjnych w jednostkach PSP" oraz mgr inż. Mariusza Cedrowskiego „Docelowe rozwiązania – funkcjonowanie KSP w PKO BP".

bryg. dr inż. Jacek Zboina, z-ca dyrektora CNBOP-PIB ds. certyfikacji i dopuszczeń

W Polsce rozwiązania KSP są całkowicie nowe – tworzone od podstaw z uwzględnieniem możliwości oraz ograniczeń, bazujące na doświadczeniach rozwiązań z innych krajów, jednak bardziej zaawansowane technologicznie. Ich wdrażanie łączy rozwiązania techniczne oraz procedury organizacyjne, które są uzgadniane pomiędzy właścicielem/zarządcą budynku, dostawcą rozwiązania KSP i PSP.

Rozwiązania techniczne i przyjęte procedury organizacyjne podlegają na każdym etapie weryfikacji i opiniowaniu przez CNBOP-PIB. Dla rozwiązanie techniczno-organizacyjne dla każdego budynku jest każdorazowo opisane w Opinii Technicznej CNBOP-PIB. Takie podejście do budowy KSP zapewnia możliwość ich wdrażania masowo w obiektach budowlanych i osiągania celu jakim jest zapewnienie skutecznego (ale jednocześnie bezpiecznego) dostępu dla ratowników do obiektów budowlanych w przypadku nieobecności personelu.

Więcej informacji o konferencji na stronie www.cnbop.pl.

Opracowanie:
mgr Beata Wojtasiak
st. kpt. mgr inż. Grzegorz Mroczko

Zdjęcia: KM PSP w Lesznie

Wytyczne dla Autorów

Maszynopis
Artykuły prosimy przesyłać w wersji elektronicznej w formacie Word. Redakcja przyjmuje do druku oryginalne artykuły naukowe, doniesienia wstępne, artykuły przeglądowe, studia przypadków oraz z praktyki dla praktyki. Maszynopis w języku polskim, angielskim lub rosyjskim nie powinien przekraczać 22 stron (format A4, Times New Roman 12 pkt., interlinia 1,5), pisany bez podziału na kolumny (łącznie 40 000 znaków razem ze spacjami).

Definicje typów artykułów
A. Oryginalny artykuł naukowy – opisane są w nim wyniki dotychczas niepublikowanych badań i eksperymentów naukowych autora lub bezpośrednio mu podlegającego zespołu naukowego, nowych w stosunku do dotychczasowej wiedzy i dorobku w danej dziedzinie, stanowiących oryginalny wkład w światową naukę. Publikacje naukowe są zazwyczaj naukowym źródłem pierwotnym.
B. Doniesienie wstępne (komunikat z badań) – opisane są w nim wstępne, ale już na tym etapie obiecujące wyniki prowadzonych, lecz jeszcze nieukończonych badań;
C. Artykuł przeglądowy – opisuje obecny stan wiedzy w danym obszarze tematycznym, czasem przy uwzględnieniu kontrowersyjnych lub spornych kwestii, zawiera opis zarówno teoretyczny, aktualną i właściwie dobraną literaturę źródłową, jak i praktyczny aspekt zagadnienia; autor powinien uwzględnić nierozwiązane w danej kwestii problemy.
D. Studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych – artykuł zawiera opis zdarzenia lub przypadku (jednego lub kilku), ciekawego z naukowego lub praktycznego punktu widzenia; analizę tego zdarzenia, dyskusję opartą na najnowszym piśmiennictwie oraz wnioski wynikające z przeprowadzonej analizy.
E. Z praktyki dla praktyki – podstawą tego artykułu są doświadczenia związane z prowadzonymi akcjami ratowniczym lub innymi praktykami stosowanymi w ochronię przeciwpożarowej, z których wnioski mogą mieć zastosowanie praktyczne w innych tego typu przypadkach.

Abstrakty ustrukturyzowane
Artykuł zgłaszany do redakcji musi być poprzedzony dwujęzycznym abstraktem ustrukturyzowanym według jednego z poniższych przykładów. Artykuły z abstraktem nieustrukturyzowanym krótsze niż 2400 znaków ze spacjami nie będą kwalifikowane przez redakcję do procesu recenzyjnego.

1. Struktura abstraktu dla oryginalnego artykułu naukowego/doniesienia wstępnego
• **Cel** – powinien jasno przedstawiać hipotezę postawioną w artykule;
• **Projekt i metody** – narzędzia i metody użyte w badaniach;
• **Wyniki** – rezultaty badań;
• **Wnioski** – w odniesieniu do hipotezy oraz możliwe kierunki przyszłych badań.

2. Struktura abstraktu dla artykułu przeglądowego/studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych
• **Cel** – główne pytania postawione w artykule
• **Wprowadzenie** – kontekst/tło przedstawionego w artykule zagadnienia/problemu/zdarzenia
• **Metodologia** – użyte do omówienia/analizy tematu metody/narzędzia
• **Wnioski** – główne wnioski wynikające z analizy przeglądowej/analizy zdarzenia rzeczywistego

3. Struktura abstraktu dla artykułu z praktyki dla praktyki
• **Cel** – główne pytania postawione w artykule
• **Wprowadzenie** – kontekst/tło przedstawionego w artykule zagadnienia/problemu
• **Wnioski** – główne wnioski wynikające z artykułu i ich znaczenie dla dziedziny
• **Znaczenie dla praktyki** – przedstawienie sugerowanego wykorzystania dla praktyki

Jeśli artykuł nie pasuje do żadnej z powyższych struktur, należy użyć odpowiednio podobnej struktury. Autorzy mają obowiązek podania informacji, jaki rodzaj artykułu przesyłają do redakcji (oryginalny artykuł naukowy, artykuł przeglądowy, doniesienie naukowe, studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych lub z praktyki dla praktyki), oraz wstępnie kwalifikują artykuł do jednego z działów:
1. Rozdział autorski*
2. Postacie pożarnictwa
3. Organizacja i zarządzanie strategiczne
4. Nauki humanistyczne i społeczne na rzecz bezpieczeństwa
5. Partnerstwo dla innowacyjności na rzecz bezpieczeństwa
6. Badania i rozwój
7. Certyfikaty, aprobaty i rekomendacje
8. Technika i technologia
9. Szkolenia i propagowanie wiedzy
10. Z praktyki dla praktyki
11. Studium przypadku – Analiza zdarzeń rzeczywistych
12. Ratownictwo i medycyna katastrof
**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 przesyłać w formacie .xls (format programu Excel).
Artykuły bez elementów graficznych odpowiedniej jakości nie będą przyjmowane do druku.
Przy wszystkich tabelach, rycinach, wykresach, zdjęciach itd. należy podać źródło, z którego pochodzą, lub umieścić informację „Opracowanie własne".

Skróty
Rozwinięcia wszystkich użytych w artykule skrótów należy podać w formie wykazu na końcu artykułu.

Autor
W przypisie do nazwiska autora należy podać pełną nazwę instytucji oraz adres korespondencyjny (jak również adres e-mailowy). Autorzy proszeni są o załączenie krótkiej noty biograficznej (ok. 50 słów). Jeśli artykuł ma więcej niż jednego autora, należy podać udział procentowy poszczególnych osób w powstaniu artykułu oraz zakres wkładu merytorycznego (zob. **współautorstwo artykułu**)
Redakcja zobowiązuje się do zachowania poufności informacji dotyczących szczegółowych danych osobowych autorów i recenzentów.

Współautorstwo artykułu
Zgodnie z definicją współautorstwa zawartą w publikacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt. „Rzetelność w badaniach naukowych oraz poszanowanie własności intelektualnej" to pojęcie należy rozumieć w następujący sposób: Współautor to każdy, kto napisał niewielki nawet jego fragment, wniósł twórczy wkład w jego koncepcję lub układ, brał udział w projektowaniu badań naukowych, których wynikiem jest dany utwór. Współautorem nie jest osoba, która wykonywała czynności administracyjne związane z pracą nad stworzeniem dzieła naukowego (np. szef placówki naukowej, osoba pozyskująca środki do badań, osoba zbierająca dane lub wykonująca obliczenia statystyczne). Prawa do współautorstwa nie nabywa również konsultant, dzielący się swą wiedzą. W związku z powyższym Redakcja zobowiązuje autorów do podawania w artykułach wkładu procentowego oraz wykazywanie zakresu wkładu poszczególnych współautorów w powstanie artykułu, czyli tzw. atrybucji (autor koncepcji, założeń, metod) – tę informację należy umieścić w Deklaracji wkładu autorskiego, którą autor załącza do artykułu przesyłanego do redakcji.

Deklaracja wkładu autorskiego oraz informacja o źródle finansowania znajduje się na stronie internetowej: http://czytelnia.cnbop.pl/wytyczne-dla-autorow.
Redakcja zobowiązuje również autora/autorów do podania informacji o źródle finansowania badań. Odpowiedzialność za prawdziwość powyższych danych ponosi osoba przedkładająca artykuł do druku.

Zapora *ghostwriting* i *guest autorship*
Mając na uwadze prawdziwość publikowanych danych o wkładzie autorskim w powstanie zgłaszanych do druku artykułów i by uniknąć zjawisk typu *ghostwriting* i *guest autorship*, Redakcja kwartalnika „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" zobowiązuje autorów do rzetelnego wykazywania udziału osób trzecich w procesie powstawania artykułu.
1) *Ghostwriting* ma miejsce wtedy, gdy wkład w powstanie artykułu wniosła osoba niewymieniona w wykazie autorów lub w podziękowaniach.
2) *Guest autorship* zachodzi wtedy, gdy artykuł powstał bez udziału osoby wymienionej w wykazie autorów lub wniosła ona znikomy wkład w powstanie danej publikacji.
Zgodnie z wytycznymi Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego Redakcja prosi autorów o ujawnianie wkładu poszczególnych osób w powstanie artykułu przez podawanie udziału procentowego w przypisie do tytułu artykułu.
W przypadku stwierdzenia zjawisk typu *ghostwriting* lub *guest autorship* Redakcja będzie informowała o tym jednostkę naukową zatrudniającą autora, inne stowarzyszenia, których jest on członkiem, inne ośrodki naukowe i redakcje czasopism.

Etyka
Dane opublikowane w kwartalniku „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" powinny być oryginalne. Nie należy przesyłać tekstów, które zostały wcześniej opublikowane w innym czasopiśmie lub monografii. Podawanie fałszywych danych, plagiaty oraz inne działania, które mogą prowadzić do fałszywych wniosków, są nieetyczne. 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 nierzetelności naukowej redakcja będzie zgłaszać do odpowiednich organów instytucjonalnych.

Copyright
Autor przesyła do Wydawcy pocztą tradycyjną oświadczenie, w którym przekazuje zbywalne prawa autorskie na rzecz CNBOP-PIB na wszelkich polach eksploatacji umożliwiających publikowanie i powielanie w wersji drukowanej i elektronicznej (w tym również na stronie internetowej CNBOP-PIB) oraz na jego publikowanie w innych zintegrowanych naukowych źródłach informacyjnych z możliwością wglądu, pobierania i zwielokrotniania. Autor poświadcza również, że praca nie była wcześniej publikowana, a także nie narusza ona praw autorskich innych osób.
Oświadczenie o oryginalności artykułu oraz o przekazaniu praw autorskich znajduje się na stronie internetowej: http://czytelnia.cnbop.pl/wytyczne-dla-autorow.

Polityka Open Access
Kwartalnik „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" jest publikowany w darmowym i otwartym dostępie tzn. każdy użytkownik ma prawo czytać, kopiować, drukować, rozpowszechniać, cytować i przeszukiwać zasoby otwarte, w tym pełne teksty artykułów, z zachowaniem praw autorskich ich twórców. Użytkownik korzysta z zamieszczonych w Kwartalniku artykułów zgodnie z obowiązującymi przepisami o dozwolonym użytku, podając na kopii utworu informację o źródle i autorze/ach.

Procedura recenzyjna
Wszystkie napływające do Redakcji teksty przechodzą następującą procedurę zgodnie z wytycznymi Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego:
1. Wstępna ocena formalna
Nadesłany artykuł jest poddawany ocenie formalnej przez Redakcję (zgodność z profilem czasopisma oraz z wymogami technicznymi), a następnie kierowany do redaktora działu tematycznego.
2. Kwalifikacja przez Komitet Redakcyjny
Po zaakceptowaniu artykułu przez redaktora działu Redakcja konsultuje poprawność stylistyczną z redaktorami językowymi oraz obliczenia statystyczne z redaktorem statystycznym, jeżeli istnieje taka potrzeba. Artykuł trafia na listę artykułów oczekujących na publikację w Kwartalniku oraz pod obrady Komitetu Redakcyjnego i po akceptacji kierowany jest do recenzentów.
3. Proces recenzji
Artykuł przesyłany jest do dwóch niezależnych recenzentów, którzy są specjalistami w danej dziedzinie (wyższych lub równych stopniem naukowym z autorem), i nie są powiązani z autorem/autorami. **Zarówno autor, jak i recenzenci nie znają swoich tożsamości zgodnie z zasadą *double-blind review* (podwójnie ślepa recenzja).** Po otrzymaniu przez Redakcję dwóch arkuszy recenzji autor informowany jest o ewentualnych uwagach i poprawkach recenzenckich, które powinien nanieść na tekst.
4. Decyzja o publikacji artykułu
Jeżeli jeden z recenzentów dopuści tekst do druku, a drugi odrzuci, redaktor działu, do którego zakwalifikowano artykuł, oraz Redakcja na podstawie analizy uwag zawartych w recenzjach i ostatecznej wersji artykułu podejmują decyzję o skierowaniu go do trzeciego recenzenta. W sytuacji, gdy trzeci recenzent odrzuci artykuł, Redakcja wycofuje tekst z listy oczekujących na publikację w Kwartalniku oraz informuje o swojej decyzji autora artykułu.
5. Konsultacja z Radą Naukową
Po pomyślnym przejściu procedury recenzyjnej tytuł i abstrakt artykułu jest konsultowany z członkami Rady Naukowej kwartalnika – organem opiniującym naukowy kierunek czasopisma.
6. Wybór artykułu numeru
Komitet Redakcyjny po uwzględnieniu opinii recenzenckich wybiera artykuł rekomendowany uwadze Czytelników w danym numerze kwartalnika.

Zapraszamy Autorów, niezależnie od afiliacji, do nadsyłania swoich prac.

Artykuły należy przesyłać na adres:
Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowy Instytut Badawczy
ul. Nadwiślańska 213
05-420 Józefów k/Otwocka
Kwartalnik CNBOP-PIB
e-mail: kwartalnik@cnbop.pl

Guide for Authors

Typescript
Articles should be submitted electronically in Word format. Editors will accept for publication original research material, short scientific report, review articles, case studies – analysis of actual events and best practice in action articles. The script in Polish or Russian or English should 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
12. Rescue and Disaster Medicine
**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., uppercase CAPITALS) and in English (Times New Roman 14 pts., lowercase)
2) Structured Abstract – four paragraphs with headings in boldface type, **about 2500 symbols – including spaces in Polish or Russian** (but not less than 2400) and **about 2500 symbols – including spaces in English (but not less than 2400)**; Times New Roman 10 pts. (Native English-speaking authors are requested to provide the abstract only in English language)
3) Keywords (in Polish and English or Russian and English, or only in English in case of native English-speaking authors, a total of 10 phrases; Times New Roman 10 pts.)
4) Introduction
5) Methods
6) Results
7) Discussion about methods and results
8) Summing-up/Conclusions
9) Literature
10) Biographical note about the author(s)
B. Structure of a review article/case study – analysis of actual events / best practice in action article:
1) Title – in Polish or Russian (Times New Roman 16 pts., uppercase CAPITALS) and in English (Times New Roman 14 pts., lowercase)
2) Structured Abstract – four paragraphs with headings in boldface type, **about 2500 symbols – including spaces in Polish or Russian** (but not less than 2400) and **about 2500 symbols – including spaces in English (but not less than 2400)**; Times New Roman 10 pts. (Native English-speaking authors are requested to provide the abstract only in English language)
3) Keywords (in Polish and English or Russian and English, or only in English in case of native English-speaking authors, a total of 10 phrases; Times New Roman 10 pts.)

4) Introduction
5) Chapters titled by the author
6) Summing-up
7) Conclusions
8) Literature
9) Biographical note about the author(s)

Literature
Literature references are identified at the end of the article in a sequence as they appear in the text. Bibliographic commentary should be in a uniform version. **Names and titles, written in Cyrillic should appear in the transliteration in accordance with the standard 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, [accessed: 06.05.2013].

Statute, standards and EU Directives
1) Statute dated 24 August 1991 concerning The Polish State Fire Service (Dz. U. [Journal of Laws] 2009 No. 12 item 68)
2) PN-EN 54-4:2001 Fire alarm systems – Part 4: Power supply.
3) Commission Directive 2009/149/WE dated 27 November 2009 concerning directive 2004/49/WE of the European Parliament dealing with community safety indicators and community methods of calculating costs of incidents.

Tables, figures and illustrations
Captions for tables, figures and illustrations as well **as texts in tables, figures and illustrations** should be in the language in which the article was written **and in English**. Tables should be incorporated in the text and, additionally, produced in a separate file and submitted as an enclosure to the article. As a rule, figures should be submitted in a form ready for printing, in separate files (jpg or tiff format – minimum 300 dpi, about 1MB). Diagrams made in Excel (or its analogue) should be sent in .xls format. Articles without graphic elements of appropriate quality will not be printed. Authors shall always indicate sources while presenting tables, figures, diagrams and photographs or inform about own elaboration using caption: "Author's own elaboration".

Abbreviations
At the end to the article the author should draw up the list of abbreviations used in the paper with the information what they stand for.

Author
The authors name should be accompanied by a note reflecting the full name of the institution, and the address for correspondence (e-mail address). Authors are requested to enclose a short biographical note (about 50 words). If an article has more than one author, it is necessary to indicate the percentage contribution of each individual to the creation of the article as well as the scope of authors' contribution **(see Co-authorship)**
Editors are obliged to preserve the confidentiality of personal in- formation 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 ac- knowledgements.
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 direc- tions from the Minister of Science and Higher Education, the Editorial Board requires authors to disclose individual contri- butions 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 webstie: 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 фор- мате Word. Редакция принимает к печати оригинальные научные статьи, предварительные отчёты, обзорные статьи, тематические исследования, а также статьи с практики для практики. Машинопись на польском, английском или русском языке не должна превышать 22 страниц (формат A4, шрифт Times New Roman 12 пунктов, межстрочный интервал 1,5), написан без разделения на столбцы (вместе 40 000 знаков, включая пробелы).

Определения видов статей
А. Оригинальная научная статья - описывает результаты ещё неопубликованных исследований и научных экспериментов автора или непосредственно подчинённой ему исследовательской группы, новые в отношении к существующим знаниям и достижениям в данной области, составляющие оригинальный вклад в мировую науку. Научные публикации обычно являются первичным научным источником.
Б. Предварительный отчёт – описывает предварительные, но на данном этапе обещающие результаты проведённых, но ещё неоконченных научных исследований.
В. Обзорная статья – описывает актуальное состояние знаний в данной тематической области, время от времени при учтении спорных вопросов; в статье находятся теоретическое описание, актуальная и правильно выбранная литература, практический аспект вопроса; автор должен учесть неразрешенные проблемы, касающиеся этого вопроса.
Г. Тематическое исследование – анализ реальных случаев –статья включает описание события или случая (одного или нескольких), 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 из этих практик могут иметь практическое применение в других похожих случаях.

Структурированные аннотации
Статья направленная в редакцию должна содержать двуязычную структурированную аннотацию оформленную согласно одному из нижеприведённых образцов. Статьи без структурированной аннотации содержащей минимум 2400 знаков с пробелами не будут допущены редакционным советом в рецензионный процесс.

1) Структура аннотации оригинальной научной статьи / научного отчёта
• **Цель** – должна ясно представлять гипотезу, поставленную в статье;
• **Проект и методы** – инструменты и методы, использованные в исследованиях;
• **Результаты** – результаты исследований;
• **Выводы** – относительно гипотезы, а также возможные направления будущих исследований.

2) Структура аннотации обзорной статьи / тематического исследования – анализа реальных событий
• **Цель** – главные вопросы заданы в статье;
• **Введение** – контекст / общий план представленного в статье вопроса / проблемы / события;
• **Методология** – инструменты и методы, использованные в исследованиях;
• **Выводы** – главные выводы, вытекающие из обзорного анализа / анализа реальных событий

3. Структура аннотации статьи с практики для практики
• **Цель** – главные вопросы заданы в статье;
• **Введение** – контекст / общий план, представленного в статье вопроса / проблемы;
• **Выводы** – главные выводы, вытекающие из статьи и их значение для данной области
• **Значение для практики** – представление суггестии предлагаемого использования в практике

Если статья не отвечает ни одной из вышеприведённых структур, автор должен применить наиболее похожую структуру. Авторы обязаны передать информацию, какой вид статьи они направляют в редакцию (оригинальная научная статья, предварительный отчёт, обзорная статья, тематическое исследование, статья с практики для практики), а также предварительно определить в который из нижеприведенных разделов редакция должна поместить статью:
1. Авторская глава*
2. Лица пожарной охраны
3. Организация и стратегическое руководство
4. Гуманистические и общественные науки на благо безопасности
5. Партнерство для развития в целях безопасности
6. Исследования и развитие
7. Сертификация, одобрения и рекомендации
8. Техника и технология
9. Обучение и пропагандирование знаний
10. С практики для практики
11. Тематическое исследование – анализ реальных событий
12. Служба спасения и медицина катастроф
** К этому разделу Редакционный Совет пририс*ует особенно интересные статьи

Структура статьи
А. Структура оригинальной научной статьи/предварительного отчёта:
1) Заглавие - на польском или русском языке (Times New Roman 16 пунктов, ЗАГЛАВНЫЕ), **а также на английском языке** (Times New Roman 14 пунктов, строчные)
2) Структурированная аннотация (резюме) – четыре абзаца с заглавиями, записанные жирным шрифтом, около **2500 знаков с пробелами на польском языке либо** русском **языке** и (но мин. 2400 знаков с пробелами) **около 2500 знаков с пробелами на английском языке (но мин. 2400 знаков с пробелами)**; Times New Roman 10 пунктов. (От англоязычных авторов (родным языком которых является английский требуют аннотацию только на английском).
3) Ключевые слова (на польском и английском языках или русском и английском, либо только на английском (в случае англоязычных авторов) в общем до 10 выражений; Times New Roman, 10 пунктов)
4) Введение
5) Методы
6) Результаты

7) Дискуссия над методами и результатами
8) Подведение итогов/Выводы
9) Литература
10) Биографическая справка об авторе/авторах

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: *Udaleniye 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 napawaniu części maszyn*, in: T*echnologia 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 otnositel'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 1Мб).

Диаграммы созданные в программе Excel (или её аналогах) надо передавать в формате .xls (формат программы Excel). Статьи с графическими изображениями плохого качества не будут приняты в печать. На все таблицы, рисунки, диаграммы, фотографии и др. обязательно должны быть ссылки. Изображения разработанные автором обозначаются подписью «Собственная разработка».

Аббревиатуры

В конце статьи следует представить список всех использованных в тексте аббревиатур.

Автор

В сноске к фамилии автора следует подать полное название и адрес учреждения (также электронный), а в случае ведущего автора, также корреспонденционный адрес (адрес е-маил). Авторов просят о привлечении короткой биографической справки (около 50 слов). Если статья имеет больше чем одного автора, следует подать процентное участие отдельных личностей в возникновении статьи и описание способа участия в её подготовке **(смотри Соавторство статьи)** Редакция обязывается к соблюдению конфиденциальности информации, касающейся персональных данных авторов и рецензентов.

Соавторство статьи

Согласно определению о соавторстве, содержащемуся в публикации Министерства Науки и Высшего Образования под заглавием **„Тщательность в научных исследованиях и уважение к правам интеллектуальной собственности**" этот термин следует понимать в следующий способ:

Соавтор это каждый, кто даже написал небольшой фрагмент, внес творческий вклад в концепцию или системы,

принимал участие в проектировании научных исследований, которые являются результатом данной работы. Соавтором не является лицо, которое выполняет административную деятельность, связанную с работой над созданием научного дела (напр. шеф научного учреждения, лицо, добывающее средства на исследования, лицо, собирающее данные или выполняющее статистические расчёты). Права на соавторство также не приобретает консультант, который делится своими знаниями.

В связи с вышеупомянутым Редакция обязывает авторов к подаче в статьях процентного вклада отдельных соавторов в возникновение статьи, то есть так называемой атрибуции (автор концепции, оснований, методов) – эту информацию следует поместить в **Объявлении о соавторстве**, прилагаемым к статьи представленной в редакцию.

Объявление о соавторстве и источниках финансирования находится на интернет-сайте: http://czytelnia.cnbop.pl/ru/node/49.

Редакция обязывает также автора/авторов предоставить ин- формацию 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 автор- ском вкладе в возникновение статей, которые предъявля- ются 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 напи сана без участия лица, указанного в списке авторов или она сделала незначительный вклад в возникновение данной публикации.
Согласно поставлениям Министерства Науки и Высшего Образования Редакция просит авторов о предъявлении вклада отдельных лиц в создании статьи путём подачи процентного участия в сноске к заглавию статьи.
В случае подтверждения явлений типа ghostwriting или guest autorship Редакция будет информировать об этом научную организацию, трудоустраивающую автора, другие общества, в которых является он членом, другие научные центры и редакции журналов.

Этика
Данные, опубликованные в ежеквартальном журнале «Безопасность и Пожарная Техника», должны быть оригинальны. Не следует посылать текстов, которые были ранее опубликованы в другом журнале или монографии. Предоставление ложных данных, плагиатов и иной деятельности, которая может привести к ложным выводам, являются неэтичными. 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 анитплагиатной программе, работающей в режиме онлайн (Plagiat.pl). Отправление статей в редакцию означает акцептацию факта, что статья может быть подана такой оценке.
О всех обнаруженных случаях научной нечестности редакция будет информировать соответствующие институциональные органы.

Авторское право
Автор отправляет Издателю по традиционной почте заявление, в котором передает авторские права для CNBOP-PIB и в это время разрешает любое использование, в том числе публикацию и воспроизведение данной статьи в печатной и электронной версиях, в том числе на сайте CNBOP-PIB и других научных электронных ресурсах с возможностей просмотра, скачивания и копирования. Автор удостоверяет, что работа не была опубликована раньше и не нарушает она авторских прав других лиц.

Объявление об оригинальности и передачи авторских прав находится на интернет-сайте: http://czytelnia.cnbop.pl/ru/node/49.

Политика открытый доступ
Ежеквартальник BiTP „Безопасность и Пожарная Техника" публикуется в открытом и бесплатном доступе т.е. каждый пользователь в праве читать, копировать, печатать, распространять, цитировать и пересматривать открытые ресурсы, в том полные тексты статей с сохранением авторских прав их создателей.
Пользователь использует помещенные в Ежеквартальнике статьи согласно действующим правилам допустимого использования, указывая на копии произведения информацию об источнике и авторе/авторах.

Рецензийный процесс
Все поступающие в Редакцию статьи проходят следующую процедуру согласно с указаниями Министерства Науки и Высшего Образования
1. Вступительная формальная оценка
Отправленная статья поддается формальной оценке Редакции (совместимость с профилем журнала и техническими требованиями), а затем направляется к редактору тематического отдела.
2. Квалификация Редакционным Комитетом
По одобрению статьи редактором отдела, Редакция консультирует стилистическую корректность с языковыми редакторами, а также статистические вычисления со статистическим редактором, если существует такая потребность. Статья попадает в список статей ожидающих публикацию в ежеквартальном Журнале, а также на обсуждение Редакционного Комитета и по одобрению направляется к рецензентам.
3. Процесс рецензии
Статья отправляется к двум независимым рецензентам, которые являются специалистами в данной отрасли (больше или ровных научной степенью с автором), и не связаны с автором/авторами. Одинаково автор, как и рецензенты не знают своих тождественности согласно принципу doubleblind review (вдвойне слепая рецензия). После получения Редакцией двух листов рецензии автор информируется о возможных замечаниях и поправках рецензентов, которые должен нанести в тексте.
4. Решение о публикации статьи
Если один из рецензентов допустит текст к печати, а другой отвергнет, редактор отдела, к которому квалифицирована статья, а также Редакция на основании анализа замечаний, составленных в рецензиях и окончательной версии

статьи, принимают решение о её направлении к третьему рецензенту. В ситуации, когда третий рецензент отбросит статью, Редакция изымает текст из списка ожидающих на опубликование в ежеквартальном Журнале и также сообщает о своем решении автора статьи.

5. Консультация с Научным Советом

После успешного завершения процедуры рецензии, заглавие и абстракт статьи консультируется с членами Научного Совета ежеквартальника – консультативным органом научного направления журнала.

6. Выбор номера статьи

Редакционный Комитет, учитывая мнение рецензентов выбирает статью, рекомендованную вниманию Читателей в данном номере ежеквартальника.

Приглашаем Авторов, независимо от принадлежности, представить свои работы.

Статьи следует направлять по адресу:
Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны им. Иосифа Тулишковского – **Государственный Исследовательский Институт**
ул. Надвисьляньска 213
05-420 Юзефув около Отвоцка, Польша
Ежеквартальный журнал CNBOP-PIB
Электронная почта:
kwartalnik@cnbop.pl;
jpinkiewicz@cnbop.pl

BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza

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
- VINITI

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

Safety & Fire Technique

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
- VINITI

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

Безопасность и Пожарная Техника

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
- ВИНИТИ

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

CNBOP-PIB

Zapraszamy na szkolenia z zakresu ochrony przeciwpożarowej i ochrony ludności

SZKOLENIA CNBOP-PIB

NOWOŚĆ Instalacje pianotwórcze w ochronie przeciwpożarowej

Obowiązki właścicieli, zarządców i użytkowników obiektów budowlanych z zakresu ochrony przeciwpożarowej

NOWOŚĆ Szkolenie z zakresu ochrony ppoż. dotyczące drzwi i innych zamknięć przeciwpożarowych. Dobór, montaż, przegląd i konserwacja

Przygotowanie obiektów budowlanych w zakresie ochrony przeciwpożarowej do odbioru przez Państwową Straż Pożarną

Szkolenie aktualizacyjne dla inspektorów ochrony przeciwpożarowej

Oświetlenie awaryjne — projektowanie, instalacja i konserwacja

Stałe urządzenia gaśnicze gazowe w ochronie przeciwpożarowej

Pełną ofertę szkoleń znajdą Państwo na naszej stronie **www.cnbop.pl**

DZIAŁ SZKOLEŃ CNBOP-PIB
Ilona Masna — Kierownik Działu Szkoleń

imasna@cnbop.pl

+48 22 769 33 04

Zapisy na www.cnbop.pl

Osiągnięcia Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej *im. Józefa Tuliszkowskiego* Państwowego Instytutu Badawczego na targach, wystawach i konkursach krajowych i międzynarodowych w 2014 roku. Nagrody dla projektów

Achievements of the Scientific and Research Centre for Fire Protection National Research Institute at fairs, exhibitions, national and international competitions in 2014. Awards for projects

Достижения Научно-Исследовательского Центра Противопожарной Охраны им. Иосифа Тулишковского – Государственного Исследовательского Института на международных и национальных выставках, ярмарках и конкурсах в 2014 году. Награждение проектов

Projekt pt. „Zaawansowane technologie teleinformatyczne wspomagające projektowanie systemu ratowniczego na poziomach: gmina, powiat, województwo" realizowany w konsorcjum naukowo-przemysłowym w składzie: Szkoła Główna Służby Pożarniczej – lider, Uczelnia Techniczno-Handlowa im. Heleny Chodkowskiej, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, ITTI Sp. z o.o., Asseco Poland S.A.

- Nagroda pierwszego stopnia w kategorii e-technologie, e-usługi podczas konkursu „Jurajski Produkt Roku 2014";
- Nagroda specjalna podczas 66. Międzynarodowych Targów „Pomysły, Wynalazki, Nowe Produkty iENA 2014";
- Złoty medal na X Międzynarodowych Targach Wynalazków i Technologii INST 2014;

Project „ Advanced IT technologies supporting the process of designing rescue system on the levels of commune, district, province" run by a scientific and industrial consortium of: the Main School of Fire Service (leader), Helena Chodkowska University of Technology and Economics in Warsaw, Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, ITTI Sp. Z o.o., Asseco Poland S.A.

- First Degree Award in the category e-technologies, e-services in a "Jurassic Product of the Year 2014"
- Special award at the 66th international trade fair "Ideas, Inventions, New products iENA 2014"
- Gold medal at the Xth International Fair of Inventions and Technologies INST 2014;

Проект „Передовые теле-информационные технологии, поддерживающие проектировку спасательной системы на уровнях: гмина, повят**, воеводство"** реализован в научно-промышленном консорциуме: Главная Школа Пожарной Службы – лидер, Техническо-Торговая Высшая школа им. Елены Ходковской, Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны - Государственный Исследовательский Институт, ITTI Sp. z o.o., Asseco Poland S.A.

- Награда первой степени в категории электронные технологии и электронные услуги во время конкурса „Юрайский продукт 2014 года"
- Специальная награда во время 66 Международной ярмарки „Идеи, изобретения, новые продукты iENA 2014"
- Золотая медаль на 10 Международной ярмарке изобретений и технологий INST 2014

Projekt pt. „Zintegrowany system budowy planów zarządzania kryzysowego w oparciu o nowoczesne technologie informatyczne" realizowany w konsorcjum naukowo-przemysłowym w składzie: Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej Państwowy Instytut Badawczy**,** Akademia Obrony Narodowej – Wydział Bezpieczeństwa Narodowego**,** Szkoła Główna Służby Pożarniczej**,** Związek Ochotniczych Straży Pożarnych Rzeczpospolitej Polskiej**,** ASSECO Poland S.A.

- Nagroda pierwszego stopnia w kategorii e-technologie, e-usługi „Jurajski Produkt Roku 2014"
- Brązowy „Laur Innowacyjności 2014 w ogólnopolskim konkursie im. Stanisława Staszica na najlepsze produkty innowacyjne „Laur Innowacyjności 2014"
- Złoty medal podczas 63. Targów Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technologii „BRUSSELS INNOVA 2014"

Project "Integrated system of creating emergency management plans based on modern information technologies" run by a scientific and industrial consortium of: Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, National Defense University – National Safety Department, the Main School of Fire Service, Union of Volunteer Fire Departments of the Republic of Poland, ASSECO Poland S.A.

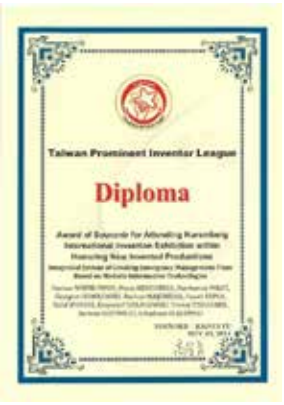
- First Degree Award in the category e-technologies, e-services in a "Jurassic Product of the Year 2014"
- Bronze "Laurel of Innovation 2014" in the Polish national competition for best innovative products "Laurel of Innovation 2014"
- Gold medal at the 63rd edition of International Exhibition of Invention, Research and New Technologies "BRUSSELS INNOVA 2014"

Проект „Интегрированная система подготовки планов кризисного управления на основе современных информационных технологий, реализован в составе консорциума: Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт (CNBOP-PIB), Академия Национальной Обороны – WBN, Главная Школа Пожарной Службы, Союз Добровольной Пожарной Службы Республики Польша, Asseco Poland S.A.

- Награда первой степени в категории электронные технологии и электронные услуги во время конкурса „Юрайский продукт 2014 года"
- Бронзовый „Лавр инновации 2014" в общепольском конкурсе имени Станислава Сташица за лучшие инновационные продукты „Лавр Инновации 2014"
- Золотая медаль во время 63 ярмарки изобретений, научных исследований и новых технологий „BRUSSELS INNOVA 2014"

- 2 złote medale i dyplom podczas 39. edycji Międzynarodowych Targów Wynalazczości „INOVA CROATIA 2014”
- Two gold medals and a diploma at the 39th edition of International Innovation Show “INOVA CROATIA 2014”
- 2 золотые медали и диплом во время 39-й Международной выставки изобретений „INOVA CROATIA 2014”

- Złoty medal podczas 14 edycji Międzynarodowych Targów Wynalazczości „The British Invention Show BIS 2014”
- Złoty medal i nagroda specjalna od „Taiwan Prominent Inventor League” podczas 66. Międzynarodowych Targów „Pomysły, Wynalazki, Nowe Produkty iENA 2014”
- Gold medal at the 14th edition of “The British Invention Show BIS 2014”
- Gold medal and a special award from “Taiwan Prominent Inventor League” at the 66h edition of the International trade fair “Ideas, Inventions, New products iENA 2014”
- Золотая медаль во время 14-й Международной выставки изобретений „British Invention Show (BIS) – 2014”
- Золотая медаль и специальная награда от „Taiwan Prominent Inventor League” во время 66-й Международной ярмарки „Идеи, изобретения, новые продукты iENA 2014”



- Złoty medal z wyróżnieniem podczas „VIII Międzynarodowej Warszawskiej Wystawy Wynalazków IWIS 2014”
- Medal podczas Międzynarodowej Wystawy Wynalazków i Innowacji: Międzynarodowej Konferencji i Targów Nafta i Gaz 2014 oraz Expochem 2014
- Diamentowa Statuetka „Lider Bezpieczeństwa Państwa 2014”
- Gold medal and a diploma at the “VIIth International Warsaw Invention Show IWIS 2014”
- Medal at the International Fair of Inventions: International Conference and Exhibition Oil & Gas 2014 and Expochem 2014
- Diamond statuette “National Safety Leader 2014”
- Золотая медаль с отличием во время VII Международного варшавского салона изобретений IWIS 2014
- Медаль во время Международной выставки изобретений и инноваций: Международной конференции и ярмарки „Нефть и Газ 2014” и „Expochem 2014”
- Алмазная статуэтка „Лидер государственной безопасности 2014”

- Złoty medal od Uniwersytetu Technicznego z Mołdawii oraz srebrny medal za udział w Targach EUROINVENT
- Złoty medal z wyróżnieniem podczas II Międzynarodowych Targów Wynalazczości TUNIS'INNOV 2014
- Gold medal and a diploma from Technical University in Moldova, Silver medal and a diploma for participation in EUROINVENT Fair
- Gold medal with a distinction at the 2nd International Innovation Fair TUNIS'INNOV 2014
- Золотая медаль от Технического Университета в Молдавии и серебряная медаль за участие в ярмарке EUROINVENT
- Золотая медаль с отличием во время II Международной ярмарки изобретений TUNIS'INNOV 2014

- Srebrny medal i dyplom dla zespołu (kierowników merytorycznych) oraz specjalne wyróżnienie od Stowarzyszenia Wynalazców z Tajwanu podczas XVII Moskiewskiego Międzynarodowego Salonu Wynalazków i Innowacyjnych Technologii „Archimedes 2014"
- Silver medal and a diploma for the group of functional managers and a special distinction from the Association of Taiwan Inventors at the XVIIth edition of Moscow International Salon of Inventions and Innovation Technologies "Archimedes 2014"
- Серебряная медаль и диплом для группы (основные руководители) и специальный отзыв от Ассоциации Изобретателей из Тайвана во время XVII Московского Международного Салона Изобретений и Инновационных Технологий „Архимед 2014"

- Srebrny medal oraz dyplomy dla wszystkich członków konsorcjum i dla zespołu projektowego (kierowników merytorycznych) podczas 42. Międzynarodowej Wystawy Wynalazczości, Nowoczesnej Techniki i Wyrobów w Genewie
- Silver medal and diplomas for all consortium members and a project group (functional managers) at the 42nd International Exhibition of Inventions, New Techniques and Products in Geneva
- Серебряная медаль и дипломы для всех членов консорциума и для проектной группы (основные руководители) во время 42 Международной Выставки Изобретений, Современной Техники и Продуктов в Женеве

Projekt pt. „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia Straży Pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania" realizowany ze środków finansowych NCBR w konsorcjum naukowo-przemysłowym w składzie: Szkoła Główna Służby Pożarniczej (lider), Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, MLabs, TELDAT, CMGI

- Srebrny medal podczas „X Międzynarodowych Targów Wynalazków i Technologii INST 2014"

Project "Development of methodology for continuous monitoring of selected areas of fire service equipment, in the framework of reliability and effectiveness of action" funded by NCBR and run by a scientific and industrial consortium of: the Main School of Fire Service, Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, MLAbs, TELDAT, CMGI

- Silver medal at the Xth "International Fair of Invention and Technologies INMST 2014"

Проект „Разработка методологии непрерывного надзора эксплуатации отрасли оснащения Пожарной Службы в сфере надёжности и эффективности проводимых действий" реализован с помощью финансовых ресурсов NCBR в научно-промышленном консорциуме: Главная Школа Пожарной Службы, Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт (CNBOP-PIB), MLabs, TELDAT, CMGI

- Серебряная медаль во время X Международной Выставки Изобретений и Технологии INST 2014

Projekt „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych" realizowanego ze środków finansowych NCBR w składzie: Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy**,** Politechnika Warszawska**,** Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie, Thermolab

- Srebrny medal oraz nagroda specjalna International Intellectual Property Network Forum, Taipei/Tajwan

Projekt pt. „Opracowanie innowacyjnego Środka przeznaczonego do usuwania zanieczyszczeń i skażeń z infrastr**uktury drogowej i przemysłowej" realizowany w konsorcjum z Instytutem Ciężkiej Syntezy Organicznej Blachownia oraz P.P.H. Chemkonfekt.**

- Godło Promocyjne „Teraz Polska" dla przedsięwzięć innowacyjnych
- Nagroda I stopnia „Lider Bezpieczeństwa Państwa 2014"
- XXI Giełda Wynalazków – nagroda

Project "Development of innovative system of posts for examination of personal protections" funded by NCBR, run by a consortium of: the Main School of Fire Service, Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Warsaw University of Technology, SA PSP in Cracow, Thermolab

- Silver medal and a special award International Intellectual Property Network Forum, Taipei

Project "Development of innovative agent designed to remove pollution and contamination from road and industrial infrastructure" realized in consortium with the Institute of Heavy Organic Synthesis and P.P.H. Chemkonfekt.

- Promotional emblem "Poland Now" for innovative projects
- First degree award "National Safety Leader 2014"
- Award at XXIth Invention Fair

Проект „Разработка инновационной системы (установок) для исследования средств индивидуальной защиты" реализован с помощью финансовых ресурсов NCBR в консорциуме: Главная Школа Пожарной Службы, Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт (CNBOP-PIB), Варшавская Политехника, Школа Аспирантов Государственной Пожарной Службы в Кракове, Thermolab

- Серебряная медаль и специальная награда Intellectual Property Network Forum, Тайвань

Проект „Разработка инновационного вещества для удаления загрязнений и заражений с дорожной и промышленной инфраструктуры» реализован в консорциуме с Институтом тяжелого органического синтеза Блаховня и Хемконфект

- Рекламная эмблема „Польша Сегодня" для инновационных мероприятий
- Награда первой степени „Лидер государственной безопасности 2014"
- XXI Биржа изобретений – награда

Projekt pt. „Nowoczesne ochrony osobiste służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych" – „FIREGUARD" realizowany w latach 2012–2015 przez konsorcjum w składzie: Szkoła Główna Służby Pożarniczej (lider), Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – PIB, Instytut Technologii Bezpieczeństwa – MORATEX, Politechnika Łódzka, Uniwersytet Medyczny w Łodzi - Centralny Instytut Ochrony Pracy – PIB, ZOSP RP – Wytwórnia Umundurowania Strażackiego, ARLEN S.A., TEXA s.c., Kaliskie Zakłady Przemysłu Terenowego Sp. z o.o.

- Nagroda I stopnia podczas II Edycji Ogólnopolskiego Konkursu „Lider bezpieczeństwa państwa 2014".

Project "Modern personal protections of rescue services of the National Firefighting and Rescue System on the basis on the end users' needs" – "FIREGUARD" realized in 2012-2015 run by a consortium of: the Main School of Fire Service, Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Safety Technology Institute – MORATEX, Łódź University of Technology, Medical University of Lodz, Central Institute for Labour Protection, Union of Volunteer Fire Departments of the Republic of Poland (ZOSP RP), ARLEN S.A., TEXA s.c., Kaliskie Zakłady Przemysłu Terenowego Sp. z o.o.

- First degree award at the 2nd edition of national competition "National Safety Leader 2014"

Проект „Современные средства индивидуальной защиты спасательных служб Национальной Спасательно-гасящей Системы на основе потребностей конечных потребителей" „FIREGUARD" реализован в 2012–2014 гг. консорциумом: Главная Школа Пожарной Службы, Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт (CNBOP-PIB), Институт Технологии Безопасности – MORATEX, Лодзинский технический университет, Лодзинский медицинский университет , Союз Добровольной Пожарной Службы Республики Польша – Производитель Пожарной Одежды, ARLEN S.A., TEXA s.c., Завод внедорожной техники в г. Калиш Sp, z.o.o.

- Награда первой степени во время II выпуска Общепольского конкурса „Лидер государственной безопасности 2014»

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej *im. Józefa Tuliszkowskiego* Państwowy Instytut Badawczy

Najważniejsze wydarzenia

1972

Utworzenie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ochrony Przeciwpożarowej (OBROP) w Józefowie-Dębince na podstawie zarządzenia Nr 81 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 14 sierpnia 1972 r. (Dz. Urz. MSW Nr 7, poz. 24).

1974

Ustanowienie OBROP jako ośrodka normalizacyjnego w resorcie spraw wewnętrznych na podstawie zarządzenia Nr 66/67 Ministra Spraw Wewnętrznych.

1984

Przekształcenie OBROP w Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej (CNBOP), na podstawie zarządzenia Nr 9/84 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 28 stycznia 1984 r. (Dz. ZiR KG SP Nr 1–2, poz. 3).

1992

Włączenie CNBOP w poczet jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej w rozumieniu ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej.

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).

1997

Nadanie CNBOP imienia Józefa Tuliszkowskiego na podstawie zarządzenia Nr 4 Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 23 stycznia 1997 r. (Dz. Urz. MSWiA Nr 2. poz. 22).

1998

Utworzenie w CNBOP **Jednostki Certyfikującej** w celu prowadzenia oceny zgodności wyrobów wprowadzanych do obrotu i stosowanych w ochronie przeciwpożarowej.

1999

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez **Jednostkę Certyfikującą**, numer certyfikatu 63/Cw-69/99 (obecnie **certyfikat akredytacji Nr AC 063** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).

2001

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez kolejne 3 laboratoria badawcze:
Zakład-Laboratorium Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpożarowych otrzymuje certyfikat akredytacji Nr L 305/1/2000 (następnie certyfikat akredytacji Nr **AB 305** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji),
Laboratorium Środków Gaśniczych i Sprzętu Podręcznego, Nr certyfikatu L 306/1/2000 (następnie Zakład-Laboratorium Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpożarowych, certyfikat akredytacji Nr **AB 305** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji),
Laboratorium Pojazdów i Wyposażenia otrzymuje certyfikat akredytacji Nr L 307/1/2000 (następnie Zakład-Laboratorium Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej, certyfikat akredytacji Nr **AB 059; AB060** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).

2003

Przekształcenie CNBOP z państwowej jednostki budżetowej w **jednostkę badawczo-rozwojową**, w rozumieniu ustawy z dnia 25 lipca 1985 r. o jednostkach badawczo-rozwojowych. Wpisanie CNBOP do Krajowego Rejestru Sądowego. Uzyskanie przez CNBOP **autoryzacji Ministra Gospodarki**, **Pracy i Polityki Społecznej** w zakresie dyrektywy 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej.

2004

Uzyskanie przez CNBOP **autoryzacji Ministra Infrastruktury** w zakresie dyrektywy 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych.

Uzyskanie przez CNBOP **notyfikacji Komisji Europejskiej** (**numer identyfikacji 1438**) w zakresie dyrektyw: 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej, 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych.

Utworzenie **Zakładu Aprobat Technicznych**, realizującego zadania CNBOP w zakresie regulacji rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 8 listopada 2004 r. w prawie aprobat technicznych oraz jednostek organizacyjnych upoważnionych do ich wydawania (Dz. U. Nr 249, poz. 2497).

Rozpoczęcie przez CNBOP prowadzenia oceny zgodności wyrobów budowlanych – w europejskim systemie oceny zgodności – oznakowanie CE, i w krajowym systemie oceny zgodności – znak budowlany B.

2010

Nadanie przez Radę Ministrów Centrum Naukowo-Badawczemu Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego w Józefowie **statusu państwowego instytutu badawczego** (Dz. U. Nr 181, poz. 1219), a tym samym wejście CNBOP do prestiżowego grona kilkunastu państwowych instytutów badawczych.

2011

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji przez **Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości**, certyfikat akredytacji **Nr AB 1280**.

2013

Utrzymanie kategorii B w ocenie parametrycznej Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Objęcie 4 pozycji w grupie wspólnej oceny.

2014

22 grudnia 2014 roku Komenda Główna Obrony Cywilnej Ministerstwa Spraw Wewnętrznych Zjednoczonych Emiratów Arabskich (ang. *General Headquarters of Civil Defence, Ministry of Interior UAE*) uznała działalność Jednostki Certyfikującej i Laboratorium badawczego BA CNBOP-PIB w zakresie urządzeń sygnalizacji alarmu pożaru i automatyki pożarniczej. W związku z tym faktem, CNBOP-PIB może wydawać certyfikaty zgodności, które są uznawane na rynku ZEA, w oparciu o posiadane przez Klientów i wydane przez CNBOP-PIB certyfikaty stałości właściwości użytkowych (CPR).

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).

1974

Granting OBROP the standardization centre status in the Home Affairs Department on the basis of Regulation No. 66/67 of the Mini- ster of Home Affairs.

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).

1992

Inclusion of CNBOP into State Fire Service organizational units in reference to the State Fire Service Act of 24 August 1991.

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).

1997

CNBOP was named after Józef Tuliszkowski under Regulation No. 4 of the Minster of Interior and Administration of 23 January 1997 (Dz. Urz. MSWiA [Official Journal of the Ministry of Interior and Administration] No. 2, item 22).

1998

Establishment of **CNBOP Certification Department** aimed at assessment of the compliance of marketed products used in fire protection.

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).

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 Mem- ber States relating to construction products.

Establishment **of Technical Approval Department**, aimed at realizing the tasks of CNBOP within the scope of the control of Regu- lation 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.

2010

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 in Poland.

2011

CNBOP-PIB Combustion Processes and Explosion Laboratories were granted accreditation by the Polish Centre for Accreditation, Accreditation Certificate No. **AB 1280.**

2013

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.

2014

On the 22th of December 2014 the General Headquarters of Civil Defence, Ministry of Interior of the United Arab Emirates recognized CNBOP-PIB Certification Department and BA Research Laboratory activities in the scope of fire alarm equipment. Consequently, CNBOP-PIB can issue certificates of conformity, which are respected in the UAE market, based on constancy of performance certificates (CPR) held by the Clients and issued by CNBOP-PIB.

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).

1974

OBROP установлен центром стандартизации в ведомстве внутренних дел на основе распоряжения № 66/67 Министра внутренних дел Польши.

1984

Преобразование OBROP в Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны (CNBOP), na основе распоряжения № 9/84 Министра Внутренних Дел от 28 января 1984.

1992

Включение CNBOP в группу организационных единиц Государственной пожарной службы в понятии закона от 24 августа 1991 о Государственной пожарной службе.

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.

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 используемых в противопожарной охране.

1999

Получение аккредитации Польского центра исследований и сертификации **Сертификационным департаментом**, номер сертификата 63/Cw-69/99 (теперь **сертификат аккредитации № AC 063** выдан Польским Центром Аккредитации).

2001

Получение аккредитации Польского центра исследований и сертификации тремя следующими исследовательскими лабораториями:
Отдел лабораотрия технической противопожарной защиты получил сертификат аккредитации № L 305/1/2000 (позже сертификат аккредитации № **AB 305** выдан Польским Центром Аккредитации),
Лаборатория огнетушительных средств и подручного оборудования, № L 306/1/2000 (позже Отдел лабораотрия технической противопожарной защиты, сертификат аккредитации № **AB 305** выдан Польским Центром Аккредитации),
Лаборатория автомобилей и оборудования получила сертификат аккредитации № L307/1/2000 (позже Отдел лабораотрия технического оборудования противопожарной службы, сертификат аккредитации № **AB 059; AB060** выдан Польским Центром Аккредитации).

2003

Преобразование CNBOP из государственного бюджетного учреждения в **исследовательно-экспериментальное учреждение** соответственно Закона от 25 июля 1985 года о исследовательно-развивательных учреждениях. Включение CNBOP в Государственный судебный реестр (KRS). CNBOP получил **авторизацию Министра экономики**, труда и социальной политики в области директивы 89/686/EWG от 21 декабря 1989 года по унифицированию правовых норм Стран-Членов ЕС, касающихся средств индивидуальной защиты.

2004

Получение Центром (CNBOP) авторизации **Министра инфраструктуры** в области директивы 89/106/EWG от 21 декабря 1988 года по сближению законов и исполнительных актов Стран-Членов, касающихся строительных изделий.

CNBOP получил нотификацию **Европейской комиссии (номер идентификации 1438)** в области директив: 89/686/EWG от 21 декабря 1989 года по унифицированию правовых норм Стран-Членов ЕС, касающихся средств индивидуальной защиты, 89/106/EWG от 21 декабря 1988 года по сближению законов и исполнительных актов Стран-Членов, касающихся строительных изделий.

Образование **Департамента технических одобрений**, выполнаяющего задачи CNBOP в области регулирования распоряжения Министра инфраструктуры от 8 ноября 2004 года относительно технических одобрений и организационных единиц уполно- моченных к их выдаче (Дневник законов № 249, поз. 2497).

CNBOP начал проводить оценку соответствия строительных изделий – в европейской системе оценки соответствия – маркировка CE, и в национальной систем оценки соответствия – строительная маркировка B.

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**.**

2011

Получение аккредитации Польского центра аккредитации **Отделом Лабораторией процессов горения и взрывчатости**, сертификат аккредитации № **AB 1280**.
Введение нового логотипа CNBOP-PIB.

2013

CNBOP-PIB сохранил категорию B в параметрической оценке, проведённой Министерством Науки и Высшего Образования Польши. Институт находится на четвёртом месте в группе общей оценки.

2014

22 декабря 2014 г. Главная Комендатура Гражданской Защиты МВД Объединённых Арабских Эмират (ang. *General Headquarters of Civil Defence, Ministry of Interior UAE*) признала деятельность Сертификационного Департамента и Исследовательской Лаборатории BA CNBOP-PIB в сфере устройств сигнализации пожара и пожарной автоматики. В связи с этим фактом CNBOP-PIB может выдавать сертификаты соответствия, которые признаются на рынке Объединённых Арабских Эмират, на основе полученных клиентами выдаваемых CNBOP-PIB сертификатов постоянства эксплуатационных характеристик (CPR).

Zeskanuj kod i wejdź na naszą stronę

Czytelnia.cnbop.pl