



Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza **Safety & Fire Technique**

Kwartalnik nominowany do Polskiego Godła Promocyjnego „Teraz Polska” 2013 r.



Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowodziowej
im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowego Instytutu Badawczego
<http://czytelnia.cnbop.pl>

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza

Safety & Fire Technique

Kwartalnik CNBOP-PIB

Quarterly of the CNBOP-PIB



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

**Publisher Scientific and Research Centre for Fire Protection
National Research Institute**

Czytelnia.cnbop.pl

Józefów 2013

KOMITET REDAKCYJNY/EDITORIAL COMMITTEE

Redaktor Naczelny/Editor-in-Chief:

ml. bryg. dr inż. Dariusz Wróblewski

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowarowej im. Józefa
Tuliszowskiego Państwowy Instytut Badawczy

Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego/

Chairman of Editorial Committee

dr inż. Eugeniusz W. Roguski – Polskie Centrum Akredytacji

Redaktor Działu Organizacja i Zarządzanie Strategiczne/

Section Editor: Organization and Strategic Management

dr inż. Eugeniusz W. Roguski – Polskie Centrum Akredytacji

Redaktor Działu Badania i Rozwój/

Section Editor: Research and Development

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

Redaktor Działu Technika i Technologia/

Section Editor: Technique and Technology

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

Redaktor Działu Certyfikacja, Aprobaty i Rekomendacje/

Section Editor: Certification, Approvals and Recommendations

ml. bryg. mgr inż. Jacek Zboina – Centrum Naukowo-Badawcze
Ochrony Przeciwpowarowej im. Józefa Tuliszowskiego Państwowy
Instytut Badawczy

Redaktor Działu Rozdział Autorski – Współpraca Zagraniczna/

Section Editor: Author's Chapter – Foreign Cooperation

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

Redaktor Działu Studium Przypadku – Analiza Akcji/

Section Editor: Case Study – Analysis of the Actual Events

nadbryg. Janusz Skulich – Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej

Redaktor Działu Z Praktyki dla Praktyki/

Section Editor: The Best Practice in Action

nadbryg. w st. spocz. Maciej Schroeder

Sekretarz Redakcji, Redaktor Językowy – język polski/

Editorial Secretary, Language Editor – Polish Language

mgr Julia Pinkiewicz

Redaktor Językowy – język angielski/

Language Editor – English Language

mgr Jan Stanisław Łopata

Redaktor Językowy – język rosyjski/

Language Editor – Russian Language

mgr inż. Yuliya Mazur

Redaktor Statystyczny/Statistical Editor

dr Tomasz Węsierski

Przygotowanie do wydania/Prepared for editing by:

mgr Anna Golińska

Elżbieta Muszyńska

Projekt okładki/Cover design:

Barbara Dominowska

RADA NAUKOWA/EDITORIAL ADVISORY BOARD

Przewodnicząca/Chairman:

dr hab. inż. Ewa Rudnik, prof. nadzw.,

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowarowej im. Józefa
Tuliszowskiego Państwowy Instytut Badawczy (Scientific and Research
Centre for Fire Protection – National Research Institute), Polska

prof. Bogdan Z. Długogórski,

Priority Research Centre for Energy, University of Newcastle
(New South Wales), Australia

prof. dr inż. Aleš Dudáček,

Vysoká škola Báňská – Technická Univerzita Ostrava
(Technical University of Ostrava, Czech Republic), Czechy

prof. 范维澄 (Fan Weicheng),

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

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

Федеральное государственное бюджетное учреждение.

Всероссийский научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России (FGU VNIPO – Federal
State Establishment The All-Russian Research Institute
for Fire Protection, Russia), Rosja

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, Germany), Niemcy

prof. Jesús Ignacio Martínez Paricio,

Universidad Complutense de Madrid (The Complutense University
of Madrid, Spain), 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 Panczernej i Samochodowej (Military
Institute of Armoured and Automotive Technology), Polska

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

ISSN 1895-8443

© by Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego

Ochrony Przeciwpowarowej

im. Józefa Tuliszowskiego

Państwowego Instytutu Badawczego

Nakład 500 egzemplarzy

Wersja papierowa jest wersją pierwotną.

Redakcja/Editorial Office:

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 przeciwpowarowej, pracowników jednostek administracji państwowej i samorządowej zajmujących się problematyką zarządzania kryzysowego, pracowników naukowych i dydaktycznych uczelni i instytutów badawczych zainteresowanych tą problematyką.

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, which are interested in issues of fire protection, civil protection and crisis management.

Kwartalnik indeksowany jest w bazach/ Quarterly journal is indexed in the following databases:



**Ministerstwo Nauki
i Szkolnictwa Wyższego
7 pkt**

Na podstawie decyzji Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (Komunikat z dnia 17 września 2012 roku) za artykuły naukowe opublikowane na łamach czasopisma przyznawane jest 7 punktów do dorobku naukowego.

Under decision of the Minister of Science and Higher Education (The announcement of September 17, 2012) there are 7 points attributed to the author's academic achievements for publishing science research articles in the quarterly journal.

SPIS TREŚCI

TABLE OF CONTENT

Od Redakcji	5
From the Editor	7
I. ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE STRATEGICZNE ORGANISATION AND STRATEGIC MANAGEMENT	
1. D. Ratajczak	Zapobieganie pożarom za granicą Fire Prevention Abroad 11
II. NAUKI HUMANISTYCZNE I SPOŁECZNE NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES FOR SAFETY	
1. B. Kaczmarczyk	Bezpieczeństwo i jego typologie Safety and Its Typologies 17
2. W. Wiśniewski	Komputery a odkrycie naukowe Computers and Scientific Discovery 25
III. BADANIA I ROZWÓJ RESEARCH AND DEVELOPMENT	
1. Ageyev V.G. Mariychuk I.F.	Математическое моделирование напряженного состояния - шахтной взрывоустойчивой перемычки The Mathematical Modelling of the Stress State of the Explosion-stable Mine Stopping 33
2. M. Kopański	Wpływ barwników na stopień palności poliamidu 6 Dyes Influence on Fire Properties of Polyamide 6 41
3. R. Mazur M. Marzec	Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyki zdarzeń za lata 2007-2012. Miejskowe zagrożenia Assessment of Safety Level in Aspect of 2007-2012 Statistic. Local Emergencies 49
4. D. Saleta Tekielak-Skałka R. Sekret	Sprawdzenie przydatności programu FDS przy ocenie rozwoju pożaru mieszkania doszczelnionego Checking the Suitability of FDS Program in Fire Spread Assessment of Insulated Flat 59
5. M. Łudzik	Systemy naturalizacji ścieków podekontaminacyjnych powstałych po odkażaniu pojazdów Neutralization Systems of Post-decontamination Wastewater After Decontamination of Vehicles 69

IV. TECHNIKA I TECHNOLOGIA TECHNIQUE AND TECHNOLOGY

1. Matyushin A.V.
Poroshin A. A.
Matyushin Y.A..
Bobrinev E.V.
Kondashov A.A. Проектирование размещения подразделений пожарной охраны
в неселенных пунктах с использованием геоинформационных
технологий
Designing of Fire Service Divisions Location in Settlements
Using GIS Technologies. 81

2. W. Leszko
P. Zradziński Badanie narażenia funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej
na pole elektromagnetyczne profesjonalnych urządzeń
łączności bezprzewodowej
Exposure of State Fire Service Officers to Electromagnetic Fields
in Connection with the Use of Professional Wireless Devices. 87

3. M. Pępczyńska
M. Kloske Nahelmowe wyświetlacze informacyjne i przetworniki ochrony wzroku
Helmet-mounted Displays and Automatic Systems of Sight Protection 97

4. R. Porowski
W. Rudy
A. Teodorczyk Badania doświadczalne i numeryczne temperatury zaplonu wybranych
mieszanin cieczy palnych
Experimental and Numerical Study on Flash Point for Selected Liquid
Fuel Blends 103

V. CERTYFIKACJA APROBATY I REKOMENDACJE CERTIFICATION, APPROVALS AND RECOMMENDATIONS

1. J. Zboina
G. Mroczko Dostawa energii elektrycznej i sygnałów do urządzeń przeciwpożarowych
Power and Signals Supply to Fire Protection Devices. 111

VI. Z PRAKTYKI DLA PRAKTYKI THE BEST PRACTICE IN ACTION

2. Kopylov S.N.
Zdor V.L.
Poroshin A.A. Системный подход к проектированию средств пожарной
сигнализации
System Approach to Designing of Fire Alarm Techniques 123

2. M. Chomonicik Ratownictwo medyczne w Krajowym Systemie Ratowniczo-
-Gaśniczym. Część III
Emergency medical services in the National Fire-Fighting
and Rescue System. Part III 135

- Wytyczne dla autorów. 145
Guide for authors 148

Szanowni Czytelnicy,

Chcielibyśmy na ręce **Pana Generała Brygadiera Feliksa Deli** złożyć gratulacje i najlepsze życzenia z okazji jubileuszu 70-lecia urodzin. Pan Generał jest głównym architektem gruntownych przemian w systemie ochrony przeciwpożarowej, autorem nowoczesnej służby ratowniczej PSP oraz twórcą Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego, którego celem jest integracja różnych podmiotów ratowniczych. Zasługi Pana Generała są nie do oceny w zakresie skutecznego przeciwdziałania zagrożeniom w Polsce.

Publikacja trzydziestego pierwszego numeru kwartalnika „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” zbiega się w czasie z ogłoszeniem wyników oceny parametrycznej jednostek naukowych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Mamy powód do dumy, gdyż w grupie wspólnej oceny jednostek naukowych znajdujemy się na 4 miejscu, tym samym otwierając listę Instytutów z **kategorią B**. Dodatkowo jako jedyny Instytut w grupie z kategorią B otrzymaliśmy dodatni wskaźnik w ostatecznej ocenie na poziomie 1,13. Tym bardziej cieszy fakt, że bez wątpienia w uzyskaniu tej lokaty ma udział nasz Kwartalnik.

W tym numerze przygotowaliśmy dla Państwa piętnaście interesujących artykułów naukowo-badawczych. Szczególnie dużo miejsca autorzy poświęcają w nich badaniom, w których wykorzystuje się innowacyjną aparaturę oraz oprogramowanie komputerowe – również do szybkiego reagowania i właściwego dysponowania siłami ratowniczymi. Chcieliśmy zwrócić Państwa szczególną uwagę na artykuł pt. *Designing of Fire Service Divisions Location in Settlements Using GIS Technologies* autorstwa Matyushina A.V., Poroshina A.A., Matyushina Y.A., Bobrineva E.V., Kondashova A.A. – zespołu naukowców z Wszechrosyjskiego Naukowo-Badawczego Instytutu Bezpieczeństwa Pożarowego (VNIPO) Ministerstwa Sytuacji Nadzwyczajnych Rosji. W swoim artykule zajęli się oni kwestią wykorzystania Systemu Informacji Geograficznej w tworzeniu planów rozmieszczenia jednostek straży pożarnej na obszarach zamieszkałych.

Nie należy jednak zapominać, że ochrona przeciwpożarowa to nie tylko wprowadzanie nowatorskich rozwiązań, ale także testowanie już istniejącego sprzętu, który ma być wsparciem w pracy Straży Pożarnej. W tym kontekście szczególnie ciekawy wydaje się artykuł autorstwa Wiesława Leszko i Patryka Zradzińskiego pt. *Badanie narażenia funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej na pole elektromagnetyczne związane z wykorzystaniem profesjonalnych urządzeń łączności bezprzewodowej*.

Rozszerzeniem dyskusji nad bezpieczeństwem są niewątpliwie dwie konferencje współorganizowane przez CNBOP-PIB, nad którymi Kwartalnik „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” objął patronat medialny. Pierwsze z wydarzeń przedmiotem swoich rozważań uczyniło zabezpieczenia, które powinny być standardem w każdym gospodarstwie domowym – doświadczenia z Polski i zagranicy przedstawią prelegenci podczas konferencji pt. **Czujka dymu i czujnik tlenu węgla, czyli mała inwestycja w duże bezpieczeństwo**.

Drugie z wydarzeń skupia się na systemie bezpieczeństwa państwa, którego elementem jest ochrona przeciwpożarowa – uczestnicy będą chcieli podkreślić znaczenie wykorzystania informatycznych narzędzi do integracji działań ochrony przeciwpożarowej. Nad konferencją **Ochrona przeciwpożarowa w systemie bezpieczeństwa państwa** patronat honorowy objął Komendant Główny Państwowej Straży Pożarnej. O realizowanych przedsięwzięciach przeczytają Państwo w bieżącym numerze czasopisma, a także na naszej stronie internetowej (www.cnbop.pl).

Przekazując Państwu niniejsze wydanie Kwartalnika, życzymy ciekawej lektury.

Komitet Redakcyjny

Dear Readers,

On the occasion of **Brig. Gen. Feliks Dela's** seventieth birthday, we would like to congratulate and give him best wishes. The General is the main architect of fundamental transformation in the fire protection system, and the author of modern rescue assistance of the State Fire Service. He is also the creator of National Rescue and Firefighting System, which goal is to integrate various services. Brig. Gen. Dela's merits related to the effective risk prevention in Poland are priceless.

Publication of the thirty-first issue (31st) of the quarterly "Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza – Security & Fire Technique" coincides with the announcement of the results of the parametric assessment of research units by the Ministry of Science and Higher Education.

We can be proud, as the Scientific and Research Centre for Fire Protection National Research Institute was classified on the fourth (4th) position in the group of common evaluation of scientific units conducted by Ministry of Science and Higher Education. Moreover, the Centre took the first place among **B category** institutes. As the only Institute we obtained positive rate in the final evaluation at the level of 1.13. It makes us even more gratified, since, without any doubt, it is the Quarterly that contributed to this achievement.

We prepared for you fifteen interesting scientific research articles in this issue. The authors of the papers devote much attention to carrying out research with the application of innovative equipment and computer software aimed at the support of quick response and proper disposal of rescue forces.

We would like to pay your attention to the article entitled "Designing of Fire Service Divisions Location in Settlements Using GIS Technologies" by Matyushin A.V., Poroshin A.A., Matyushin Y.A., Bobrinev E.V., Kondashov A.A. – the scientists from the All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (VNIPO of EMERCOM of Russia). In their publication, the authors raised the issue of the application of GIS technology to design fire service divisions location in settlements.

We should not forget that fire protection involves not only introduction of innovative solutions, but also tests of existing equipment that must support the work of the State Fire Service. In this context, particularly interesting is the article by Wiesław Leszko and Patryk Zradziński "Exposure of State Fire Service Officers to Electromagnetic Fields in Connection with the Use of Professional Wireless Devices".

An extension of the discussion on safety aspects are undoubtedly two conferences co-organized by CNBOP-PIB which the quarterly "Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza – Security & Fire Technique" gave the patronage. The subject of the first conference are securities which should be a standard in every household – Polish and foreign experiences will be submitted by the speakers at the conference entitled "**Smoke Detector and Carbon Monoxide Detector – a Small Investment in a Big Safety.**"

The second event focuses on the state security system, which is the part of the fire protection – the participants will have the opportunity to emphasize the importance of using IT tools for integration of fire protection system. The Commander in Chief of the State Fire Service gave the honorary patronage to the conference "**Fire Protection in the Security of the State**". You can read about our activities in the current issue of the journal as well as on our website (www.cnbop.pl).

We wish our readers an interesting reading with this issue of the Quarterly.

Editorial Committee



Międzynarodowa Konferencja „Bezpieczeństwo obywateli nadrzędnym celem współpracy Państwowych Straży Pożarnych i Organizacji Producentów produkujących na rzecz ochrony przeciwpożarowej”, Instytut Badawczy Leśnictwa w Sekocinie Starym, 5 października 2011 r.

Warszawa, 6 sierpnia 2013 r.



Szanowni Państwo,

Ogólnopolskie Stowarzyszenie Producentów Zabezpieczeń Przeciwpowozarowych i Sprzetu Ratowniczego zrzesza firmy producentów branzy ppoz. oraz dziala na rzecz rozwoju i propagowania ochrony przeciwpowozarowej. Nieprzerwanie od 18 lat wspolpracujemy z Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowozarowej im. Jozefa Tuliszkowskiego PIB na roznych plaszczyznach celem polepszenia jakosci oferowanych przez rodzima produkcje uslug i wyrobow, co w konsekwencji wpływa na bezpieczenstwo panstwa i jego obywateli.

Wydawany przez CNBOP PIB kwartalnik „Bezpieczenstwo i Technika Powozarnicza” jest cennym zrodlem informacji dla Czlonkow naszego Stowarzyszenia. Artykuly, wyniki badan oraz publikacje w nim zawarte przyblizaja coraz to nowsze rozwiazania technologiczne, ktorych zastosowanie umozliwia „bycie o krok” przed konkurencja.

Jako Zarzad OSPZPiSR w imieniu swoim oraz naszych Czlonkow rekomendujemy tytul „Bezpieczenstwo i Technika Powozarnicza” jako obowiazkowa lekture dla kazdego szukajacego nowatorskich zagadniei, trafnych pytan i merytorycznych odpowiedzi oraz przykladow praktycznych zastosowan dla nowoczesnych technologii.

Redakcji Kwartalnika skladamy podziekowanie oraz gratulacje za dotychczasowe 30 wydan i zyczymy dalszych sukcesow w popularyzowaniu wiedzy przeciwpowozarowej.

Wiceprezes Zarzadu OSPZPiSR
Dyrektor Biura


Wieslaw Golański

Prezes Zarzadu OSPZPiSR


Piotr Grabowski

dr inż. **Dariusz RATAJCZAK**¹

Przyjęty/Accepted: 03.06.2013; Zrecenzowany/Reviewed: 04.09.2013; Opublikowany/Published: 30.09.2013

ZAPOBIEGANIE POŻAROM ZA GRANICĄ

Fire Prevention Abroad

Streszczenie

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z konsekwencjami wejścia w życie Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiającego zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylającego dyrektywę Rady 89/106/EEG dla obowiązujących w Polsce przepisów dotyczących bezpieczeństwa pożarowego budynków. Ponieważ przepisy unijnego rozporządzenia są zgodne z rozwiązaniami stosowanymi od lat w Europie Zachodniej, natomiast Polska musi się do nich dostosować, autor wskazał te najważniejsze rozwiązania, które w zaistniałej sytuacji powinny być w naszym kraju zaadaptowane. Kluczowa jest tu kwestia wyraźnego rozgraniczenia w przepisach sytuacji, w których zapewnia się użytkownikom budynków możliwość ewakuacji w przypadku pożaru, od takich, gdzie ludzie mają zapewnione przetrwanie pożaru w bezpiecznej części budynku. Wymaganie rozporządzenia unijnego, aby konstrukcja budynku zachowała w razie pożaru nośność przez dający się określić czas, wystarczający do zapewnienia możliwości opuszczenia budynku przez ludzi i uwzględniający bezpieczeństwo ekip ratowniczych, znacząco ogranicza zbyt szeroki w Polsce zakres stosowania budynków klasy „E” odporności pożarowej, których konstrukcja nośna nie musi mieć zapewnionej żadnej klasy odporności ogniowej. W państwach Unii duży nacisk kładzie się na działania użytkowników obiektów po wykryciu pożaru, prowadzących do ograniczenia jego rozwoju, jeszcze przed przybyciem ekip ratowniczych z zewnątrz. Niezbędna do tego jest możliwość korzystania z łatwych w użyciu hydrantów wewnętrznych z wężem półsztywnym. W coraz większej liczbie państw przepisy techniczno-budowlane formułowane są w sposób umożliwiający szerokie stosowanie metod inżynierskich. Metody te pozwalają na najlepsze dopasowanie rozwiązań stosowanych w budynku do potrzeb związanych z bezpieczeństwem, a doskonalsze dopasowanie oznacza niższe koszty inwestycji. Unijne rozporządzenie budowlane zawiera obowiązek zachowywania podstawowych wymagań dla budynków, w tym bezpieczeństwa pożarowego, przez cały okres ich użytkowania. Sprawdzeniu realizacji tego obowiązku służą okresowe kontrole budynków, które w Polsce należało by rozszerzyć o powszechne kontrole spełniania wymagań bezpieczeństwa pożarowego budynków, gdyż aktualnie są one realizowane jedynie w bardzo niewielkim zakresie.

Summary

This article describes questions related to coming into force of Regulation (EU) No 305/2011 of The European Parliament and The Council of 9 March 2011 laying down harmonized conditions for the marketing of construction products and repealing Council Directive 89/106/EEC, for existing in Poland regulations on fire safety of buildings. The provisions of the EU Regulation are in accordance with the solutions being used for many years in Western Europe, however, Poland has to start adjusting them, that is why the author pointed out the significant improvements that need to be adapted in our country in this situation. The key issue indicated in the provisions is a clear distinction between two situations: when in case of fire a possibility for people to escape from buildings is provided, and when people are enabled to survive fire in a safe part of the building. The requirement of the EU Regulation that the structure of the building needs to keep load capacity during fire by certain time frame sufficiently enough to ensure the opportunity to leave the building by the people and taking into account the safety of rescue teams significantly reduces too wide scope of building with class 'E' fire resistance set in Poland, in which the supporting construction do not need to have any fire resistance category. In the EU, the emphasis is placed on the action taken by the building users after fire is detected, leading to a reduction of fire spreading, even before the arrival of rescue teams. The possibility to use user-friendly indoor hydrants with semi-rigid hose is essential. Nowadays in many countries technical and building regulations are formulated in such a way that benefits from widespread use of engineering methods. These methods allow the best solutions being fit to the buildings to meet the security standards and this also means lower investment costs. The EU Construction Products Regulation contains obligation to remain the basic requirements for buildings, including fire safety requirements throughout their

¹ Główny Urząd Nadzoru Budowlanego, Krucza 38/42, Warszawa, Polska, ratajczakdariusz@wp.pl; The General Office of Building Control, ratajczakdariusz@wp.pl;

usage time. Periodic inspections of buildings check if these requirements are fulfilled; however, in Poland there is a need to extend this control with general inspections checking fulfilment of the requirements of fire safety of buildings, as they are currently implemented only to a very limited extent.

Słowa kluczowe: dyrektywa budowlana, rozporządzenie budowlane, bezpieczeństwo pożarowe budynków, metody inżynierskie, ewakuacja, hydranty wewnętrzne, okresowe kontrole budynków;

Keywords: construction products directive, construction products regulation, fire safety of buildings, engineering methods, evacuation, indoor hydrants, periodic inspections of buildings;

Typ artykułu: artykuł przeglądowy;

Type of article: review article;

1. Wprowadzenie – Nowe unijne rozporządzenie budowlane a polskie przepisy dotyczące bezpieczeństwa pożarowego budynków

Obowiązujące przepisy dotyczące zapobiegania pożarom w obiektach budowlanych i osiaganiu przez nie znacznych rozmiarów są w poszczególnych państwach bardzo zróżnicowane i uzależnione od poziomu rozwoju gospodarczego tych państw oraz od ich tradycji w zakresie budownictwa i ochrony przeciwpożarowej. W państwach Unii Europejskiej w ostatnich 20 latach zasadniczy wpływ na te przepisy wywierała unijna dyrektywa budowlana [1]. Jak każda dyrektywa, wymagała ona implementacji swych postanowień do systemu prawnego państw członkowskich.

W zakresie bezpieczeństwa pożarowego, czyli jednego z podstawowych wymagań dla budynków, implementacja dyrektywy do polskich przepisów, a konkretnie do rozporządzenia z 2002 r. w sprawie warunków technicznych, które powinny spełniać budynki [2], nie została dokładnie wykonana. Polskie wymaganie konieczności zapewnienia użytkownikom budynku w razie pożaru możliwości ewakuacji nie było bowiem uzupełnione o zawartą w dyrektywie alternatywę w postaci zapewnienia możliwości przetrwania pożaru bez opuszczania budynku. Było więc ono znacznie ostrzejsze. Polska, wstępując do Unii w 2004 r., miała bowiem prawo zachować obowiązujące dotychczas wymagania bezpieczeństwa, które były ostrzejsze od wymagań prawa unijnego.

Należy tu zaznaczyć, że w rzeczywistości dalsze przepisy polskiego rozporządzenia nie gwarantowały wcale możliwości ewakuacji ludzi w razie pożaru ze wszystkich rodzajów budynków. Jak wiadomo, wymagana szerokość pionowych dróg ewakuacyjnych (determinująca przepustowość tych dróg) w Polsce, podobnie jak i w innych krajach Europy, nie umożliwia ewakuacji w czasie pożaru wszystkich osób z budynków wysokościowych i wysokich. Gwarancja ewakuacji w razie pożaru nie istnieje również w budynkach mieszkalnych średniowysokich (w wielu niskich też jest bardzo problematyczna) – ze względu na brak dostatecznego zabezpieczenia dróg ewakuacyjnych przed oddziaływaniem ognia i dymu [3]. W obowiązujących przepisach sytuacje, w których zapewnia się użytkownikom budynków możliwość ewakuacji w przypadku pożaru,

powinny więc być wyraźnie rozgraniczone od takich, gdzie ludzie mają zapewnione przetrwanie pożaru w bezpiecznej części budynku.

Inne wymaganie dyrektywy – dotyczące zapewnienia w razie pożaru nośności konstrukcji budynku „przez określony czas”, poważnie różni się od polskiego wymagania, w którym mowa o „czasie wynikającym z rozporządzenia”, choć w tłumaczeniu na języki obce sformułowanie to nie mogło raczej wzbudzać w nikim wątpliwości. „Czas określony” to z jednej strony czas dający się określić, a z drugiej – bo rozpatruje się to łącznie – czas, w którym użytkownicy budynku zdążą się z niego ewakuować, względnie nastąpi ugaszenie pożaru (jeżeli zapewniano ludziom przetrwanie pożaru bez ewakuacji). Tym warunkom nie odpowiadają niektóre przepisy rozporządzenia Ministra Infrastruktury, zwłaszcza te dotyczące bardzo szerokiego zakresu stosowania budynków klasy „E” odporności pożarowej, których konstrukcja nie musi mieć zapewnionej żadnej klasy odporności ogniowej (nie stawia się jej żadnych wymagań w zakresie nośności ogniowej).

Od 1 lipca 2013 r. obowiązują przepisy nowego unijnego rozporządzenia budowlanego [4] mającego rangę ustawy państw członkowskich Unii, w tym Polski. Na państwach członkowskich ciąży obowiązek usunięcia ze swego systemu prawnego wszystkich niezgodności z przepisami tego rozporządzenia. W zakresie bezpieczeństwa pożarowego nie ma w nim merytorycznych różnic w stosunku do dyrektywy budowlanej, więc w tych państwach, które dokładnie tę dyrektywę zaimplementowały, nie wymagało to żadnych działań. Jednak przepisy obowiązujące w naszym kraju powinny być zmodyfikowane i to nie tylko w zakresie sformułowań opisujących bezpieczeństwo pożarowe, ale również odnośnie konkretnych sposobów realizacji jego celów. Szczególnie ważne jest więc zwrócenie uwagi na przyjęte w innych państwach Unii rozwiązania, których zastosowanie pozwoli na odpowiednią modyfikację naszych przepisów.

2. Rozwiązania w zakresie zapobiegania powstawaniu i rozprzestrzenianiu się pożarów przyjęte w innych państwach Unii

Powszechnie uznaje się w Unii, że aby można było w swoim mieszkaniu bezpiecznie przetrwać pożar powstały

w innym mieszkaniu budynku wielorodzinnego, gwarantowany czas wydzielienia przeciwpożarowego mieszkań powinien wynosić 60 minut, przy czym drzwi prowadzące do mieszkań powinny mieć klasę odporności ogniowej EI 30. Najpełniej zagadnienie to jest przedstawione w nowej normie brytyjskiej [5]. W Polsce dotychczasowe wymagania są w tym zakresie o wiele bardziej łagodne.

Coraz większa uwaga w państwach Unii jest też zwracana na niebezpieczeństwo przenoszenia się ognia po fasadzie budynku. Służyć temu ma zakaz stosowania palnych izolacji cieplnych ścian zewnętrznych w budynkach wysokich i wysokościowych, których użytkownicy w czasie pożaru będą musieli w większości pozostawać w bezpiecznych miejscach budynku, oraz obowiązek przedzielania palnych ociepleń w budynkach średniowysokich – co kilka kondygnacji – pasami z ociepleń niepalnych [6].

Aby zapewnić bezpieczeństwo ludzi mających możliwość ewakuowania się tylko jedną drogą ewakuacyjną (z tzw. ślepego zaułka) i nie dopuścić do szybkiego odcięcia tej drogi przez pożar, wymaganiem zapewnienia odpowiedniej klasy odporności ogniowej obudowy poziomej drogi ewakuacyjnej obejmuje się również drzwi. Poza nielicznymi wyjątkami w Polsce nie stawia się przed nimi w chwili obecnej takich wymagań. Za niezbędny element rozwiązań zabezpieczających przed zadymieniem poziome drogi ewakuacyjne w budynkach wysokich i wysokościowych – poza mieszkalnymi – powszechnie uznaje się drzwi dymoszczelne klasy S_m do pomieszczeń. Jak jednoznacznie bowiem wynika ze światowych doświadczeń, bez efektywnego ograniczenia, przynajmniej w pierwszej fazie pożaru, możliwości wypływu dymu na drogi ewakuacyjne z pomieszczenia objętego pożarem, nie da się zapewnić na tych drogach w niezbędnym okresie czasu odpowiednich warunków ewakuacji.

W obiektach o skomplikowanej topografii, w których przebywa wiele osób z zewnątrz, stałe oznakowania ewakuacyjne (mogące przecież prowadzić w konkretnej sytuacji również w kierunku ognia) są zastępowane instalacjami dynamicznego ukierunkowywania ewakuacji. W ich skład wchodzi diodowe wskaźniki – zielone strzałki i czerwone krzyżyki, które tworzą określoną konfigurację. Na sygnał pochodzący z centrali w zależności od miejsca, w którym został wykryty pożar, zielone strzałki wskazują dozwoloną trasę ewakuacji, czerwone krzyżyki zaś kierunek zabroniony. Uzupełnieniem tej instalacji jest przypodłogowe halogenowe oświetlenie dróg ewakuacyjnych, dobrze sprawdzające się nawet w warunkach znacznego zadymienia [7].

Zgodnie z wymaganiem unijnym – podczas pożaru zachowanie nośności przez konstrukcję budynku (przez dający się określić czas – wystarczający do zapewnienia ludziom możliwości opuszczenia bu-

dynku i uwzględniający bezpieczeństwo ekip ratowniczych) znacząco ogranicza dopuszczalny zakres stosowania budynków klasy „E” odporności pożarowej, których konstrukcja nie musi mieć zapewnionej żadnej klasy odporności ogniowej. Nie jest to oczywiście równoznaczne z zakazem wznoszenia hal o lekkiej konstrukcji stalowej. Dla hal takich niezbędne jest jednak przeprowadzanie szczegółowych analiz możliwego zachowania się ich konstrukcji w warunkach pożaru. Badania muszą uwzględniać: sposób wykonania konstrukcji hali (w tym jej ewentualne miejscowe zabezpieczenia ogniochronne), rodzaj, ilość i rozmieszczenie w hali materiałów palnych; sposób i możliwą szybkość wykrycia pożaru, szybkość narastania temperatury w czasie pożaru i wpływ, jaki może na nią mieć zastosowanie wentylacji pożarowej oraz stałych urządzeń gaśniczych, a także czas podjęcia przez użytkowników hali działań gaśniczych przy pomocy hydrantów wewnętrznych, a następnie przez zewnętrzne ekipy ratownicze.

W większości państw kładzie się duży nacisk na działania użytkowników obiektów tuż po wykryciu pożaru, a jeszcze przed przybyciem ekip ratowniczych. Niezbędne do tego jest zapewnienie możliwości korzystania z łatwych w użyciu hydrantów wewnętrznych z wężem półsztywnym: „33” dla obiektów przemysłowych, „25” dla obiektów użyteczności publicznej, a także „19” (niewymagających budowy zbiornika ani pompowni przeciwpożarowej – w tych już istniejących budynkach mieszkalnych, w których poziom bezpieczeństwa pożarowego odbiega znacznie od dopuszczalnego). Jak pokazuje również polskie doświadczenie, wymagane u nas przepisami, instalowane w obiektach przemysłowych hydranty „52” z wężem płasko składanym – do których użycia potrzeba strażackiego przeszkolenia – nie są praktycznie nigdy wykorzystywane. Nie było tego problemu kilkadziesiąt lat temu, gdy na terenie państwowych zakładów przemysłowych funkcjonowały zakładowe ochotnicze straże pożarne. Obecnie zarówno pozbawione przeszkolenia strażackiego załogi zakładów, jak i polegające na własnym sprzęcie jednostki ratowniczo-gaśnicze nie używają w ogóle tych hydrantów.

W niektórych państwach, zwłaszcza we Francji, w wielu kompleksach biurowych i użyteczności publicznej oraz obiektach przemysłowych utrzymywane są profesjonalne ekipy strażacko-ochroniarskie, które dzięki doskonałej znajomości obiektu i dobremu wyposażeniu, m.in. w sygnalizację pożarową, wentylację pożarową i hydranty wewnętrzne, są w stanie prowadzić skuteczną akcję gaśniczą już w 2 minuty od momentu wykrycia pożaru. Często ekipy te uznaje się za zamiennik instalacji tryskaczowej w obiekcie. W Polsce rozwiązanie to nie ma szans na upowszechnienie, dopóki zgodnie z art.

23 ust. 1 ustawy o ochronie przeciwpożarowej ekipy takie wyposażone w stosowne pojazdy i sprzęt mają obowiązek uczestniczyć w działaniach ratowniczych poza swoim obiektem – na wezwanie PSP.

Wśród stałych urządzeń gaśniczych coraz większą rolę w państwach Unii odgrywają urządzenia gaśnicze na mgłę wodną, które charakteryzują się nie tylko dużą skutecznością działania, ale również niepowodowaniem strat wynikających z zalania budynków i ich wyposażenia. Z tych samych przyczyn upowszechnia się stosowanie gaśnic na mgłę wodną szczególnie w archiwach, muzeach i bibliotekach.

Masowe stosowanie systemów sygnalizacji pożarowej w budynkach użyteczności publicznej, zamieszkania zbiorowego oraz przemysłowych w bardzo wielu państwach uważa się za niezbędne. Dla przykładu w Wielkiej Brytanii wyposażonych w nią jest aktualnie ponad 300 tys. obiektów, w Republice Czeskiej 40 tys., a w Polsce zaledwie 8500 [8]. Sygnał alarmowy z chronionych obiektów przekazywany jest najczęściej liniami telefonicznymi do operatorów sieci telefonicznych, a dopiero stamtąd – już poprzez dyspozytorów – do centrów powiadamiania ratunkowego. Być może jest to system nieco bardziej zawodny od przyjętego w Polsce, ale znacznie tańszy, co bardzo ułatwiło jego upowszechnienie.

Coraz szerzej, a w obiektach wyposażonych w dźwiękowy system ostrzegawczy (DSO) obligatoryjnie, stosowane są systemy integracyjne zarządzające urządzeniami służącymi bezpieczeństwu pożarowemu obiektów. Umożliwiają one:

- weryfikację sygnału alarmu pożarowego przy pomocy innych systemów bezpieczeństwa,
- sterowanie urządzeniami przeciwpożarowymi bezpośrednio przez operatora,
- monitorowanie stanu pracy tych urządzeń bezpieczeństwa, które powinny działać w przypadku zaistnienia pożaru.

3. Przepisy techniczno-budowlane umożliwiające stosowanie metod inżynierskich

W coraz większej liczbie państw przepisy techniczno-budowlane formułowane są w sposób umożliwiający szerokie stosowanie metod inżynierskich. Metody te pozwalają na lepsze dopasowanie rozwiązań wykorzystywanych w budynku do potrzeb związanych z bezpieczeństwem. Dzięki temu można obniżyć koszty inwestycji, ze względu na możliwość stosowania dokładnie tego, co w danych warunkach jest niezbędne. Metody te umożliwiają także rezygnację z arbitralnego udzielania w trybie administracyjnym zgody na odstępstwo od przepisów. Struktura takich przepisów jest dwupoziomowa. W części I – obligatoryjnej – zawarte są wymagane cele i właściwości użytkowe budynków, które powinny być zawsze zapewnione, a w części II – fakultatywnej –

warunki techniczne o postaci zbliżonej do polskich, których stosowanie zapewnia domniemanie spełnienia wymagań części I.

Z rozwiązań zawartych w części II przepisów można nie korzystać po udowodnieniu, w oparciu o kryteria zawarte w części I, że rozwiązania przyjęte w projekcie budowlanym będą tak samo dobre, jak te zawarte w części II. Projektant wykazuje to za pomocą metod inżynierskich: obliczeń, analiz, symulacji komputerowych, względnie wyników eksperymentów [9].

4. Kontrole spełniania wymagań bezpieczeństwa pożarowego w budynkach

Unijne rozporządzenie budowlane zobowiązuje do zachowywania podstawowych wymagań dla budynków, w tym bezpieczeństwa pożarowego, przez cały okres ich użytkowania. Wywiązywanie się z tego obowiązku sprawdza się w trakcie okresowych kontroli budynków, przeprowadzanych na koszt ich właścicieli przez inżynierów odpowiednich specjalności. W razie stwierdzenia uszkodzeń lub braków, które mogłyby spowodować zagrożenie życia lub zdrowia ludzi, bezpieczeństwa mienia lub środowiska, kontrolujący są zobowiązani (i ponoszą za to odpowiedzialność – w skrajnym przypadku nawet karną) zamieścić odpowiednie uwagi w protokole. Jego kopię przesyłają do lokalnego nadzoru budowlanego, który następnie sprawdza, czy uszkodzenia i braki zostały usunięte.

W Polsce istnieją kontrole tego rodzaju, ale jak dotąd nie obejmują one spełniania w budynkach wymagań bezpieczeństwa pożarowego. Jednocześnie Państwowa Straż Pożarna, uprawniona do przeprowadzania czynności kontrolno-rozpoznawczych (ze względu na braki w personelu) ogranicza je do budynków użyteczności publicznej i zamieszkania zbiorowego, zakładów stwarzających zagrożenie poważną awarią przemysłową oraz obiektów przekazywanych w użytkowanie. Eksploatowane budynki mieszkalne, a także produkcyjne i magazynowe w praktyce nie są kontrolowane [10]. Nie pozostaje to bez wpływu na liczbę ofiar śmiertelnych w pożarach oraz poziom strat materialnych, które w ostatnich latach w Polsce niepokojąco rosną [11].

Jak wielokrotnie stwierdzano, w procesie eksploatacji budynków ich właściciele i użytkownicy dopuszczają się wprowadzania zmian powodujących znaczące pogorszenie się warunków ochrony przeciwpożarowej budynków. Było to m.in. przyczyną tragicznych skutków pożaru budynku socjalnego w Kamieniu Pomorskim w 2009 r., śmierć poniosły wówczas 23 osoby. Nagminnie spotyka się znaczne zwiększanie gęstości obciążenia ogniowego w budynkach przemysłowych, projektowanych dla gęstości tego obciążenia poniżej 500 MJ/m²,

przy której wymagania bezpieczeństwa pożarowego są minimalne. W myśl art. 71 Prawa budowlanego, zmiana warunków bezpieczeństwa pożarowego (a zwiększenie gęstości obciążenia ogniowego w stopniu powodującym wzrost wymagań dla obiektu stanowi taką zmianę) jest niedopuszczalna bez akceptacji administracji architektoniczno-budowlanej. Oczywiście akceptacja taka byłaby niemożliwa bez wprowadzenia dodatkowych rozwiązań zabezpieczających. Mimo że pion kontrolno-rozpoznawczy PSP ma obsadę zbyt małą w stosunku do zakresu swych obowiązków, to poświęcenie temu problemowi trochę uwagi w czasie czynności kontrolno-rozpoznawczych, nawet włącznie z powiadomieniem ubezpieczyciela, byłoby na pewno bardzo pozytywne. Często dochodzi też w obiektach budowlanych do drastycznego pogarszania warunków ewakuacji.

Wprowadzenie obowiązkowych okresowych kontroli spełniania wymagań bezpieczeństwa pożarowego w budynkach, zgodnych z wymaganiami prawa unijnego, musiałoby przynieść zdecydowaną poprawę istniejącej sytuacji. W Polsce dysponujemy dużymi zasobami wysokokwalifikowanej kadry absolwentów Szkoły Głównej Służby Pożarniczej zdolnymi do realizacji takich zadań, które aktualnie ze względu na trudności na rynku pracy nie zawsze są w pełni wykorzystywane.

5. Podsumowanie

Nowe unijne rozporządzenie budowlane nakłada na Polskę nowe zadania w zakresie bezpieczeństwa pożarowego budynków. Przy ich spełnianiu za najbardziej korzystne należy uznać wykorzystywanie doświadczeń starszych państw Unii. Obejmują one zarówno szereg rozwiązań technicznych stosowanych w budynkach, jak i odmienny często od naszego sposób formułowania przepisów. Bardzo istotne jest też zapewnienie powszechnych, okresowych kontroli budynków w zakresie spełniania wymagań bezpieczeństwa pożarowego zapobiegających wzrostowi zagrożenia wynikającego z niewłaściwej eksploatacji budynków.

Literatura

1. Dyrektywa Rady nr 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia przepisów ustawowych, wykonawczych i administracyjnych Państw Członkowskich odnoszących się do wyrobów budowlanych (Dz. U. L 40 z 11.02.1989).
2. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków tech-

nicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690 z późn. zm.).

3. Ratajczak, D., Zieleniewski, S. *Nowe unijne rozporządzenie budowlane, a przepisy obowiązujące w Polsce*, „Ochrona Przeciwpożarowa” 2011, Nr 2, s. 2–3.
4. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) Nr 305/2011 z dnia 9 marca 2011 r. ustanawiające zharmonizowane warunki wprowadzania do obrotu wyrobów budowlanych i uchylające dyrektywę Rady 89/106/EWG (Dz. U. L 88 z 04.04.2011).
5. BS 9991:2011 Fire safety in the design, management and use of residential buildings – Code of practice.
6. Bartsch, M., Loeckx, M., Ludwig, U., *Glutheiße Seen*, „Der Spiegel”, 2012, Nr 26, s. 12–17.
7. Börner, L. *Dynamiczne ukierunkowywanie ewakuacji*, „Ochrona Przeciwpożarowa”, 2005, Nr 3, s. 50–51.
8. Sobstel, J. W. *Monitoring pożarowy zwiększa bezpieczeństwo pożarowe obiektów budowlanych i ich użytkowników*. VII Międzynarodowa Konferencja „Bezpieczeństwo Pożarowe Obiektów Budowlanych”, Warszawa 2012, s. 295–301.
9. Ratajczak, D., Tofiło, P. *Performance Based Fire Regulations in Poland – Advanced Draft Under Consultation*. 8th International Conference on Performance – Based Codes and Safety Design Methods, Lund University, Sweden 2010, s. 119–124.
10. Ratajczak, D., *Projekt nowych warunków technicznych dla budynków*. „Ochrona Przeciwpożarowa” 2012, Nr 3, s. 2–6.
11. Janik, P. *Wnioski z pożarów 2010-2012*. „Ochrona Przeciwpożarowa” 2013, 2, s. 2–5.

dr inż. Dariusz Ratajczak – jest radcą Głównego Inspektora Nadzoru Budowlanego, wykłada również przedmiot Bezpieczeństwo pożarowe budynków w Szkole Głównej Służby Pożarniczej. W latach 1992-2007 był Dyrektorem Biura Rozpoznawania Zagrożeń Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej. Od wielu lat aktywnie uczestniczy w tworzeniu przepisów przeciwpożarowych i techniczno-budowlanych. Jest Przewodniczącym Rady Redakcyjnej kwartalnika Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Pożarnictwa „Ochrona Przeciwpożarowa”.

kom. dr inż. **Barbara KACZMARCZYK¹****Przyjęty/Accepted:** 30.04.2013; **Zrecenzowany/Reviewed:** 04.09.2013; **Opublikowany/Published:** 30.09.2013

BEZPIECZEŃSTWO I JEGO TYPOLOGIE

Safety and Its Typologies

Streszczenie

Badania bezpieczeństwa trwają od lat. Dyskusje dotyczące bezpieczeństwa mieszczą się w wielu dziedzinach i dyscyplinach naukowych. Szczególne miejsce wśród nich zajmują nauki społeczne, a w nich nauki o bezpieczeństwie. Wskazuje to na interdyscyplinarność tej problematyki, a tym samym na ogromne znaczenie dla człowieka, grupy społecznej, narodów, państw, organizacji międzynarodowych itd. Naukowa eksploracja problematyki związanej z bezpieczeństwem nie pozwala dziś wyodrębnić wspólnych kryteriów dla przywołanych powyżej dziedzin i dyscyplin naukowych, które w sposób jednoznaczny pozwoliłyby na wprowadzenie do nauki wspólnej typologii bezpieczeństwa. Świadomość tego nie zwalnia jednak z poszukiwania takich rozwiązań. Jest to przedsięwzięcie trudne i złożone. Jego istotą jest bowiem poszukiwanie wspólnych płaszczyzn i naukowo uzasadnione niwelowanie różnic. Artykuł ten jest próbą takiej przeglądowej, naukowej eksploracji. W jej efekcie zaprezentowano typologię bezpieczeństwa, która ponad wszelką wątpliwość nie jest rozwiązaniem ostatecznym, a jedynie głosem w dyskusji. U podstaw tego stanowiska znajdują się rozwiązania wykorzystane w artykule, będące wnioskami z badań prowadzonych przez ekspertów z zakresu nauk o bezpieczeństwie, politologii, stosunków międzynarodowych, ochrony środowiska i prawa. Przedmiotowy artykuł wskazuje na potrzebę konsolidacji wysiłków ekspertów w wielu zakresach bezpieczeństwa. Jest to podstawowy obowiązek ludzi nauki związany z poszukiwaniem racjonalnych rozwiązań służących rozwojowi oraz wypełnieniu służebnej roli nauki wobec człowieka.

Summary

Security research has been done for years. Discussion about security is present in many science fields especially in social science, particularly security science. That is why security research is interdisciplinary and has great importance for human, society, state and international organizations. Scientific explorations of this topic are not enough to extract criteria which would allow for introduction of the common typology of security. But this is not an argument to stop exploring this very complex problem. Its essence is to find common grounds and eliminate differences. This article is an attempt at such scientific overview and exploration of this problem. In result the article presents typology of security which is not the final version but only a part of the discussion.

The article presents research scholars of Security Science, Political and International Relations Science, Environmental Protection Science and Law Science. The aim of this article is to show the necessity to consolidate all experts' efforts from many fields of safety in order to find rational solution to this problem.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo, zagrożenie, typologia, organizacja, system;

Keywords: safety, danger, typology, organization, system;

Typ artykułu: artykuł przeglądowy;

Type of article: review article;

1. Wprowadzenie

Występujące coraz częściej zagrożenia w różnych sferach życia, a także prawdopodobieństwo wystąpienia nowych spraw, że każdy człowiek troszczy się, w miarę swoich możliwości, o bezpie-

czeństwo swoje oraz bliskich. Powyższy stan chce osiągnąć poprzez podejmowanie wielu czynności. Należy zauważyć, że bezpieczeństwo może dla każdego człowieka znaczyć zupełnie coś innego. Zarówno w potocznym rozumieniu, jak i w naukowym próżno szukać jednej definicji. Zdaniem J. Marcza-ka trudność ta wynika ze względu „na (...) ogromny, wszechogarniający zakres kategorii bezpieczeństwa, bardzo trudny, a chyba wręcz niemożliwy do zwięzłego opisanego i zdefiniowania” [14; s. 20]. Niewątpliwie o bezpieczeństwie mówi się od bardzo daw-

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

na. Jest ono obecne w wielu dyscyplinach naukowych, jednak bez wątpienia zwłaszcza w praktyce stanowi bardziej złożony problem. Dyskusje w powyższym zakresie trwają do dziś. Czym zatem jest bezpieczeństwo?

2. Zakres przedmiotowo-podmiotowy bezpieczeństwa

Wyjaśnieniem tego zagadnienia zajmowali się i nadal to czynią, zarówno ludzie nauki, jak i praktyki. Korzystanie ze zdobytej wiedzy w nauce, w przeszłości i obecnie, jest nieodłączne w procesie prowadzenia badań nad zagadnieniami bezpieczeństwa. Na przestrzeni lat obserwuje się korzystanie z osiągnięć wielu dziedzin i dyscyplin naukowych, w szczególności z nauk przyrodniczych, humanistycznych, społecznych, ścisłych i medycznych. Coraz bardziej złożony charakter bezpieczeństwa sprawia, że niezbędne jest rozszerzenie obszarów penetracji naukowej przez inne dyscypliny i subdyscypliny naukowe. Według W. Chojnackiego są nimi [5]: filozofia, literatura, religia, sztuki piękne i muzyka; antropologia, pedagogika i psychologia w odniesieniu do percepcji zagrożeń; bezpieczeństwo ekonomiczne; bezpieczeństwo międzynarodowe; socjologia bezpieczeństwa; etyka bezpieczeństwa; bezpieczeństwo informacyjne; bezpieczeństwo w cyberprzestrzeni. Jak podkreśla W. I. B. Beveridge, korzystanie ze zdobytej wiedzy w świecie nauki jest konieczne. Uważa on, że „odkrywczy są ludźmi, którzy dostarczają zworników do łuków budowli i ukazują światu całkowitą strukturę dzieł wznoszonych głównie przez swych poprzedników (...). Zdarza się, że zasada lub technika powstała w jednej dziedzinie wiedzy, po przeniesieniu do innej dziedziny staje się dla niej podstawą rozwoju (...). Większość odkryć znajduje szersze zastosowanie w dziedzinach, do których zostały przeniesione, niż w tych w których powstały. W tych nowych dziedzinach stają się one często narzędziami ułatwiającymi dalsze odkrycie” [3; s. 147].

Termin „bezpieczeństwo” w piśmiennictwie dotyczącym przedmiotu rozważań postrzegany jest na wiele sposobów. Etymologia angielskiego słowa *security* oznaczającego bezpieczeństwo pochodzi od łacińskiego terminu *sine cura*, co oznacza „bez obawy, bez lęku”. Bezpieczeństwo już w XV wieku kojarzyło się ze słowem „bezpieczny”, co oznaczało „taki, któremu nic nie grozi” [4; s. 26], natomiast w wieku XVI odbierane było jako „beztroski, spokojny; śmiały, odważny, poufały, zażyły; pewny, pewny siebie” [4; s. 26].

Słownik języka polskiego określa bezpieczeństwo jako stan, a dosłownie „stan niezagrożenia, spokoju, pewności” [4; s. 26] natomiast *Słownik terminów z zakresu bezpieczeństwa narodowego* jako „gwarancję rozwoju społeczeństwa i jego przetrwa-

nia. To nietrwały stan, który wymaga ciągłej troski, ale daje poczucie pewności, gwarantuje jego zachowanie oraz daje szansę na przyszły rozwój” [19; s. 13]. Podobną definicję prezentuje słownik nauk społecznych UNESCO, gdzie bezpieczeństwo jest „identyczne z pewnością i oznacza brak zagrożenia albo ochronę przed nim” [6; s. 629]. Najbardziej uniwersalną definicją wydaje się być zawarta ta w *The Oxford Dictionary*, gdzie bezpieczeństwo to „stan lub uczucie, że jest się bezpiecznym” [25; s. 749]. Definicje leksykalne identyfikują bezpieczeństwo jako pewność, zabezpieczenie przed czymś i wskazują, iż oznacza ono tak brak zagrożenia, jak i ochronę przed zagrożeniem [30; s. 5], przy czym pewność należy postrzegać jako gwarancję niewystępowania bądź eliminację zagrożeń. Zjawisko opisane powyżej należy traktować jako wartość motywacyjną, która inspirowa do działania, jako specyficzny proces o dynamicznym charakterze, zarówno w odniesieniu do treści, jak i do form oraz metod zapewniania [30; s. 5].

Prowadząc rozważania w zakresie bezpieczeństwa, należałoby zacząć od jego potocznego rozumienia, które obejmuje:

- poczucie wolności od zagrożeń,
- poczucie spokoju, komfortu życia,
- brak zagrożeń utraty życia, zdrowia, mienia,
- bezkolizyjne współistnienie człowieka i otoczenia (również przyrodniczego),
- wiarę w skuteczność pomocy na wypadek zagrożeń [12; s. 56].

W tego rodzaju pojmowaniu istotne są występujące „przekłamania”, czyli błędy bądź nieprawdziwe informacje, które mogą przedstawiać rzeczywistość w zupełnie innym świetle niż faktyczny. Taki stan daje wiarę i nadzieję człowiekowi, by mógł zachować pewność co do jego wyobrażenia o bezpieczeństwie w środowisku, w którym funkcjonuje, tym samym oddalając od siebie prawdę. Powyższa sytuacja jest bezpieczna z punktu widzenia psychologicznego każdego człowieka, co ma swoje pozytywne odzwierciedlenie wśród społeczeństwa. Powoduje ona brak dodatkowych zagrożeń wywołanych paniką wśród społeczności. Powyższe świadczy o tym, że potoczna wiedza może nie być wiarygodna, dlatego też warto podejmować dyskusję w tym zakresie.

Naukowcy rozpatrują również bezpieczeństwo jako substytut szczęścia różnie interpretowanego na przełomie dziejów. Grecki filozof Arystoteles uważał, że warunkiem osiągnięcia szczęścia jest życie niezależne, bezpieczne, przyjemne, a także prowadzone na wysokim poziomie materialnym [1; s. 82-83]. Według niego powyższe stanowi najwyższe dobro. Filozof rzymski Lucjusz Anneusz Seneka uważał, że życie szczęśliwe sprowadza się do radości z tego, co się posiada w danej chwili [16; s. 66].

Zdaniem epikurejczyków szczęście można było osiągnąć dzięki przyjemnościom i unikaniu cierpień [24; s. 11]. Z kolei św. Augustyn głosił, że człowiek będzie szczęśliwy wtedy, kiedy znajdzie Boga [23; s. 49]. W jego ocenie szczęścia nie dają rzeczy materialne, lecz wszelkie sprawy duchowe. W nowożytnym utylityzmie J. Bentham i J. S. Mill szczęście to „ostateczna wartość wyrażana przez trwałą satysfakcję tworzoną przez zróżnicowane przyjemności w różnych sferach życia” [24; s. 11].

Jak przedstawiono powyżej szczęście rozumiane jest w różnoraki sposób. W konsekwencji jednak powyższe treści można sprowadzić do jednego sformułowania, które zostało wypowiedziane przez E. Fromena, że „Jesteśmy szczęśliwi [...], jeżeli dostajemy to czego chcemy” [8; s. 14]. W zasadzie, czy są to wartości materialne, duchowe czy jakiegokolwiek inne, chodzi o pragnienia i życzenia. Niestety kiedyś i dziś nie jest możliwe, by każdy mógł w ciągłym procesie realizować zamierzenia, które dawałyby mu tylko i wyłącznie szczęście, dlatego też jak słusznie zauważa J. Świniarski i W. Chojnowski, nastąpiło przewartościowanie dobra najwyższego ze szczęścia na bezpieczeństwo lub traktowanie bezpieczeństwa jako współczesnego, bardziej realnego i rzeczywistego substytutu szczęścia.

Zdaniem R. Rosa bezpieczeństwo obejmuje zaspokojenie potrzeb: istnienia przetrwania, pewności, stabilności, całości. Uważa on, że nie tylko przetrwanie jest ważne, ale także gwarancja jakości życia. Powyższy tok rozumowania znacznie może poszerzać katalog zagrożeń dla bezpieczeństwa oraz koniecznych środków, które muszą być podejmowane w celu ich likwidacji [15 ; s. 13].

W rozważaniach psychologicznych, A. H. Maslow, definiując potrzeby człowieka, zhierarchizował je poczynawszy od potrzeb fizjologicznych, poprzez bezpieczeństwo, potrzebę przynależności, szacunku, a na potrzebie samorealizacji kończąc. W myśl powyższego należy rozumieć, że w pierwszej kolejności, by każdy człowiek mógł funkcjonować, muszą być zaspokojone potrzeby niższego rzędu – pragnienie i głód, które są podstawowym warunkiem przetrwania i funkcjonowania. Stanowią one podwaliny do zapewnienia bezpieczeństwa, czyli poczucia pewności, braku lęku lub zagrożenia. Powyższe powinno mieć swoje odzwierciedlenie w stabilnym środowisku, zarówno psychicznym, jak i emocjonalnym. W opinii Maslowa bezpieczeństwa nie należy łączyć ze szczęściem, które może wynikać z zadowolenia czy satysfakcji. Powyższe ma swoje odzwierciedlenie dopiero w potrzebie samorealizacji definiowanej jako zadowolenie z postępowania i określonego zachowania się człowieka.

W trakcie prowadzonych rozważań należy zauważyć, że najważniejszy jest byt, istnienie człowieka, który może odczuwać lęk przed zagrożeniem.

Bez powyższego mówienie o bezpieczeństwie nie ma najmniejszego sensu. Z kolei kwestia istnienia nasuwa pytania o jego sens i celowość. To właśnie cel nadaje istnieniu sens. Każdy istnieje bowiem „po coś”, ma jakiś cel do zrealizowania. Gdyby było inaczej, z pewnością zastanawiano by się nad potrzebą istnienia. Zgodnie z założeniami filozofii egzystencjalistycznej podstawowymi wartościami człowieka jest jego byt oraz rozwój i tylko niezagrożenie tych dwóch wartości daje poczucie bezpieczeństwa.

Zdania naukowców zajmujących się zagadnieniami bezpieczeństwa również nie są jednakowe. Zdaniem R. Zięby i J. Stańczyka bezpieczeństwo ściśle związane jest z takim stanem jak pewność. Pierwszy z nich uważa, że bezpieczeństwo to „stan i poczucie pewności oraz wolności od zagrożeń” [30; s. 5] natomiast drugi, że „bezpieczeństwo jest (...) identyczne z pewnością (...) i oznacza brak zagrożenia (...) fizycznego albo ochronę przed nim” [21; s. 15]. Stanisław Koziej koncentruje się na podejściu pragmatycznym, twierdząc, że jeżeli jest mowa o dynamicznym (procesie) bezpieczeństwa danego podmiotu w sensie praktycznym, to należy mieć w myśli tę dziedzinę jego aktywności, która zmierza do „zapewnienia możliwości przetrwania, rozwoju i swobody realizacji własnych interesów w konkretnych warunkach, poprzez wykorzystywanie okoliczności sprzyjających (szans), podejmowanie wyzwań, redukcja ryzyka oraz przeciwdziałanie (zapobieganie i przeciwstawianie się) wszelkiego rodzaju zagrożeniom dla podmiotu i jego interesów” [9; s. 2].

Z punktu widzenia polityki międzynarodowej bezpieczeństwo to „jeden z naczelných celów egzystencjalnych narodów, państw i ich grup wynikający z konieczności zaspokojenia podstawowych potrzeb: istnienia, przetrwania i rozwoju.” [13; s.16].

W opinii S. Śladkowskiego bezpieczeństwo podlega „warunkowaniu przez ogólne tendencje i procesy rozwoju społeczności zarówno w wymiarze wewnętrznym (wewnątrzpaństwowym), jak i zewnętrznym odnoszonym do rozwoju społeczności międzynarodowej” [17; s. 3]. Powyższe skutkuje narastającymi współzależnościami, a to z kolei ma znaczenie dla przeobrażeń treści i form zapewnienia bezpieczeństwa. Sytuacja ta sprawia, że pojawia się trudność w definiowaniu terminu „bezpieczeństwo”, a także jego pochodnych, które włączają w obszar zainteresowania jego rodzaje wyłaniające się z przejawów różnej działalności społecznej. Wspomniany badacz, wyjaśniając przyczynę powyższego zjawiska, tłumaczy, że różnice i odrębności, które utrzymują się i są kształtowane przez społeczność krajową i międzynarodową, mają wpływ na postrzeganie zagrożeń. Doskonałym przykładem zasługującym na uwagę jest fakt, że prawdopodobieństwo wystąpienia konkretnego zagrożenia powoduje skupienie

się nad jego zagadnieniem często wielu narodów. W konsekwencji lekceważy się możliwość wystąpienia innych zagrożeń, do momentu ustabilizowania się sytuacji. Dopiero wtedy dostrzega się potrzebę poszerzania treści pojęcia bezpieczeństwo o obszary obejmujące np. sfery gospodarcze, kulturowe, naukowo-techniczne, ideologiczne czy też ekologiczne.

Natomiast B. Balcerowicz uważa, że na istotę bezpieczeństwa składa się: gwarancja nienaruszonego przetrwania oraz gwarancja możliwości rozwoju. Według wspomnianego autora powyższy termin należy postrzegać w dwóch aspektach: wewnętrznym i zewnętrznym, a także w czterech wymiarach: jednostkowym, grupowym, narodowym (państwowym) oraz międzynarodowym [2; s. 55].

Warto zwrócić uwagę na słowa A. Wolfersa, który uznał, że „bezpieczeństwo, w obiektywnym sensie, mierzy nieobecność zagrożeń dla nabytych wartości, w subiektywnym sensie, nieobecność strachu, że takie wartości będą zaatakowane” [28; s. 150].

Prowadząc rozważania na temat bezpieczeństwa, warto wziąć również pod uwagę proponowany model przez szwajcarskiego politologa D. Freia, który uwzględnia cztery elementy [7; s. 17-21]:

- stan braku bezpieczeństwa występujący w sytuacji prawidłowo postrzeganego rzeczywistego zagrożenia;
- stan obsesji, w którym niewielkie zagrożenie postrzegane jest jako duże;
- stan fałszywego bezpieczeństwa opierający się na niedoszacowaniu (lekceważeniu) poważnego zagrożenia;
- stan bezpieczeństwa, w którym zagrożenie jest niewielkie, a jego postrzeganie adekwatne.

Wspólną cechą większości definicji bezpieczeństwa jest określanie go mianem procesu [10; s. 10], w którym uczestniczy wiele podmiotów. W konsekwencji bezpieczeństwo jest ciągłym procesem społecznym, w ramach którego podmioty działające starają się doskonalić mechanizmy zapewniające im poczucie bezpieczeństwa. Proces ten ma charakter zmienny w czasie o zróżnicowanej dynamice i intensywności, która powiązana jest ze zmiennością warunków otoczenia, postępem cywilizacyjnym, a także sferami i zakresem potrzeb poszczególnych podmiotów.

W. Zajdziński oraz S. Miłosz stoją na stanowisku, że w rozważaniach o bezpieczeństwie kraju przyjmuje się tezę, „iż bez względu na epokę i ustrój zachowaniem państwa na arenie międzynarodowej rządzą dążenia odzwierciedlające podstawowe interesy narodowe:

- po pierwsze – wola przetrwania – zachowania własnej egzystencji i tożsamości; a więc suwerenności i integralności terytorialnej;

- po drugie – rozwój i wzrost swojej pozycji w otoczeniu” [29; s. 70].

Zatem należy założyć, że bezpieczeństwo to nic innego jak działania zmierzające do przetrwania (suwerenność państwa, biologiczne przetrwanie), a także do rozwoju społeczeństwa. Suma tych dwóch składników jest gwarancją bezpieczeństwa.

3. Kryteria typologiczne bezpieczeństwa i ich konsekwencje

Zdaniem wielu badaczy bezpieczeństwo jest niepodzielną kategorią, jednak w celu uzyskania odpowiedzi na pytania rodzące się w trakcie procesu badań nad bezpieczeństwem konstruuje się różne jego typologie.

Bezpieczeństwo należy rozpatrywać w szerszej perspektywie, przyjmując dobrodziejstwa, jakie niosą ze sobą odmienne dyscypliny naukowe. Jak zauważa B. Wiśniewski zagadnieniami przydatnymi do opisywania i wyjaśniania faktów, procesów i zjawisk w szeroko rozumianym bezpieczeństwie są: podmiot, z punktu widzenia którego bezpieczeństwo jest analizowane; środowisko (otoczenie), dzięki któremu podmiot (...) zaspokaja swoje podstawowe potrzeby, realizując interesy i osiągając określone cele i wartości; relacje między podmiotem a jego środowiskiem (otoczeniem), a także ryzyko towarzyszące wszelkim zmianom i rozwojowi [27; s.16].

W drodze prowadzonej analizy należy stwierdzić, że główna rola bezpieczeństwa to zapewnienie trwania, przetrwania i rozwoju danego podmiotu, a także jego środowiska.

W literaturze przedmiotu prowadzone są rozważania na temat bezpieczeństwa w kilku wymiarach. J. Kukulka proponuje, by rozważania nad bezpieczeństwem prowadzić w wymiarach podmiotowym, przedmiotowym i procesualnym [11; s. 40-41]. Z kolei R. Zięba uważa, że powyższym zagadnieniem należy zajmować się przy uwzględnieniu następujących aspektów [31; s. 30-32]:

- podmiotowego: bezpieczeństwo narodowe i bezpieczeństwo międzynarodowe;
- przedmiotowego: bezpieczeństwo polityczne, wojskowe, gospodarcze, społeczne, kulturowe, ideologiczne, ekologiczne, informacyjne itd.;
- przestrzennego: bezpieczeństwo personalne (dotyczące indywidualnych ludzi – osób), lokalne (państwowo-narodowe), subregionalne, regionalne (koalicyjne), ponadregionalne i globalne (uniwersalne);
- czasu: stan bezpieczeństwa i proces bezpieczeństwa;
- sposobu organizowania:
 - indywidualne (unilateralne) – hegemonizm mocarstwowy (zapewnienie przez działanie);

- jednostronne (izolacjonizm, neutralność, niezaangażowanie);
- sojusze (system blokowy);
- system bezpieczeństwa kooperacyjnego;
- system bezpieczeństwa zbiorowego (regionalnego, uniwersalnego) [31; s. 25].

Podobne zdanie przedstawił B. Balcerowicz w opracowaniu *Bezpieczeństwo polityczne Rzeczypospolitej Polskiej*.

Jak zauważa W. Kitler bezpieczeństwo w ujęciu podmiotowym może dotyczyć człowieka posiadającego system właściwych wartości; grupy ludzi o różnej skali wartości; sformalizowanych i terytorialnie rozpoznawalnych struktur, kierujących się określonymi normami prawnymi takimi jak gmina, powiat, województwo, państwo, grupa państw. Tę opinię podziela S. Koziej, który uważa, że podmiotem bezpieczeństwa mogą być „wszystkie jednostki mające własne interesy i wyrażające ambicje realizacji tych interesów” [9, s. 2]. Powyższe należy rozpatrywać odpowiednio w następujących kategoriach bezpieczeństwa indywidualnego (osobowe, personalne); grupowego (rodowe, plemienne); narodowego (państwowe), międzynarodowego (regionalne, globalne) [9; s. 2].

Wymiar przedmiotowy obejmuje różne dziedziny (płaszczyzny). Ma on charakter pomocniczy względem podziału podmiotowego, ale nie stanowi odrębnego kierunku ustaleń teoretycznych. Wymiar ten pozwala na określenie rodzajów bezpieczeństwa. Jak zauważa Cz. Znamierowski można wyróżnić m.in. bezpieczeństwo: polityczne, militarne, ekonomiczne, społeczne, kulturowe, ideologiczne, ekologiczne, zewnętrzne i wewnętrzne [32; s. 80]. Bardzo ważne w procesie badania przedmiotu jest poszerzanie: „katalogu chronionych wartości; zakresu środków i metod polityki bezpieczeństwa; przestrzennej wizji bezpieczeństwa państwa” [26; s. 20] celem wzbogacenia naukowego opisu bezpieczeństwa rozpatrywanego z przedmiotowego punktu widzenia.

Wymiar procesualny odnosi się do subiektywnych i obiektywnych aspektów bezpieczeństwa, tj. pewności funkcjonowania i rozwoju danego podmiotu [11; s. 40-41].

W ocenie B. Wiśniewskiego podział bezpieczeństwa jest zintegrowany z trzema obszarami [11; s. 22]:

- jednostkowym, grupowym i społecznym;
- globalnym, regionalnym i lokalnym;
- obiektywno-subiektywnym.

Rozważania o wszystkich rodzajach bezpieczeństwa z pewnością można prowadzić z uwzględnieniem powyższych obszarów. Można również, jak zauważa B. Wiśniewski, traktować je w sposób zintegrowany, tzn. kompleksowy i wielowymiarowy.

Tego rodzaju mechanizm daje swobodę w zakresie prowadzenia badań i dokładny jego pomiar.

Warto zwrócić również uwagę na sposób podziału bezpieczeństwa ujętego w *Słowniku terminów z zakresu psychologii dowodzenia i zarządzania* [20; s. 17]. Uwzględniono w nim podział:

- ze względu na obszar jaki obejmuje, czyli na bezpieczeństwo globalne, międzynarodowe, regionalne i narodowe;
- ze względu na stosunek do obszaru państwa, czyli na bezpieczeństwo zewnętrzne i wewnętrzne;
- ze względu na dziedzinę w jakiej występuje, czyli na bezpieczeństwo militarne, polityczne, energetyczne, ekologiczne, informatyczne, społeczne, kulturowe; fizyczne i socjalne; strukturalne i personalne.

Zaproponowany podział jest bardzo podobny do poprzednich, co oznacza, że postrzeganie typologii zagrożeń w różnych dyscyplinach jest niemalże takie same.

Z kolei w *Strategii bezpieczeństwa narodowego Rzeczypospolitej Polskiej* przyjęto podział bezpieczeństwa narodowego na [22; s.10-20] bezpieczeństwo: zewnętrzne, militarne, wewnętrzne, obywatelskie, społeczne, ekonomiczne, ekologiczne, informacyjne i telekomunikacyjne.

Bezpieczeństwo jest obszarem intensywnych badań naukowców z różnych dziedzin. Występujące niebezpieczeństwa, które zagrażają szeroko pojętemu bezpieczeństwu, były, są i będą głównymi przyczynami prowadzenia badań oraz dyskusji w przedmiotowym zakresie. Bez wątpienia zapewnienie szeroko rozumianego bezpieczeństwa obywatelom leży w interesie państwa. Gwarancją powyższego jest nie tylko fizyczne bezpieczeństwo, ale również zapewnienie odpowiedniego poziomu egzystencji. Jak powiedziano wyżej interpretacji terminu bezpieczeństwo jest wiele. Na przełomie lat, a także w różnych dyscyplinach i subdyscyplinach interpretuje się go odmiennie. W wielu definicjach i typologiach odnaleźć można zarówno szereg podobieństw i cech wspólnych, jak również różnic. W zasadzie bezpieczeństwo, jak przedstawiają powyższe treści, ewoluowało w czasie – przy uwzględnieniu bieżącej sytuacji na arenie nie tylko narodowej, ale i międzynarodowej. Jednak najogólniej rzecz ujmując, można stwierdzić, że bezpieczeństwo to wiedza teoretyczna i praktyczna, dzięki której zostanie zapewniona możliwość egzystencji (przetrwania), a także realizacji własnych interesów w niesprzyjającym środowisku, uwzględniając wykorzystanie pojawiających się szans, podejmowanie wyzwań, redukcja ryzyka, a także zapobieganie i przeciwstawianie się wszelkim zagrożeniom godzącym w podmiot, a także w jego interesy.

W zależności od przedmiotu (treści) bezpieczeństwa wyróżnia się tyle jego rodzajów, dziedzin, obszarów, ile jest możliwych sfer aktywności danego podmiotu. W zasadzie w każdej sferze aktywności występują jakieś elementy bezpieczeństwa, dlatego też spotkać można bezpieczeństwo energetyczne, teleinformatyczne, informacyjne, masowych imprez sportowych, morskie, lotnicze, w ruchu lądowym, społeczne (w tym np. socjalne), publiczne, powszechne, antyterrorystyczne, antykorupcyjne, gospodarcze (w tym np. energetyczne, finansowe, infrastrukturalne), w komunikacji i transporcie, ekonomiczne, kulturowe itp.

- Jeżeli mowa o zintegrowanym bezpieczeństwie narodowym (państwowym) Polski wyróżnia się zgodnie z Konstytucją obszary z podziałem na dziedziny:
 - bezpieczeństwo zewnętrzne;
 - bezpieczeństwo wewnętrzne.

4. Podsumowanie

Reasumując, uprawnionym wydaje się stwierdzenie, że z racji znaczenia bezpieczeństwa w życiu człowieka podlega ciągłym i systematycznym badaniom. Badania nad bezpieczeństwem prowadzone są we wszystkich dziedzinach naukowych. W każdej z nich przyjmuje się kryteria służące typologii bezpieczeństwa, właściwe dla danej dziedziny naukowej. Dostrzega się kryteria wspólne. W niniejszym artykule zostały one wyeksponowane.

5. Wnioski

Na zakończenie należy podkreślić, że dyskusja na temat bezpieczeństwa trwa i trwać będzie, ponieważ jego definicje powstające na przestrzeni lat dowodzą, że termin ten ewoluuje. Bezpieczeństwo może być definiowane jako konkretny cel, ale i jako następstwo, co oznacza, że społeczeństwo interesuje się czymś zwłaszcza wtedy, gdy to straci. Idąc tym tokiem rozumowania, należy stwierdzić, że temat będzie w zasadzie jeszcze długo wszechobecny, a badania będą trwały tak długo, jak będzie występowało prawdopodobieństwo jego zachwiania.

Literatura

1. Arystoteles, *Retoryka-Poetyka*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1998.
2. Balcerowicz B., *Bezpieczeństwo polityczne Rzeczypospolitej Polski*, Wydawnictwo AON, Warszawa 2004.
3. Beveridge W.I.B., *Sztuka badań naukowych*, Warszawa 1963, Podstawowy Zakład Wydawnictw Lekarskich.
4. Boryś W., *Słownik etymologiczny języka polskiego*, Wydawnictwo Literackie, Kraków 2010.

5. Chojnacki W., *Integracyjne i dezintegracyjne podejścia do bezpieczeństwa* [w:] *Bezpieczeństwo w teorii i badaniach naukowych*, B. Wiśniewski (red. nauk.), Wydawnictwo WSPol, Szczepiń 2011.
6. *Dictionary of the Social Sciences*, London 1964.
7. Frei D., *Sicherheit, Grundfragen der Weltpolitik*, Stuttgart 1977.
8. Fromm E., *O sztuce istnienia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Wrocław-Kraków 1997.
9. Koziej S., *Wstęp do teorii i historii bezpieczeństwa – skrypt internetowy*, Warszawa/Ursynów 2010.
10. Kukułka J., *Narodziny nowych koncepcji bezpieczeństwa*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1997.
11. Kukułka J., *Narodziny nowych koncepcji bezpieczeństwa* [w:] *Bezpieczeństwo międzynarodowe w Europie Środkowej po zimnej wojnie*, J. Kukułka (red.), Wydawnictwo UW, Warszawa 1994.
12. Lisiecki M., Kwiatkowska-Basałaj B. [w:] *Zarządzanie bezpieczeństwem*, P. Tyrała (red.), Wydawnictwo Profesjonalnej Szkoły Biznesu, Kraków 2000.
13. *Mały słownik stosunków międzynarodowych*, Wydawnictwo Szkolne i Pedagogiczne, Warszawa 1997.
14. Marczak J., *Współczesny charakter, potrzeby i organizacja bezpieczeństwa narodowego* [w:] *Wojskowe wsparcie władz cywilnych i społeczeństwa – założenia przygotowania i użycie*, W. Kitler, A. Skrabacz (red.), Wydawnictwo AON, Warszawa 2004.
15. Rosa R., *Filozofia i edukacja dla bezpieczeństwa w obliczu szans, zagrożeń i wyzwań przełomu XX i XXI w.* [w:] *Bezpieczeństwo człowieka i zbiorowości społecznych*, W. Maliszewski (red.), Wydawnictwo Akademii Bydgoskiej, Bydgoszcz 2005.
16. Seneka L.A., *O szczęściu*, Wydawnictwo Literackie, Kraków 1996.
17. Śladkowski S., *Bezpieczeństwo ekologiczne Rzeczypospolitej Polskiej*, Wydawnictwo AON, Warszawa 2004.
18. *Słownik języka polskiego*, Wydawnictwo PWN, Warszawa 1978, t.I.
19. *Słownik terminów z zakresu bezpieczeństwa narodowego*, Wydawnictwo AON, Warszawa 2002.
20. *Słownik terminów z zakresu psychologii dowodzenia i zarządzania*, Wydawnictwo AON, Warszawa 2000.
21. Stańczyk J., *Współczesne pojmowanie bezpieczeństwa*, Wydawnictwo PAN, Warszawa 1996.
22. *Strategia bezpieczeństwa narodowego*, Warszawa 2007.

23. Św. Augustyn, *Dialogi filozoficzne*, Wydawnictwo Znak, Kraków 1999.
24. Świniarski J., Chojnacki W., *Bezpieczeństwo jako współczesny substytut szczęścia* [w:] *Współczesne postrzeganie bezpieczeństwa*, K. Jałoszyński, B. Wiśniewski, T. Wojtuszek (red. nauk.), Wydawnictwo WSA, Bielsko-Biała 2007.
25. *The Oxford Reference Dictionary*, Oxford 1991.
26. Wiśniewski B., *Główne typy bezpieczeństwa* [w:] *Bezpieczeństwo w teorii i badaniach naukowych*, B. Wiśniewski (red. nauk.), Wydawnictwo WSPol, Szczytno 2011.
27. Wiśniewski B., *Współczesne rozumienie bezpieczeństwa* [w:] *Bezpieczeństwo w teorii i badaniach naukowych*, Wydawnictwo WSPol, Szczytno 2011.
28. Wolfers A., *Discord and Collaboration*, Johns Hopkins University Press, Baltimore 1962.
29. Zajdziński W., Miłosz S., *Rola sił zbrojnych wybranych państw w polityce bezpieczeństwa*, Wydawnictwo AON, Warszawa 1998.
30. Zięba R., *Pojęcia i istota bezpieczeństwa państwa w stosunkach międzynarodowych*, „Sprawy Międzynarodowe” 1989, nr 10.
31. Zięba R., *Instytucjonalizacja bezpieczeństwa europejskiego: koncepcje – struktury – funkcjonowanie*, Wydawnictwo Naukowe Scholar, Warszawa 1999.
32. Znamierowski Cz., *Szkoła prawa. Rozważania o państwie*, Instytut Wydawniczy PAX, Warszawa 1988.

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

mgr **Wojciech WIŚNIEWSKI¹****Przyjęty/Accepted:** 10.04.2013; **Zrecenzowany/Reviewed:** 27.04.2013; **Opublikowany/Published:** 30.09.2013

KOMPUTERY I ODKRYCIE NAUKOWE

Computers and Scientific Discovery

Streszczenie

Zwolennicy tradycyjnej filozofii nauki opowiadali się za wprowadzeniem rozróżnienia na kontekst odkrycia i kontekst uzasadniania, czyniąc ten ostatni jedynym właściwym przedmiotem filozoficznej refleksji. Wielu badaczy nie zgadzało się z tym rozstrzygnięciem. Niektórzy z nich podjęli wysiłki opracowania normatywnej teorii odkrycia naukowego. Dzięki zastosowaniu zaawansowanych maszyn liczących starano się stworzyć program komputerowy generujący odkrycia naukowe. Doprowadziło to do powstania odrębnej dziedziny nauki – teorii odkryć maszynowych – czerpiącej z dorobku psychologii rozwiązywania problemów i badań nad sztuczną inteligencją. Celem pracy jest dowiedzenie, że żadna z prób oparcia odkrycia naukowego o procedury stosowane przez komputery jest nierealizowalna z przyczyn logicznych.

W poniższej pracy przedstawiono historyczny proces, który doprowadził do wyodrębnienia się kontekstów odkrycia i uzasadnienia oraz wskazano badaczy i nurty, które sprzeciwiły się podziałowi na kontekst odkrycia i kontekst uzasadnienia. Następnie nakreślona została teoria odkryć maszynowych, której autorzy podjęli się próby skonstruowania programu komputerowego generującego odkrycia naukowe. Artykuł wieńczy przybliżenie racji logicznych, które czyniły ich starania niemożliwymi do zrealizowania.

W toku badań wykazano, że istnieją przekonujące racje logiczne, by uznać, że algorytmizacja odkrycia naukowego nie jest programem badawczym, którego cele mogły być osiągnięte. Przybliżono szereg racji odwołujących się do natury poznania komputerowego, które czynią nadzieje badaczy na sukces programu płonnymi. Poznanie komputerowe ma charakter dedukcyjny, jest treściowo puste, ponieważ nie może dostarczyć żadnej nowej wiedzy.

Chociaż wykorzystanie komputerów w pracy badawczej wydaje się decyzją słuszną, albowiem poprzez możliwości analizy ogromnej liczby danych otwierają przed naukowcami zupełnie nowe możliwości, maszyny liczące nie zastąpią naukowców całkowicie. Niezależnie od postępu technologicznego natura poznania komputerowego sprawia, że odkrycie naukowe będzie wymagało ludzkiej interwencji, a wszelkie próby redukcji odkrycia do czynności właściwych komputerom są skazane na niepowodzenie.

Summary

Adherents of traditional philosophy of science supported the distinction between context of discovery and context of justification, making the latter the only actual subject of philosophical inquiry. Many scientists did not follow this conclusion. Some of them tried to construct normative theory of scientific discovery. Due to application of advanced computing machines, they endeavoured constructing a computer programme as it would be able to generate scientific discoveries. It led to the emergence of separate scientific discipline – a theory of machine discovery that was based on the work of psychology of problem solving as well as artificial intelligence. The goal of the paper is to present argumentation in favour of the view that none of the attempts of reducing scientific inquiry to computation can succeed due to logical purposes.

The paper shows the historical process that led to the distinction of context of discovery and context of justification as well as indicates the scientists and trends that objected such a distinction. Subsequently, the paper presents the theory of machine discovery, which authors tried to construct a computer program that would generate scientific discoveries. Last part of the material is dedicated to logical arguments that make such attempts unable to succeed.

The inquiry showed that there are logical arguments to state that the algorithmization of scientific discovery is not possible. The paper delivers argumentation, derived from the nature of machine cognition that makes such attempts impossible to succeed. Machine cognition is deductive, without reference to any subject, has no content and can be reduced to the data given to the input of the system.

While using the computers in scientific inquiry seems to be a reasonable decision, because of the possibility of analysing great sets of data what opens new possibilities to scientists, the computers will never be a substitute for human beings. Regardless of the technical development, the nature of machine cognition makes scientific discovery dependent on human intervention. All attempts of reducing discovery to computing procedure cannot, necessarily, succeed.

¹ doradca komunikacyjny oraz strategiczny w projektach społecznych i biznesowych; wfwisniewski@o2.pl; communication and strategy consultant in social and business projects;

Słowa kluczowe: filozofia nauki, odkrycie naukowe, badania naukowe, kognitywistyka, algorytmizacja, sztuczna inteligencja, maszynowe uczenie się;

Keywords: philosophy of science, scientific discovery, research, cognitive science, algorithmization, artificial intelligence, machine learning;

Typ artykułu: artykuł przeglądowy;

Type of article: review article;

1. Wprowadzenie

Rozwój filozofii nauki przez wiele dziesięcioleci dokonywał się poprzez badania jedynie nad jednym aspektem działalności naukowej – procedurami wykazywania słuszności hipotez. Trudno jednoznacznie wskazać źródła takiego stanu rzeczy [7, s. 9-12]. Niewiele dyscyplin może poszczycić się opracowaniem wysoce zestandaryzowanych procedur, jednocześnie pomijając, i czyniąc to świadomie, istotną część przedmiotu dziedziny. Jest to tym bardziej zaskakujące, że ambicją filozofii nauki jest nie tylko dostarczenie kryteriów naukowej zasadności i wiarygodności poszczególnych twierdzeń, lecz również zdanie sprawy z tego, jak możliwy jest postęp w nauce. W badaniach nad nauką dochodzi do świadomego i celowego pogłębienia rozróżnienia pomiędzy sformalizowaną metodologią a realnym kształtem działalności badawczej. Co więcej, wielu autorów uważa taki stan za pożądany. Doszło do sytuacji, gdy nieprzystawanie refleksji filozoficznej nad nauką traktuje się jako jej przewagę.

W kontekście powyższego uznano, iż celem niniejszego opracowania jest zaprezentowanie rozważań dotyczących możliwości odkryć naukowych przy wykorzystaniu maszyn logicznych.

2. Dziedziny filozofii nauki – zarys problemu

Z historycznego punktu widzenia za ojców wprowadzenia rozróżnienia dwóch dziedzin w przedmiocie filozofii nauki uznać należy Hansa Reichenbacha oraz Karla Poppera [9, s. 205-212]. Chociaż ich stanowiska nie były jednobrzmiące, skutek wprowadzenia rozróżnienia na kontekst odkrycia oraz kontekst uzasadniania, kultywowany przez kolejne pokolenia inspirujące się ich dziełami, pozostaje ten sam. Odkrycie naukowe jako zjawisko zawierające komponent psychologiczny nie jest odpowiednią dziedziną badania sformalizowanej filozofii nauki. O ile można stworzyć normatywną filozofię obejmującą kontekst uzasadniania, o tyle odkrycie powinno być badane przez psychologów i nie pretendować do jakiejkolwiek normatywności.

Nie wszyscy badacze przyjmowali ten punkt widzenia. Wielu starało się również wstrzymać od głosu, nie angażując się w rodzący się spór o zasadność tradycyjnego rozstrzygnięcia [7, s. 33-48]. Część z nich starała się wyrwać odkrycie z objęć psychologii nauki, poddając je bliższej analizie. Byli to badacze, którzy starali się przywrócić odkrycie nauko-

we jako przedmiot filozofii nauki. Ich celem było uświadomienie uczestnikom dyskursu, że pomijanie odkrycia naukowego odbywa się kosztem wiarygodności całej dyscypliny. Część z nich poszła jednak krok dalej. Uważając, że odkrycie naukowe da się nie tylko opisać, lecz również, zdając sprawę z niektórych zależności, obserwowanych w toku badań historii nauki, modelować.

Badania nad przywróceniem odkrycia naukowego filozofii zbiegło się w czasie z rewolucją technologiczną. Począwszy od lat powojennych, odnotowano błyskawiczny rozwój komputerów. Niektórzy filozofowie widzieli w ich działaniach fenomeny bliskie zachowaniom ludzkiego umysłu. Pojawił się nurt, który starał się wykorzystać zdobycze techniki w projektowaniu działalności naukowej. W ten sposób wyłoniła się nowa dziedzina wiedzy – teoria odkryć maszynowych. Celem badaczy zajmujących się zastosowaniem komputerów w generowaniu odkryć naukowych było skonstruowanie komputera, który dokonywałby faktycznych odkryć według algorytmów konstruowanych w oparciu o rekonstrukcję historycznych odkryć naukowych.

3. Teoria odkryć maszynowych

Teoria odkryć maszynowych wzięła swój początek z kognitywistycznej analizy umysłu ludzkiego [5, s. 42] i badań nad sztuczną inteligencją. Główną tezę programów badawczych pracujących nad algorytmizacją odkrycia naukowego było twierdzenie, że proces odkrycia jest nieprzypadkowy i nie ma nic wspólnego z czysto subiektywnym zjawiskiem zachodzącym w umyśle badacza, lecz daje się modelować i opisywać przy pomocy algorytmów [5, s. 42]. Głównym celem komputerowego modelowania odkrycia naukowego było poznanie psychologicznych procesów przetwarzania informacji oraz ich rekonstrukcja za pomocą systemów komputerowych. Starania badaczy skupiały się wokół próby redukcji subiektywnego wymiaru odkrycia do obiektywnego procesu – dającego się zbadać i analizować.

Powodzenie teorii miałoby dalekosiężne skutki dla nauki, zarówno praktyczne (przyspieszenie tempa rozwoju nauki za sprawą zwiększającej się mocy obliczeniowej komputerów), jak i teoretyczne, ze względu na udowodnienie istnienia ściśle określonego kontekstu odkrycia oraz normatywnej teorii odkrycia naukowego prezentującej skuteczny sposób prowadzenia działalności badawczej [6, s. 8]. Badanie konkretnych sposobów generowania odkryć po-

zwoiliłoby z kolei na konstruowanie normatywnej teorii odkryć – zbioru norm i kryteriów efektywności metod używanych w pracy naukowca. Zniesione zostałyby rozróżnienie na kontekst odkrycia i uzasadniania na skutek nie tylko udowodnienia istnienia normatywnych mechanizmów odkryć, lecz również połączenia w funkcjonalną całość odkrywania i uzasadniania teorii naukowych [12, s. 51].

4. Teoria odkryć naukowych w programach badawczych

W obrębie teorii odkryć maszynowych największy dorobek stał się udziałem trzech programów badawczych – tzw. grupy Simona, badaczy skupionych w tradycji Alana Turinga oraz grupy HHNT. Cele każdego z nich były odmienne. Różnice wynikały często z dziedziny badań oraz zadań, które stawiano programom algorytmizującym. Niemniej tym, co wyróżnia badaczy skupionych wokół Herberta A. Simona, jest 25-letnia praca nad doskonaleniem kolejnych wersji systemów (sam program BACON doczekał się pięciu odsłon) wdrażanych w wielu dziedzinach nauki.

Punktem wyjścia systemów skonstruowanych przez grupę Simona jest teza, że „(...) przedmiotem naszych badań będzie budowa programu komputerowego (właściwie serii programów), który będzie w stanie dokonywać nietrywialnych odkryć naukowych, którego zasada działania jest oparta o naszą wiedzę ludzkich sposobów rozwiązywania problemów – w szczególności metod przeszukiwania heurystycznego” [6, s. 6].

Przy konstrukcji programów dokonujących ponownych odkryć praw naukowych grupa Simona korzystała z dorobku badań psychologicznych nad decyzjami podejmowanymi przez zawodników podczas gry w szachy. Na podstawie zgromadzonego materiału sformułowano cztery zasady, którymi posługują się ludzie w rozwiązywaniu problemów, a skoro nauka jest specyficznym rodzajem takiej działalności właśnie, stosowana jest także przez naukowców w toku ich pracy:

- przeszukiwanie heurystyczne – rozwiązywanie problemów polega na selektywnym przeszukiwaniu ogromnej liczby możliwych rozwiązań, których liczba została ograniczona poprzez stosowanie reguł heurystycznych,
- silne i słabe heurystyki – ludzie posługują się zarówno wysoce wyspecjalizowanymi heurystykami z wąskiej dziedziny (silne), jak i mającymi zastosowanie w szerokim zakresie (słabe), przy czym preferowane jest użycie pierwszych z nich, które w największym stopniu ograniczają przestrzeń problemową,
- analiza odległości od celu – jedna z najczęściej stosowanych heurystyk polega na ocenie różnic

między sytuacją bieżącą a docelową i skorzystaniu z operatora, który odległość tę zmniejszy,

- wiedza eksperta – wiedza o dziedzinie, przechowywana w pamięci w formie praw produkcji – formuł warunkowych w postaci $C \rightarrow A$ (gdzie C oznacza warunki uruchomienia danego prawa produkcji i okoliczności, w których powinno zostać uruchomione, A zaś wyznacza podjętą decyzję), uruchomionych w momencie rozpoznania konkretnej sytuacji. Jak pokazały badania, baza praw eksperta w danej dziedzinie może wynosić nawet 50 tys., np. w diagnostyce lekarskiej [6, s. 7-11].

Systemy zbudowane przez grupę Simona składały się z kilku elementów. Dwoma najważniejszymi były listy obiektów (projekty, modele) reprezentujące semantyczne informacje oraz prawa produkcji – pary warunkowe działające w oparciu o modele. Informacje w ramach modelu są reprezentowane przede wszystkim przez obiekty, do których przyłącza się prawa produkcji oraz zbiór warunków, koniecznych do ich zastosowania, zebranych w pamięci roboczej komputera. W przypadku gdy następuje konflikt pomiędzy prawami produkcji, przy jednoczesnym zaspokojeniu warunków wielu praw produkcji, stosuje się zasady rozwiązywania konfliktów praw (ang. *conflict-resolution rules*) określające, które z praw ma zostać zastosowane [6, s. 32-36].

5. Logika a teoria odkryć maszynowych

Rzetelne rozważania nad logicznymi argumentami przeciwko teorii odkryć maszynowych wymagają, aby używana terminologia nie zawierała sugestii ani nie zakładała rozstrzygnięć. Z tego względu za byt inteligentny będziemy uważać wszystko to, co w naukach o poznaniu określa się jako „zdolność do przedstawiania zadań intelektualnych, niezależnie od natury układów, które tę zdolność przejawiają” [11, s. 2]. Jako inteligentne, na tym etapie rozważań, określone są zatem zarówno ludzkie istoty, jak i maszyny oraz, co nie będzie stanowiło przedmiotu zainteresowania, niektóre ze zwierząt. Zachowania inteligentne z kolei „to takie, w których sposób działania jest dobrany odpowiednio do osiągnięcia postawionych celów” [4, s. 238].

Odkrycie naukowe rozumie się w najszerszym możliwym sposób. Korzysta się z trzech fundamentalnych warunków odkrycia określonych przez Małgorzatę Czarnocką:

„(...) Po pierwsze, przyjmuję, że chociażby wstępna aprobata odkrycia w nauce wymaga, aby zostało ono zaprezentowane w obowiązujący sposób, a mianowicie, aby wyrażono je w języku semantycznie zinterpretowanym, wyposażonym w sensy. Po drugie, zakładam, że odkrycie musi być odkryciem czegoś, jakiegoś obiektu – prawa przyrody. Przedmio-

tu jednostkowego określonego typu, zjawiska danego rodzaju. Zatem odkrycie musi mieć przedmiot, który koniecznie należy skonceptualizować, przedstawić za pomocą naukowych pojęć. Po trzecie zaś, przyjmuję, że odkrycie wnosi coś nowego do dziedziny poznania. Nie redukuje się do wiedzy zastanej” [3, s. 117].

Innymi słowy, przyjmuje się, że odkrycie korzysta z pojęć, posiada przedmiot oraz powoduje przyrost wiedzy w danej dziedzinie. Wydaje się, że jest to największy wspólny zbiór twierdzeń dotyczących odkrycia przyjmowany zarówno przez zwolenników, jak i przeciwników algorytmizacji odkrycia. W celu wykazania nieadekwatności prób automatyzacji odkrycia wystarczy skonfrontować oczekiwania wobec odkrycia z możliwościami, które dostarcza nam nauka o sztucznych inteligencjach w dwóch wersjach – słabej i silnej.

6. Mózg i komputer

W największym skrócie można powiedzieć, że silna AI stawia znak identyczności pomiędzy mózgiem i komputerem. Jak nazwał to John R. Searle, „umysł jest tym dla mózgu, czym program dla komputera” [4, s. 25]. Mózg jest maszyną liczącą różniącą się od programu komputerowego w sposób zasadniczy. To, że mózg ludzki jest systemem biologicznym, nie czyni go, przynajmniej ze względu na sposób funkcjonowania, czymś jakościowo odmiennym od innych maszyn liczących. Z punktu widzenia silnej AI każdy system fizyczny, niezależnie od podłoża (biologicznego, elektrycznego etc.), który posiada odpowiednie wejścia i wyjścia, jest obdarzony umysłem. Warunkiem koniecznym i wystarczającym posiadania umysłu byłby w takim przypadku zainstalowany odpowiedni program, według którego system taki by działał. Jak przedstawił to Searle: „jeśli zrobilibyśmy komputer ze starych puszek po piwie, napędzany wiatrakami, jeżeli zaprogramowalibyśmy go odpowiednio, byłby on obdarzony umysłem” [10, s. 25]. Silna AI głosi irrelevantność fizycznego podłoża umysłu. Biorąc pod uwagę, że działalność naukowa jest dziedziną, w której wymagane jest użycie umysłu, komputer taki byłby w stanie nie tyle symulować, co faktycznie prowadzić działalność badawczą. Zdolności poznawcze, którymi dysponują komputery, są równorzędne z tymi, którymi dysponuje człowiek. Jedynym wymogiem, który stawiamy obiektom innym niż ludzki mózg w posiadaniu sumienia, jest wyłącznie dysponowanie odpowiednim *hardwarem* i *softwarem* [3, s. 234], czyli bazą fizyczną o odpowiedniej mocy obliczeniowej oraz algorytmem, według którego system taki by działał.

Słaba wersja AI jest stanowiskiem zdecydowanie mniej radykalnym. Zwolennicy tego kierunku w badaniach nad sztuczną inteligencją głoszą jedy-

nie, że komputer oraz jego programy symulują lub modelują ludzkie stany umysłowe. Pogląd taki stawia znak odpowiedniości pomiędzy działaniem komputera a funkcjonowaniem ludzkiego umysłu, podczas gdy silna AI stawia między nimi znak identyczności. W słabej AI nie ma mowy o ścisłym podobieństwie [3, s. 302].

Rozumowanie prowadzące do falsyfikacji tezy o poprawności teorii odkryć maszynowych ma postać następującą. Jeżeli teoria odkryć maszynowych jest szczególnym przypadkiem teorii sztucznej inteligencji, a sztuczne inteligencje nie są w stanie prowadzić badań naukowych, to teoria odkryć maszynowych nie może opracować programu komputerowego, który byłby w stanie prowadzić badania naukowe.

W związku z hipotezą pracy jakoby algorytmizacja odkrycia była niemożliwa, konieczne staje się uzasadnienie dla obu przesłanek. W przypadku powodzenia, wniosek będzie uznany na mocy powyższego wnioskowania.

Celem programu generującego odkrycia (a właściwie dokonującego go ponownie) było zastosowanie różnego rodzaju reguł formalnych, które pozwalają osiągnąć rozwiązanie w skończonej liczbie kroków w oparciu o udostępnione systemowi dane. W założeniu był to program służący konstrukcji narzędzi formalnych wykorzystujących maszyny liczące działające podług wymienionych enumeracyjnie reguł określonego typu. Z tego punktu widzenia zakres sztucznej inteligencji i teorii odkryć maszynowych jest ten sam. Symulowanie (w wersji słabej AI) lub zachodzenie (w mocnej AI) procesów poznawczych w umyśle naukowca odbywa się poprzez zastosowanie programu komputerowego działającego podług algorytmu.

Udowodnienie drugiej z przesłanek wymaga sięgnięcia do krytyki czynionej sztucznej inteligencji jako takiej. Okazuje się bowiem, że programy komputerowe nie są w stanie dokonywać odkryć naukowych. Dzieje się tak ze względu na brak możliwości spełniania przez algorytmy żadnego kryteriów stawianych odkryciom naukowym, które wymieniono powyżej. Udowodnienie tych tez wymaga przybliżenia kilku definicji, które zostały wykorzystane poniżej.

Syntaktyka jest to dział semiotyki logicznej, który „dotyczy stosunków między znakami, takich jak wynikanie, sprzeczność, stosunki między elementami wyrażenia złożonego itp. Syntaktykę można przedstawić jako zbiór reguł, które dzielą się na dwie grupy: reguły składania (formowania wyrażień), określające, jak łączyć wyrażenia w bardziej złożone całości, oraz reguły przekształcania (transformowania), mówiące, jak otrzymać jedno wyrażenie z innych w taki sposób, by dziedziczyła się w przy tym określona własność wyrażenia...” [12, s. 184].

Semantyka jest to z kolei dział semiotyki „opisujący stosunki między znakami a rzeczywistością, do którego znaki się odnoszą, np. stosunek oznaczania, denotowania, konotowania, prawdziwości itp.” [12, s. 173]. Różnica pomiędzy dwoma działami semiotyki logicznej polega na przedmiocie badań. Semantyka bada relacje zachodzące pomiędzy językiem a tym, do czego język się odnosi. Syntaktyka bada relacje zachodzące pomiędzy wyrażeniami, stara się określić wewnętrzną strukturę danego systemu.

Teoria odkryć maszynowych skupiła się w znacznej mierze na jednym z dwóch komponentów istnienia komputera generującego odkrycia naukowe. Konstrukcja takiego urządzenia wymaga oprogramowania (*software*) oraz maszyny (*hardware*), której zdolności przetwarzania danych są wykorzystywane przed dane oprogramowanie. Z punktu widzenia przedmiotu artykułu zagadnienie *hardware*’u jest zupełnie nieistotne. Na żadnym z obecnych i przyszłych etapów rozwoju technologii komputerowej (najnowsze dzieło Amerykańskiego Departamentu Energii, superkomputer TITAN posiada zdolność obliczania $25 \cdot 10^{15}$ obliczeń na sekundę [14]) nie dokona się zmiana sposobu funkcjonowania komputerów.

Program komputerowy jest to „sekwencja symboli, która określa obliczanie [computation]” [1, s. 2]. Każdy program z kolei działa w oparciu o język programowania, czyli „zbiór reguł określających, które sekwencje symboli konstytuują program oraz które obliczenia program opisuje” [1, s. 2]. Słowem, komputer działa, organizując w oparciu o ciąg symboli, określony przez język programowania, determinujący wykonywane przez niego obliczenia. Programy komputerowe mają zatem postać algorytmów, które są „(...) pewną ściśle określoną procedurą obliczeniową, która dla właściwych danych wejściowych <<produkuje>> żądane dane wyjściowe zwane wynikiem działania algorytmu. Algorytm jest więc ciągiem kroków obliczeniowych przekształcających dane wejściowe w wyjściowe. Możemy go również traktować jako środek umożliwiający rozwiązanie konkretnego problemu obliczeniowego. Postawienie problemu polega na sprecyzowaniu wymagań dotyczących relacji między danymi wejściowymi a wyjściowymi, algorytm zaś opisuje właściwą procedurę obliczeniową, która zapewnia, że relacja ta zostanie osiągnięta” [2, s. 4].

Zdolności poznawcze komputerów są wyjątkowo ograniczone. Posiadają one jedynie możliwość operowania symbolami rozumianymi wyłącznie syntaktycznie niezależnie od języka, którego używają. Inteligencja komputerów ogranicza się do jednej funkcji – przekształcania ciągów symboli językowych według określonych przez programy komputerowe algorytmów. Wynikiem takiego przekształcenia jest inny ciąg symboli. Operacje wykonywane

przez komputer można ograniczyć do danych wejściowych przekształcanych według określonych reguł formalnych w dane wyjściowe. Poznanie komputerowe nie odnosi się do semantyki. Komputery nie rozumieją symboli, którymi operują. Programy ograniczają się do poziomu syntaktycznego, a wyposażenie algorytmów w warstwę znaczeń jest niemożliwe. Interpretacja języka wymaga zdolności interpretacji semantycznych, które posiadają ludzie [4, s. 121].

Poznanie komputerowe nie uwzględnia obecnej w poznaniu opozycji podmiot-przedmiot [4, s. 122]. Nie występuje żadna zależność pomiędzy danymi wyjściowymi programu generującego odkrycia a bytami znajdującymi się poza nim. Poznanie komputerowe jest czysto racjonalne. Ponadto uzależnienie komputerów od ludzi przy zbieraniu danych pozwala stwierdzić, że generowanie odkryć naukowych, nawet gdyby było możliwe, byłoby nieautonomiczne, zatem roszczenie sobie prawa przez teorię odkryć maszynowych do zastąpienia ludzi w działalności badawczej jest mrzonką. Komputery nie są w stanie zbierać danych, jak również nie są w stanie same określić problemu, który należałoby rozwiązać. Postulat Simona, aby każdy rodzaj działalności badawczej, w tym określanie problemów, był w zasięgu algorytmizacji, należy uznać za chybiony.

Modele sztucznej inteligencji powstałe m.in. w ramach teorii odkryć maszynowych generują wiedzę składającą się z informacji uzyskanych na wejściu i przetworzonych przez dostarczone uprzednio algorytmy. Jest to poznanie zamknięte w terminach, którymi system już dysponuje. Nie sposób przypuszczać, że maszyna dokonująca odkryć dokona ich istotnie, albowiem wszystkie informacje, które jest w stanie wygenerować, są treściowo identyczne z danymi uzyskanymi na wejściu. W związku z użyciem sformalizowanych reguł wyrażonych w terminach matematycznych i logicznych wszystkie przekształcenia są dedukcyjne, treściowo puste. Rzecz jasna wnioski dedukcyjne mogą stwarzać inne punkty widzenia, odkrywać prawdy, które mogły być ukryte lub niewidoczne i których zastosowanie jest szersze od narzędzi dostępnych obecnie. Niemniej jednak nie są w stanie dostarczyć nowej wiedzy.

Poznanie komputerów jest zamknięte w jednowymiarowej, syntaktycznej rzeczywistości. Wszystkie przekształcenia, które generował BACON oraz inne systemy odkryć, nie korzystały z warstwy semantycznej języka bez powołania znaczeń. Żaden z symboli wykorzystywanych w przeszukiwaniu heurystycznym z konieczności nie odnosi się do cze-
gokolwiek. Wszystko co zewnętrzne dla programu komputerowego, jest dla niego nieosiągalne. Każda zmiana zachodząca w systemie musi brać się z ma-

nipulacji danych wejściowych albo programu komputerowego korzystającego z algorytmów.

7. Podsumowanie

Jeżeli przetwarzanie informacji polega na manipulowaniu symbolami w oparciu o określone algorytmy, wtedy wszystkie operacje określane przez badaczy sztucznej inteligencji jako myślenie są treściowo puste. Pojęcie komputerowe jest wyłącznie racjonalne, bez przedmiotu oraz pozbawione pojęć. Systemy sztucznej inteligencji nie generują wiedzy twórczej. Poznanie zamyka się w treściowo pustych wnioskowaniach dedukcyjnych.

Programy komputerowe są uzależnione od ludzi w podwójny sposób. Z jednej strony wszelkie dane, którymi dysponuje komputer, muszą być mu podane z zewnątrz. Z drugiej, reguły przetwarzania ciągów symboli muszą być dostarczone przez programistów w formie sformalizowanych procedur logicznych zamykających poznanie komputerowe w ściśle określonych ramach. Programy komputerowe nigdy nie wybijają się na samodzielność, bowiem samodzielne – na mocy definicji – być nie mogą.

Ze względu na charakter poznania komputerowego dokonywanie przez programy odkryć naukowych jest niemożliwe, bowiem nie spełnia trzech podstawowych warunków uznania informacji znajdujących się na wyjściu komputera za istotne odkrycie. Po pierwsze, poznanie sztucznych inteligencji jest bezprzedmiotowe i czysto racjonalne. Po wtóre, uznanie wszelkiej działalności intelektualnej za szczególny rodzaj manipulowania symbolami zgodnie z określonymi regułami wyrażonymi w języku logiki sprawia, że poznanie komputerowe nie dostarcza nowej wiedzy. Wszystkie wnioskowania dokonywane przez komputery są wnioskowaniami dedukcyjnymi, treściowo pustymi. Po trzecie, angażują jedynie syntaktykę danego języka, nie są zatem w stanie zaprezentować sensownie jakiegokolwiek odkrycia. Obce jest im pojęcie sensu oraz pojęcia w ogóle.

Wszystkie wymienione powyżej warunki sprawiają, że teoria odkryć maszynowych jest uzależniona od udziału ludzkiego czynnika w elemencie poznania. Jak wykazano, żaden program komputerowy nie jest w stanie dokonać odkrycia naukowego w sposób samodzielny. Jest to zarzut odnoszący się do definicji „programu komputerowego” oraz „syntaktyki” i „semantyki”. Jeżeli program komputerowy jest „zbiorem reguł określających, które sekwencje symboli konstytuują program oraz jakie obliczenia program opisuje”, a reguły zostały wyrażone w niezinterpretowanym semantycznie języku logiki (opartym o badanie relacji pomiędzy używanymi wyrażeniami, czyli wszystkim, co zaliczamy do syntaktyki języka), jednocześnie przyjmując, że odkrycie wymaga generowania nowej wiedzy, przedmio-

tu badania oraz użycia pojęć, wtedy niemożliwość skonstruowania programu komputerowego generującego odkrycia staje się prawdą analityczną [prawdą na mocy znaczenia wyrażen – przyp. WW] bazującą na definicjach syntaktyki, semantyki, programu komputerowego oraz odkrycia naukowego.

Teoria odkryć maszynowych jest fałszywa ze względów logicznych. Systemy powstałe w tej tradycji są niesamodzielne, a oczekiwania dotyczące rozwoju tej dziedziny – płonne. Zmiana szybkości dokonywania operacji obliczeniowych nie wpływa bowiem na to, że odkrycie nie polega na ich przeprowadzaniu. Niemniej komputery są niezwykle użytecznym narzędziem badawczym, otwierającym przed badaczami możliwości, o których wcześniej im się śniło. Możliwości analizy ogromnego zbioru danych wymaga jednakże nie tylko odpowiednio potężnej maszyny, lecz również utalentowanego programisty. To on jest bowiem łącznikiem pomiędzy symbolami programu komputerowego a światem zewnętrznym.

Literatura

1. Ben-Ari M., *Understanding Programming Languages*, John Wiley & Sons, Chichester, 1996.
2. Cormen T., Leiserson C., Rivest R., Stein C., *Wprowadzenie do algorytmów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012.
3. Czarnocka M., *Podmiot poznania a nauka*, Wydawnictwo Uniwersytetu Wrocławskiego, Wrocław, 2003.
4. Czarnocka M., *Sztuczna inteligencja a odkrycie naukowe w: Odkrycie naukowe i inne zagadnienia współczesnej filozofii nauki* (red.) Krajewski W., Strawiński W., Wydawnictwo Naukowe Semper, Warszawa, 2003.
5. Giza P., *Filozoficzne i metodologiczne aspekty komputerowych systemów odkryć naukowych*, wyd. UMCS, Lublin 2007.
6. Langley P., Simon H., Bradshaw G., Zytkow J., *Scientific Discovery. Computational Explorations of the Creative Processes*, The MIT Press, Cambridge, 1987.
7. Pietruska-Madej E., *Odkrycie naukowe: kontrowersje filozoficzne*, PWN, Warszawa, 1990.
8. Popper K., *Logika odkrycia naukowego*, wyd. PWN, Warszawa, 1977.
9. Reichenbach H., *Experience and Prediction: an analysis of the foundations and the structure of knowledge*, The University of Chicago Press, Chicago, 1949, polski przekład: Reichenbach H., *Trzy zadania epistemologii*, Studia Filozoficzne 7-8 (1989).
10. Searle, J., *Umysł, mózg i nauka*, Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Warszawa 1995.

11. Simon H., Kaplan C., *Foundations of Cognitive Science* w: *Foundations of Cognitive Science* M.I. Posner (red.) MIT Press, Cambridge, 1989.
12. Żytkow J., *Automatyzacja odkrycia naukowego*, Filozofia Nauki 4 (1993).
13. *Mała encyklopedia logiki* (red.) Marciszewski W., wyd. Ossolineum, Warszawa, 1988.
14. <http://www.olcf.ornl.gov/titan/> [dostęp 22 kwietnia 2013 roku].

mgr Wojciech Wiśniewski – autor jest absolwentem studiów magisterskich w Instytucie Filozofii Uniwersytetu Warszawskiego, gdzie zajmował się głównie tematyką związaną z filozofią nauki oraz etyką. W swojej pracy dyplomowej pt. *Algorytmizacja odkrycia naukowego* podjął się analizy możliwości użycia komputerów w generowaniu odkryć naukowych oraz naszkicował warunki, które powinna spełniać normatywna teoria odkryć. W pracy zawodowej zajmuje się doradztwem komunikacyjnym oraz strategicznym w projektach społecznych i biznesowych.

канд. техн. наук **В.Г. АГЕЕВ/ V.G. AGEYEV¹**канд. техн. наук **И.Ф. МАРИЙЧУК /I. Ph. MARIYCHUK²****Принята/Accepted:** 19.07.2013; **Рецензирована/Reviewed:** 09.09.2013; **Опубликована/Published:** 30.09.2013

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ШАХТНОЙ ВЗРЫВОУСТОЙЧИВОЙ ПЕРЕМЫЧКИ³

The Mathematical Modelling of the Stress State of the Explosion-stable Mine Stopping

Содержание

Цель: Определение основной технической характеристики шахтной взрывоустойчивой перемычки с проемными трубами - толщины в зависимости от механических характеристик материала, площади сечения и глубины расположения выработки и внешних нагрузок.

Методы: Теоретический метод исследований напряженно-деформированного состояния шахтной взрывоустойчивой перемычки, возводимой горноспасателями из гипса, с использованием одного из основных численных методов решения краевых задач теории упругости – вариационного.

Результаты: Разработана математическая модель напряженно-деформированного состояния шахтной взрывоустойчивой перемычки с проемными трубами, представленной в виде толстой пластины с радиусом кривизны, меняющимся по параболической зависимости, под действием нормальной и сжимающей нагрузок, а три ее края жестко закреплены, четвертый – свободный; получены распределения напряжений в перемычке по относительным координатам в зависимости от ее толщины, механических характеристик гипса, действующих нагрузок, площади сечения и глубины расположения выработки; прочность перемычки с одной проемной трубой радиусом 0,8 м обеспечена в выработке с площадью сечения 4...30 м², а с двумя такими трубами – с площадью 8 м²; значения толщин перемычек, полученные при использовании разработанной математической модели, в среднем на 14% меньше, чем приведенные в нормативных документах.

Выводы: Разработанная математическая модель напряженно-деформированного состояния шахтной взрывоустойчивой перемычки позволила научно обосновать ее основную техническую характеристику – толщину в зависимости от механических характеристик материала, условий нагружения, площади сечения и глубины расположения выработки, что обеспечит безопасную работу горноспасателей и снижение затрат при возведении перемычек в результате ликвидации аварий при взрывах в угольных шахтах.

Summary

Objective: Determination of the principal technical characteristic of the explosion-stable mine stopping with embrasure pipes, i.e. thickness, depending on mechanical characteristics of the material, cross-sectional area and disposition depth of a mine working and external loads.

Methods: The theoretical method of investigation of the stress state of the explosion-stable mine stopping being erected by the mine rescuers from gypsum with the use of one of the basic numerical methods of the solution of the boundary problems of the elasticity theory, i.e. the variation method, is applied.

Results: The mathematical model of the deflected mode of the explosion-stable mine stopping with embrasure pipes represented in the form of a thick plate with a radius of curvature changing according to the parabolic dependence under

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

² Донецкий государственный технический университет; Адрес: Украина, 83001, Донецк, Артема, 58; электронная почта: info@donntu.edu.ua / Donetsk National Technical University; address: Ukraine, 83001, Donetsk, Artema, 58; e-mail address: info@donntu.edu.ua;

³ Авторы внесли одинаковый вклад в статью / The authors contributed equally to this work;

the influence of the normal and pressure load, and its three edges are fixed and the fourth one is free, is worked out; the distributions of the tensions in the stopping according to the relative coordinates depending on its thickness, mechanical characteristics of gypsum, acting loads, cross-section area and disposition depth of the mine working are received; the strength of the stopping with one embrasure pipe of 0.8 m radius is ensured in the mine working with the cross-section area from 4...30 m² and with such two tubes - in the mine working with the cross-section area of 8 m²; the values of the stopping thicknesses received by the use of the mathematical model worked out are by 14 per cent lower on average than the values adduced in normative documents.

Conclusions: The mathematical model of the deflected mode of the explosion-stable mine stopping worked out allowed the scientific substantiation of its principal technical characteristic, i.e. thickness, depending on mechanical characteristics of the material, loading conditions, cross-section area and disposition depth of the mine working, what will guarantee the safe operation of the mine rescuers and cost reduction by erection of the stoppings as a result of accident elimination by the explosions in the coal mines.

Ключевые слова: горная выработка, взрыв, перемычка, толщина, проемные трубы, гипс, механические характеристики, вариационный метод, напряжения, математическая модель;

Key words: mine working, explosion, stopping, thickness, embrasure pipes, gypsum, mechanical characteristics, variation method, tensions, mathematical model;

Вид статьи: оригинальная научная работа;

Type of article: original scientific article;

1. Введение

За последние 10 лет в Украине горноспасатели возвели в среднем в год 26 перемычек, наиболее сложными из которых являются взрывоустойчивые перемычки с проемными трубами, предназначенные для вентиляции пожарного участка горной выработки. В практике при сооружении или закрывания изоляционных перемычек были случаи разрушительных взрывов метана и других горных газов, в результате чего пострадали горноспасатели.

В нормативных документах [1, 2] приведены значения толщины взрывоустойчивой перемычки (далее – перемычки) в зависимости от толщины сечения горной выработки и предельных значений напряжений на сжатие строительного и высокопрочного гипса научно не обоснованы, так как получены на основании данных экспериментальных исследований для перемычки круглой формы и без проемных труб.

В работе [3] приведена математическая модель напряженно-деформированного состояния монолитной перемычки, которая не учитывает влияние проемных труб, а также не приведены результаты исследований.

2. Методы

Рассмотрим наиболее обобщенную расчетную схему перемычки с проемными трубами в виде толстой пластины (плиты) с радиусом кривизны, меняющимся по параболической зависимости, с защемленными краями по основному контуру и свободным краем в верхней части под действием нормальной нагрузки q_z от воздушной ударной волны и сжимающей – q_x от разрушенных горных пород, а также, в частности, с защемленными краями при $q_x = 0$. Начало ко-

ординат расположим в нижнем левом углу перемычки (рис. 1).

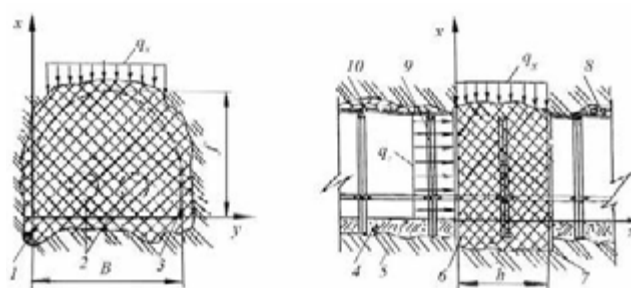


Рис. 1. Расчетная схема взрывоустойчивой перемычки: 1 – наливная гипсовая перемычка; 2 – проемная труба; 3 – контур крепи в свету; 4 – подсыпка почвы выработки; 5 – монолитная порода; 6 – опалубка; 7 – контур вруба в зоне перемычки; 8 – закладка породой; 9 – металлическая арочная крепь; 10 – затяжка

Fig. 1. Design model of the explosion-stable stopping: 1 – bulk gypsum stopping, 2 – embrasure pipe, 3 – clear contour of the stopping, 4 – addition of the soil of the mine working, 5 – monolithic rock, 6 – sheathing, 7 – cut contour in the zone of the stopping, 8 – filling by rock, 9 – metallic arched support, 10 – lacing

Представим полные компоненты напряжений σ и τ , МПа, в виде суммы напряжений (без указания нижних индексов)

$$\sigma = \sigma^c + \sigma^o ; \tau = \tau^c + \tau^o \quad (1)$$

где индекс «с» относится к монолитной перемычке, «о» – к перемычке с отверстиями.

Используя прием, состоящий в представлении полного прогиба пластины w в виде суммы двух составляющих – за счет изгиба w_0 и сдвига w_1 [4], а также основные соотношения для де-

формаций, параметров кривизны, поперечных сил, изгибающих и крутящего момента, вариация полной энергии деформированной пластины примет вид [3]

$$\delta \Pi = \delta \int \left[\frac{1}{2} L_1(w_0, w_1) + \frac{1}{2} h L_2(w) + \frac{1}{2} L_3(\Phi) + \frac{1}{2} L(w_0, \Phi) + \left(\frac{U^*}{h} - q_x \right) w_0 \right] dS \quad (2)$$

Здесь введены следующие обозначения

$$\left. \begin{aligned} L_1(w_0, w_1) &= D_{11}[(w_0)''_{xx} + (w_1)''_{xx}]^2 + 2D_{12}[(w_0)''_{xx} + (w_1)''_{xx}][(w_0)''_{yy} + (w_1)''_{yy}] + \\ &\quad + D_{22}[(w_0)''_{yy} + (w_1)''_{yy}]^2 + 4D_{66}[(w_0)''_{xy} + (w_1)''_{xy}]^2; \\ L_2(w) &= G_{12}[(w_1)'_{xx}]^2 + G_{22}[(w_1)'_{yy}]^2; \\ L_3(\Phi) &= A_{11}(\Phi'_{xx} + U^*)^2 + 2A_{12}\Phi'_{yy}(\Phi'_{xx} + U^*) + A_{22}(\Phi'_{yy})^2 + A_{12}(\Phi'_{xy})^2; \\ L(w_0, \Phi) &= -(w_0)'_{xx}\Phi'_{xx} \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

где $D_{11}, \dots, D_{66}$ – жесткости на изгиб и кручение пластины, МПа·м³; $A_{11}, \dots, A_{12}^*$ – упругие параметры пластины, МПа·м; Φ – функция усилий; U^* – потенциал нагрузки q_x .

Неизвестные функции $w_0(x, y)$, $w_1(x, y)$, $\Phi(x, y)$ представим в виде

$$w_0 = \sum_{j=1}^n a_j f_j(x) g_j(y) \quad (5)$$

$$w_1 = \sum_{j=1}^n c_j u_j(x) v_j(y) \quad (6)$$

$$\Phi = \sum_{i=1}^m b_i p_i(x) q_i(y) \quad (7)$$

где a_j, b_j, c_j – неопределенные параметры; $f_j, \dots, g_j$ – известные координатные функции.

Вводя безразмерные величины и константы по формулам

$$\left. \begin{aligned} x &= f\bar{x}; y = B\bar{y}; z = h\bar{z}; t = \frac{f}{B}; s = \frac{h}{B}; w_0 = f\bar{w}_0; w_1 = f\bar{w}_1; U^* = U_0\bar{U}^*; \\ q_x &= q_0\bar{q}_x; q_y = q_0\bar{q}_y; \Phi = Ehf^2\bar{\Phi}; d_1 = \frac{\partial^2 \bar{\Phi}}{\partial \bar{x}^2}; h_1 = \frac{hf^2\bar{c}}{\partial \bar{x}^2}; h_2 = E\bar{h}; \\ r_0 &= \frac{q_0\bar{q}_x - \frac{U_0\bar{U}^*}{B}}{D_{11}}f^3; r_1 = \frac{h_1t^2f^3}{hD_{11}}; r_2 = \frac{f}{h}; R = \frac{f}{B} [1 + 16t^2(1 - \bar{x})]^{\frac{5}{2}} \end{aligned} \right\} \quad (8)$$

получим следующую систему линейных алгебраических уравнений:

$$\left\{ \begin{aligned} \sum_{j=1}^n a_j \int \sum_{r=1}^{10} F_r G_r ds &= \int r_0 f_1 g_1 ds + \sum_{i=1}^m b_i \int r_1 f'_i g'_i p'_i q'_i ds; \\ \sum_{j=1}^n (c_j \int \sum_{r=1}^7 U_r V_r ds + a_j \int \sum_{r=1}^5 Y_r Z_r ds) &= 0; \\ \sum_{i=1}^m b_i \int \sum_{r=1}^7 P_r Q_r ds &= \sum_{j=1}^n a_j \int r_2 p'_k q'_k f'_j g'_j ds, \end{aligned} \right. \quad (9)$$

где

$$\begin{aligned} F_1 &= f''_1 f''_1; F_2 = f''_1 u''_1; F_3 = f''_1 f'_1; F_4 = f''_1 u'_1; F_5 = f'_1 f''_1; F_6 = f'_1 u''_1; \\ F_7 &= f'_1 f'_1; F_8 = f'_1 u'_1; F_9 = f'_1 f'_1; F_{10} = f'_1 u'_1; \\ G_1 &= g_1 g_1; G_2 = g_1 u_1; G_3 = t^2 g_1 g'_1; G_4 = t^2 v g_1 v'_1; G_5 = t^2 v g'_1 g_1; G_6 = t^2 v g'_1 v'_1; \\ G_7 &= t^4 g'_1 g'_1; G_8 = t^4 g'_1 v'_1; G_9 = 4t^2 d_1 g'_1 g'_1; G_{10} = 4t^2 d_1 g'_1 v'_1; \\ U_1 &= u''_1 u''_1; U_2 = u''_1 u'_1; U_3 = u'_1 u''_1; U_4 = u'_1 u'_1; U_5 = u'_1 u'_1; U_6 = u'_1 u'_1; U_7 = u'_1 u'_1; \\ Y_1 &= u'_1 f'_1; Y_2 = u'_1 f'_1; Y_3 = u'_1 f'_1; Y_4 = u'_1 f'_1; Y_5 = u'_1 f'_1; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_1 &= v_1 v_1; V_2 = t^2 v v_1 v'_1; V_3 = t^2 v v'_1 v'_1; V_4 = t^4 v'_1 v'_1; V_5 = 4t^2 d_1 v'_1 v'_1; \\ V_6 &= h_1 v_1 v'_1; V_7 = h_1 v'_1 v'_1; \\ Z_1 &= v_1 g_1; Z_2 = t^2 v v_1 g'_1; Z_3 = t^2 v v'_1 g'_1; Z_4 = t^4 v'_1 g'_1; Z_5 = 4t^2 d_1 v'_1 g'_1; \\ P_1 &= p''_1 p''_1; P_2 = p''_1 p'_1; P_3 = p''_1 p_1; P_4 = p''_1 p_1; P_5 = p'_1 p'_1; P_6 = p'_1 U^*; P_7 = p'_1 U^*; \\ Q_1 &= q_x q_1; Q_2 = -t^2 v q'_1 q_1; Q_3 = -t^2 v q_x q'_1; Q_4 = t^4 q'_1 q'_1; \\ Q_5 &= \frac{1}{2(1+v)} t^2 q'_1 q'_1; Q_6 = -t^2 v \frac{U_0}{h_2} q'_1; Q_7 = \frac{U_0}{h_2} q_x. \end{aligned}$$

(10)

Интегралы в уравнениях (10) вычисляются в пределах $0 \leq \bar{x} \leq 4\bar{t} \sqrt{1 - \bar{y}}$; $0 \leq \bar{y} \leq 1$, а штрихами обозначены краткие производные.

Выражения для напряжений имеют следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= E \sum_{j=1}^n b_j p'_j q'_j + \frac{1}{h} U_0 \bar{U}^* - \frac{E}{12} \sum_{j=1}^n [a_j f''_j g_j + c_j u'_j v_j + t^2 v (a_j f'_j g'_j + c_j u_j v'_j)]; \\ \sigma_y &= \frac{E}{4} \sum_{j=1}^n b_j p_1 q'_j - \frac{E}{12} \sum_{j=1}^n [v (a_j f''_j g_j + c_j u'_j v_j) + t^2 (a_j f'_j g'_j + c_j u_j v'_j)]; \\ \tau_{xy} &= -tE \sum_{j=1}^n b_j p'_j q'_j - 2\bar{t} \sum_{j=1}^n G \sum_{j=1}^n (a_j f'_j g'_j + c_j u'_j v'_j), \quad \left(-\frac{1}{2} \leq \bar{x} \leq \frac{1}{2} \right); \\ \tau_{xz} &= G \sum_{j=1}^n c_j u'_j v_j; \\ \tau_{yz} &= tG \sum_{j=1}^n c_j u_j v'_j, \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

где E, v – модуль упругости, МПа и коэффициент Пуассона материала переемычки.

Напряжениями σ_z пренебрегаем в виду их малости при $\varepsilon_z = 0$.

Нагрузку на переемычку от разрушенных горных пород представим в виде:

$$q_{0x} = \frac{2}{3} \gamma \left[1 - \frac{\pi}{4} + 5,7 \left(\frac{\gamma H}{\sigma_{сж}} - 0,21 \right) \right]; \quad \bar{q}_x = R, \quad (12)$$

где γ – удельный вес пород ($\gamma = 0,025 \frac{\text{МН}}{\text{м}^3}$); $\sigma_{сж}$ – напряжение на сжатие пород ($\sigma_{сж} = 30$ МПа); H – глубина расположения выработки, м.

Выражение для потенциала внешней нагрузки имеет вид

$$\begin{aligned} U^* &= \frac{q_{0x} b}{320 t^2} (1 + 16 t^2 (1 - \bar{x}))^{\frac{5}{2}}; \\ U_0 &= \frac{q_{0x} b}{320 t^2}; \quad \bar{U}^* = (1 + 16 t^2 (1 - \bar{x}))^{\frac{5}{2}}. \end{aligned} \quad (13)$$

В качестве координатной системы можно выбрать функции, удовлетворяющие геометрическим граничным условиям (относительно функции и ее производной) по методу Ритца или всем условиям – Бубнову-Галеркину [5]. В данном случае примем координатные функции в виде степенных рядов, точно удовлетворяющие условиям на контуре, где в зависимостях (5)-(7) $j = 1$.

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= (x^4 - 4x^3 + 6x^2)/24; g_1 = (x^4 - 4x^3 + 6x^2)/24; u_1 = (x^2 - 2x)/2; \\ v_1 &= (y^2 - y)/2; p_1 = (x^4 - 4x + 3)/24; q_1 = (y^2 - y + 1)/2. \end{aligned} \right\} \quad (14)$$

Для определения компонент напряжений с учетом проемных труб используем зависимости [6]

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x^0 + \sigma_y^0 &= 4\operatorname{Re}\varphi'(z); \\ \sigma_y^0 - \sigma_x^0 + 2i\tau_{xy}^0 &= 2[(\bar{z}_1 - z_1)\varphi''(z_1) - \varphi'(z_1) + \chi'(z_1)], \end{aligned} \right\} \quad (15)$$

где $z_1 = x_1 + iy_1$ – комплексная переменная, а x_1 и y_1 – координаты срединной поверхности перемычки.

Искомые комплексные потенциалы $\varphi(z)$ и $\chi(z)$ представим в виде

$$\begin{aligned} \varphi(z) &= \sum_{k=1}^m A_k R_k(z); \quad \chi(z) = \sum_{k=1}^{m+2} B_k R_k(z); \\ R_k(z) &= \frac{1}{(z-l)^k} + \frac{(-1)^{(k+1)}}{(z+l)^k} \end{aligned} \quad (16)$$

Коэффициенты A_k , B_k зависят от граничных условий на контуре правого отверстия:

$$\varphi(t) - (t - \bar{t})\overline{\varphi^1(t)} - \overline{\chi(t)} = f(t, \bar{t}) \quad (17)$$

где $\bar{t} = \frac{3-v}{1+v}$; t – аффикс точки на контуре;

$f(t, \bar{t})$ – известная функция, моделирующая загрузку на контуре, которую представим в виде

$$f(t, \bar{t}) = \frac{p-q}{2}\bar{t} - \frac{p+q}{2}t \quad (18)$$

Здесь величины p и q представляют собой осредненные значения напряжений на контуре X_n^c и Y_n^c , т.е.

$$p = -\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} X_n^c ds; \quad q = -\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} Y_n^c ds \quad (19)$$

где

$$\left. \begin{aligned} X_n^c &= \sigma_x^c \cos(nx) + \tau_{xy}^c \cos(ny); \\ Y_n^c &= \tau_{xy}^c \cos(nx) + \sigma_y^c \cos(ny); \\ \cos(nx) &= \frac{dy}{ds}; \quad \cos(ny) = \frac{dx}{ds}. \end{aligned} \right\} \quad (20)$$

Представление комплексных потенциалов в виде (16) позволяет удовлетворить граничному условию на контуре левого отверстия автоматически.

Поставленная задача будет решена, если определены коэффициенты A_k и B_k , для чего воспользуемся методом малого параметра [7].

Тогда в первом приближении ($m = 1$) эти коэффициенты определяем из системы алгебраических уравнений

$$\left. \begin{aligned} A_1(1+2\varepsilon^2-8\varepsilon^4-3\varepsilon^8) &= \frac{p-q}{2} - \varepsilon^2 \frac{p+q}{2}; \\ B_1 &= -\frac{p+q}{2} - a_1(1-2\varepsilon^2); \quad B_2 = -a_1\varepsilon^2; \quad B_3 = a_1(1+\varepsilon^4). \end{aligned} \right\} \quad (21)$$

При $m = 2$

$$\left. \begin{aligned} A_1(1+2\varepsilon^2-8\varepsilon^4-2\varepsilon^6-3\varepsilon^8-4\varepsilon^{10}) + A_2(-6\varepsilon^2+24\varepsilon^4+6\varepsilon^6+12\varepsilon^8+20\varepsilon^{10}) &= \frac{p-q}{2} - \varepsilon^2 \frac{p+q}{2}; \\ A_1(-3\varepsilon^2+12\varepsilon^4+3\varepsilon^6+6\varepsilon^8+10\varepsilon^{10}) + A_2(1+12\varepsilon^2-44\varepsilon^4-9\varepsilon^6-24\varepsilon^{10}-50\varepsilon^{12}) &= \varepsilon^2 \frac{p+q}{2}; \\ B_1 &= a_1(1-2\varepsilon^2) - 4a_2\varepsilon^2 - \frac{p+q}{2}; \quad B_2 = -a_1\varepsilon^2 - a_2(2-3\varepsilon^4); \\ B_3 &= a_1(1+\varepsilon^4) - 4a_2\varepsilon^2; \quad B_4 = -a_1\varepsilon^2 - a_2(2+5\varepsilon^6). \end{aligned} \right\} \quad (22)$$

После определения постоянных коэффициентов A_k , B_k на основании формул (20), (21) известными являются комплексные потенциалы $\varphi(z)$, $\chi(z)$ (16). Компоненты напряжений, учитывающие влияние проемных труб, определяют из соотношений (15), а полные – из (1).

В качестве максимальной нагрузки q_z принимаем ее значение, равное 2,8 МПа [8].

Программа позволяет выносить на печать распределение напряжений в относительных координатах (0, 1) в плоском и двухмерном изображениях.

В качестве условия прочности используем первую и вторую теории [9], согласно которым максимальные нормальные и касательные напряжения не должны превышать соответствующие предельные их значения для материала перемычки, выполненной из различных марок гипсов.

В конечном счете, определим основную техническую характеристику перемычки – толщину в зависимости от диапазона изменения механических характеристик гипса, сечения выработки с учетом ее максимальной глубины расположения в виде аналогичной таблицы, которая приведена в нормативных документах.

3. Результаты

На основании разработанных алгоритма и составленной программы сначала провели исследования напряженного состояния перемычки, которая прошла испытания в штольне Карагайлы (Казахстан) со следующими данными: $S = 4 \text{ м}^2$; $q_z = 1,36 \text{ МПа}$; $h = 0,55 \text{ м}$; $R_0 = 0,6 \text{ м}$; $E = 2,77 \cdot 10^3 \text{ МПа}$; $\nu = 0,22$; $\sigma_{\text{ПСК}} = 3,0 \text{ МПа}$; $\sigma_{\text{ПР}} = 1,5 \text{ МПа}$; $\tau_{\text{П}} = 0,72 \text{ МПа}$, т.е. для наихудших условий испытаний по нагрузке и толщине перемычки, а также

механическим характеристикам (минимальным) для строительного гипса.

Распределения максимальных нормальных напряжений σ_x в этой перемычке в относительных координатах при вышеуказанных исходных данных, а также радиусе проемных труб 0,8 м и нагрузке 2,8 МПа приведены на рис. 2 и 3, откуда следует, что максимальными являются напряжения на растяжение и на сжатие, возникающие на наружной и внутренней поверхностях, которые равны и отличаются знаками, не достигая своих предельных значений, так как в данном случае $\sigma_{\max} = 0,20 \text{ МПа} < \sigma_{\text{пр}} = 1,5 \text{ МПа}$. Прочность перемычки не будет обеспечена при ее толщине 0,35 м. При этом результаты исследований показали, что, несмотря на относительно малые значения касательных напряжений, учет поперечного сдвига (перемещения w_1) увеличивает нормальные напряжения примерно на 30%.

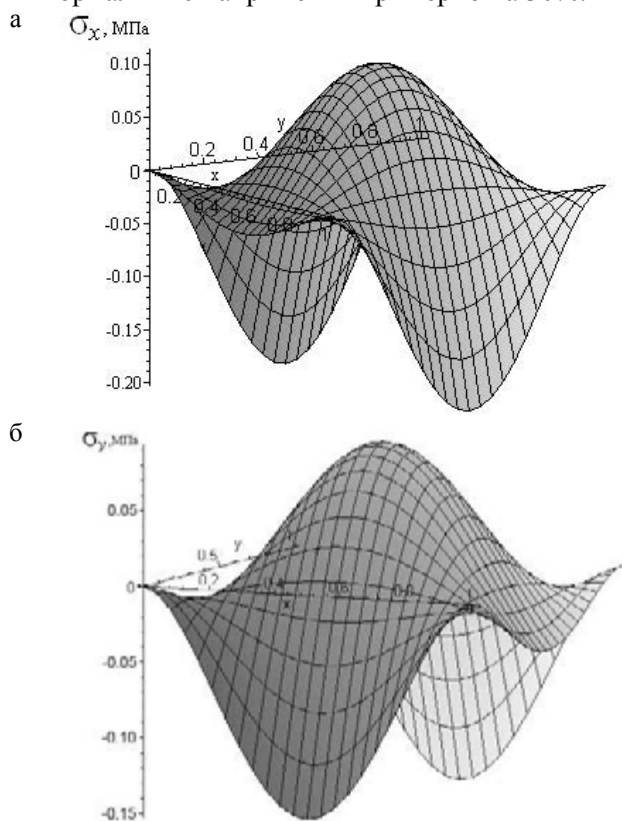


Рис. 2. Распределение нормальных напряжений в перемычке с защемленными краями (штольня Карагайлы, Казахстан) по безразмерным

координатам: а – σ_x ; б – σ_y ; $S = 4 \text{ м}^2$; $q_z = 1,36 \text{ МПа}$; $h = 0,55 \text{ м}$; $R_0 = 0,6 \text{ м}$; $E = 2,77 \cdot 10^3 \text{ МПа}$; $\nu = 0,22$; $\sigma_{\text{ПСЖ}} = 3,0 \text{ МПа}$; $\sigma_{\text{пр}} = 1,5 \text{ МПа}$; $\tau_{\text{п}} = 0,72$

Fig. 2. Distribution of the normal tensions in the stopping with the fixed edges (Karagayly gallery, Kazakhstan) according to non-dimensional coordinates:

а – σ_x ; б – σ_y ; $S = 4 \text{ м}^2$; $q_z = 1,36 \text{ МПа}$; $h = 0,55 \text{ м}$; $R_0 = 0,6 \text{ м}$; $E = 2,77 \cdot 10^3 \text{ МПа}$; $\nu = 0,22$; $\sigma_{\text{ПСЖ}} = 3,0 \text{ МПа}$; $\sigma_{\text{пр}} = 1,5 \text{ МПа}$; $\tau_{\text{п}} = 0,72$

В дальнейшем толщину перемычки и площадь сечения выработки, как и на рис.3, использовали согласно нормативным документам.

Результаты исследований максимальных напряжений σ_x и σ_y в перемычке с вышеприведенными параметрами, но с защемленными краями по основному контуру и свободному в верхней части приведены на рис. 4.

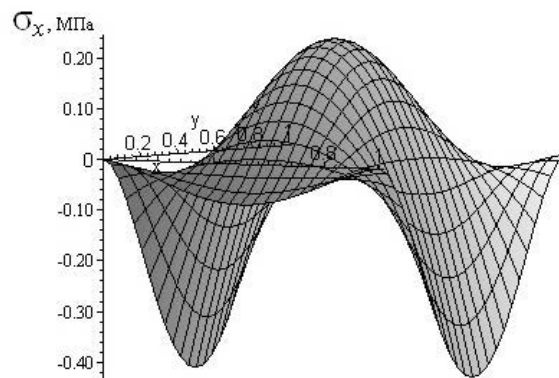


Рис. 3. Распределение максимальных напряжений σ_x в перемычке с защемленными краями: $S = 4 \text{ м}^2$; $q_z = 2,8 \text{ МПа}$; $h = 1,6 \text{ м}$; $R_0 = 0,8 \text{ м}$; механические характеристики для строительного гипса

Fig. 3. Distribution of the maximum tensions σ_x in the stopping with the fixed edges: $S = 4 \text{ м}^2$; $q_z = 2,8 \text{ МПа}$; $h = 1,6 \text{ м}$; $R_0 = 0,8 \text{ м}$; with the mechanical characteristics for hemihydrate plaster

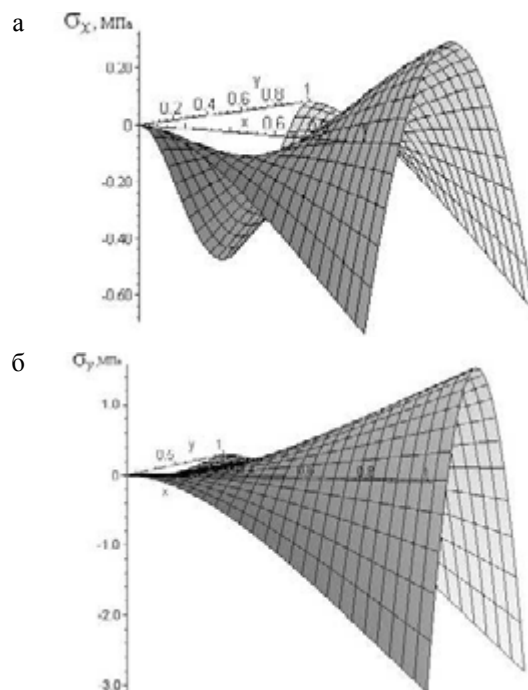


Рис. 4. Распределение нормальных напряжений в перемычке с защемленными краями по основному контуру, свободному краю в верхней ее части с нагрузкой q_z и механическими характеристиками для строительного гипса: а – σ_x ; б – σ_y ; $S = 4 \text{ м}^2$; $q_z = 2,8 \text{ МПа}$; $h = 1,6 \text{ м}$; две проемные трубы с $R_0 = 0,8 \text{ м}$; $H = 1500 \text{ м}$

Fig. 4. Distribution of the normal tensions in the stopping with the fixed edges along the main contour and the free edge in its upper part with the load q_z and mechanical characteristics for hemihydrate plaster: $\alpha - \sigma_x$; $\beta - \sigma_y$; $S = 4 \text{ m}^2$; $q_z = 2,8 \text{ МПа}$; $h = 1,6 \text{ м}$; two embrasure pipes with $R_0 = 0,8 \text{ м}$; $H = 1500 \text{ м}$

В данном случае максимальными напряжениями являются сжимающие σ_y , возникающие в защемленных угловых точках верхней части перемычки, причем условие ее прочности не выполняется, так как $\sigma_{\text{ПСЖ}} = 3,0 \text{ МПа}$. Выполняется это условие для перемычки при сечении выработки 8 м^2 и больше, расположенной на максимальной глубине 1500 м (рис. 5), на которой нагрузка q_z принимает значение $1,12 \text{ МПа}$.

Для перемычки с предельными значениями на сжатие гипса свыше $3,0 \text{ МПа}$ и $9,0 \text{ МПа}$ [1], его значений для модулей упругости и коэффициентов Пуассона [2] максимальные напряжения также не превышают своих значений. В частности, для перемычки, выполненной из высокопрочного пластифицированного гипса со следующими механическими характеристиками: модуль упругости $E = 6,77 \cdot 10^3 \text{ МПа}$, коэффициент Пуассона $\nu = 0,28$, предельное напряжение на сжатие $\sigma_{\text{ПСЖ}} = 12,2 \text{ МПа}$, – расположенной на глубине выработки 1500 м , результаты приведены на рис. 6.

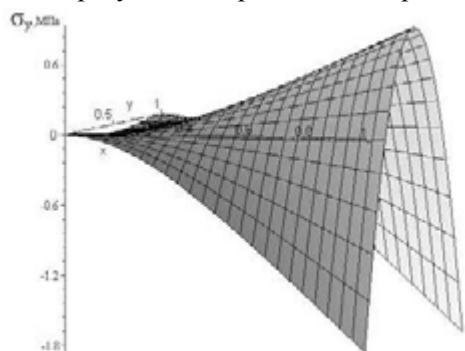


Рис. 5. Распределение максимальных напряжений σ_y в перемычке с защемленными краями по основному контуру, свободному краю в верхней ее части с нагрузкой q_z : $S = 8 \text{ м}^2$; $q_z = 2,8 \text{ МПа}$; $h = 2,2 \text{ м}$; две проемные трубы с $R_0 = 0,8 \text{ м}$; $H = 1500 \text{ м}$; механическими характеристиками для строительного гипса

Fig. 5. Distribution of the maximum tensions σ_y in the stopping with the fixed edges along the main contour and the free edge in its upper part with the load q_z : $S = 8 \text{ м}^2$; $q_z = 2,8 \text{ МПа}$; $h = 2,2 \text{ м}$; two embrasure pipes with $R_0 = 0,8 \text{ м}$; $H = 1500 \text{ м}$; and mechanical characteristics for hemihydrate plaster

Вышеприведенные результаты исследований показывают, что при возведении перемычек в выработках с площадью сечением от $4...7 \text{ м}^2$ можно использовать одну проемную трубу

диаметром $0,8 \text{ м}$, а с большим ее сечением – две, причем запас прочности составляет от $1,7$ до $2,0$.

На основании полученных результатов расчета на прочность перемычки определена ее толщина, значения которой сравнивали с аналогичными значениями, приведенными в таблице нормативных документах, откуда следует, что они уменьшены от 7 до 21% , т.е. в среднем на 14% , что позволит снизить затраты на возведение перемычек.

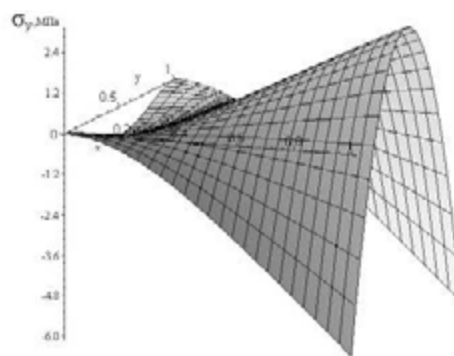


Рис. 6. Распределение максимальных напряжений σ_y в перемычке с защемленными краями по основному контуру, свободному краю в верхней ее части с нагрузкой q_z : $S = 30 \text{ м}^2$; $q_z = 2,8 \text{ МПа}$; $h = 4,5 \text{ м}$; две проемные трубы с $R_0 = 0,8 \text{ м}$; $H = 1500 \text{ м}$; механические характеристики для высокопрочного пластифицированного гипса

Fig. 6. Distribution of the maximum tensions σ_y in the stopping with the fixed edges along the main contour and the free edge in its upper part with the load q_z : $S = 30 \text{ м}^2$; $q_z = 2,8 \text{ МПа}$; $h = 4,5 \text{ м}$; two embrasure pipes with $R_0 = 0,8 \text{ м}$; $H = 1500 \text{ м}$; with the mechanical characteristics for the high-strength plasticized gypsum

4. Дискуссия по поводу методов и результатов

Результаты разработанного метода исследований напряженного состояния перемычки с проемной трубой подтверждены данными экспериментов, полученными в штольне Карагайлы (Казахстан), что говорит о его достоверности. Полученные ранее значения толщины гипсовой перемычки являются завышенными в связи с тем, что они получены для ее круглой формы и без учета проемных труб. Данный метод позволяет определять перемещения, деформации, внутренние силы и моменты, все компоненты напряжений, возникающие в перемычке с различными механическими характеристиками ее материала и формы, условиями нагружения и граничными условиями.

5. Подведение итогов. Выводы

Разработанная математическая модель напряженно-деформированного состояния взрывоустойчивой перемычки позволила научно

обосновано определить основную ее техническую характеристику – толщину в зависимости от механических характеристик, условий нагружения, сечения и глубины расположения выработки, которая позволяет обеспечить безопасную работу горноспасателей и снизить затраты при возведении перемычек в результате ликвидации аварий при взрывах в угольных шахтах.

Список литературы

1. Статут ДВГРС по організації і веденню гірничорятувальних робіт: НПАОП 1.1.30-4.01-97: Затв. Мінвуглепромом України 06.06.97 № 232, Київ, 1997, 454 с.
2. СОУ 10.1-00174102-016:2011. *Вентиляційні, ізолюючі та вибухостійкі перемички при ліквідації аварій у вугільних шахтах. Конструкція, матеріали та технологія зведення*, Київ, 2012, 55 с.
3. Ageev V.G. *Математическая модель напряженно-деформированного состояния шахтной взрывоустойчивой монолитной перемычки*, Науковий вісник УкрНДШПБ, 2012, № 2, С. 165-172.
4. Timoshenko S.P., *Сопротивление материалов*. Т. 1, М.: Физматгиз, 1965, 343 с.
5. Mikhlin S.G. *Вариационные методы в математической физике*, М.: Гостехиздат, 1957, 422 с.
6. Sherman D.I. *О напряжениях в плоской весо-мой среде с двумя одинаковыми симметрично расположенными круговыми отверстиями*, Прикладная математика и механика, 1951, Т. 1, вып. 3., С. 94–99.
7. Kosmodamianskii A.S., *Распределение напряжений в изотропных многосвязных средах*, Сб. науч. тр. ДонГУ.– Донецк, 1972, № 2, С. 103–110.
8. Sobolev G.G., *Горноспасательное дело* / G.G. Sobolev., М.: Недра, 1979, 432 с.
9. Beliaev N.M., *Сопротивление материалов* / N.M. Beliaev, М.: Наука, 1976, 608 с.

mgr inż. **Mariusz K. KOPAŃSKI¹****Przyjęty/Accepted:** 25.06.2013; **Zrecenzowany/Reviewed:** 28.08.2013; **Opublikowany/Published:** 30.09.2013

WPLYW BARWNIKÓW NA WŁAŚCIWOŚCI POŻAROWE POLIAMIDU 6

Dyes Influence on Fire Properties of Polyamide 6

Streszczenie

W poniższej pracy przedstawiono wyniki badań reakcji barwionych poliamidów PA 6 na ogień. Badania przeprowadzono w oparciu o normy zapalności materiałów poddawanych bezpośredniemu działaniu płomienia (PN-EN 11925-2) i intensywności wydzielania ciepła (ISO 5660-1/2). Uzyskane wyniki badań (intensywności wydzielania ciepła, emisji masowej tlenku i dwutlenku węgla, długość zniszczenia próbki) wskazują na znaczący wpływ substancji barwiącej na właściwości pożarowe poliamidu 6.

Summary

The following paper presents reaction results of colored/stained polyamides PA 6 to fire. Materials testing was conducted according to the standards ISO 5660-1/2 and PN-EN 11925-2. The results (heat release rate, emission monoxide carbon and dioxide carbon, length of burning) show the significant influence of the dye on the properties of fire-colored polyamide.

Słowa kluczowe: poliamid, barwnik, pożar, ciepło spalania, produkty spalania;

Keywords: polyamide, dye-stuff, fire, heat of combustion, combustion products;

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy;

Type of article: original scientific article;

1. Wprowadzenie

Światowa produkcja poliamidu osiągnęła poziom 4,6 mln ton rocznie. Poliamidy to polimery, które mają szeroki wachlarz zastosowań. Nagromadzenie produktów z poliamidów w otoczeniu życia codziennego sprzyja powstawaniu zagrożenia pożarowego.

Ilość wydzielonego ciepła i intensywność jego wyzwalania, skład fizykochemiczny produktów rozkładu termicznego oraz spalania materiałów z tworzyw sztucznych zależy od szeregu czynników określających prawdopodobieństwo rozkładu termicznego, a także od zapalenia się materiałów i ich podstawowego składu chemicznego, natury chemicznej różnego rodzaju dodatków, barwników, plastyfikatorów oraz wypełniaczy użytych w celu osiągnięcia pożądanych właściwości użytkowych [1, 2, 3].

O stabilności termicznej polimeru decyduje [2], zależna od ich budowy chemicznej, energia wiązań pomiędzy atomami tworzącymi makrocząsteczkę. Jej miarą pośrednio jest energia dysocjacji wiązania na rodniki. Energia wiązań z udziałem heteroatomów często przewyższa energię dysocjacji wiązań alifatycznych C-C, występujących w łańcuchach głównych wielu polimerów. Termostabilność polimerów zawierających wiązania, np. C-F, B-O, B-N czy Si-O, jest większa. Na podkreślenie zasługuje również duża wartość energii dysocjacji wiązań wielokrotnych (np. C≡N, C≡C, C=N, C=C).

Moc wiązania pomiędzy dwoma atomami w makrocząsteczkach polimeru zależy również od rodzaju otoczenia (charakteru podstawników, rodzaju atomów sąsiadujących, itp.):

- zastąpienie atomów wodoru przez atomy fluoru znacznie polepsza termostabilność (np. wartość temperatury czasu półtrwania polimeru dla PTFE jest o 103°C wyższa od wartości dla polietyleny); wiąże się to nie tylko z większą energią dysocjacji wiązania C-F w porównaniu z wiązaniem C-H, ale również z tym, że promień atomowy fluoru jest znacznie większy niż atomu wodoru, co dodatkowo ekranuje wiązanie C-C w makroczą-

¹ Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Techniki Morskiej i Transportu Katedra Inżynierii Bezpieczeństwa i Energetyki Laboratorium Badań Cech Pożarowych Materiałów, 71-065 Szczecin, al. Piastów 41, Polska; mkopanski@zut.edu.pl / West Pomeranian University of Technology in Szczecin, Faculty of Maritime Technology and Transport; Poland;

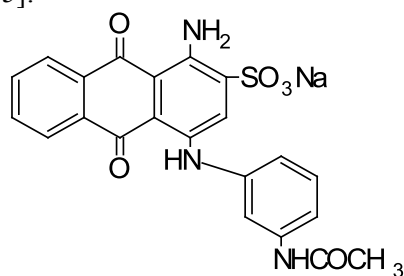
steczkach PTFE; wynikiem tego jest także bardzo dobra odporność chemiczna, odporność na działanie światła i zewnętrznych źródeł podpalania,

- obecność w polimerach niektórych grup atomów (np. OH, Cl, RCO, NH₂), które stosunkowo łatwo odszczepiają się w postaci wody, chlorowodoru, alkoholu i amoniaku, znacznie zmniejsza ich termostabilność; stąd wynika np. mała stabilność termiczna polialkoholu winylowego, polioctanu winylu czy polichloroku winylu,
- wprowadzenie do łańcucha głównego polimeru pierścieni aromatycznych i heterocyklicznych zwiększa jego termostabilność (np. wartość temperatury czasu półtrwania dla polietylenu wynosi 406°C, a poli-p-ksylilenu 432°C); duża stabilność termiczna polimerów z cyklicznymi ugrupowaniami jest związana z dużą energią wiązań atomów w strukturach cyklicznych, małą wrażliwością tych struktur na wysoką temperaturę, dużą odpornością chemiczną na działanie tlenu oraz równomiernym rozmieszczeniem energii wiązań w całym układzie, na skutek dużej ruchliwości elektronów,
- na poprawę termostabilności polimeru wpływa zwiększenie stopnia stereoregularności przez wbudowanie do głównego łańcucha polimeru grup, które przeszkadzają w jego swobodnej rotacji; zahamowanie rotacji w łańcuchu polimeru można uzyskać, np. w wyniku wprowadzenia do łańcucha grup polarnych, grup dużych objętościowo, wiązań podwójnych lub struktur cyklicznych (następuje zwiększenie bariery energetycznej dla rotacji swobodnej),
- następuje zahamowanie rotacji w wyniku usieciowienia polimeru.

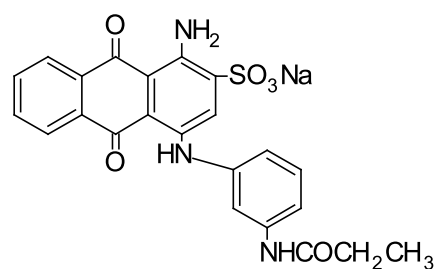
Do barwienia włókien poliamidowych stosuje się następujące grupy barwników [4]:

- zawieszinowe (dyspersyjne),
- metalokompleksowe typu 1:2 – których cząstki zawierają atomy metali ciężkich chromu lub kobaltu związanych w postaci kompleksów,
- kwasowe.

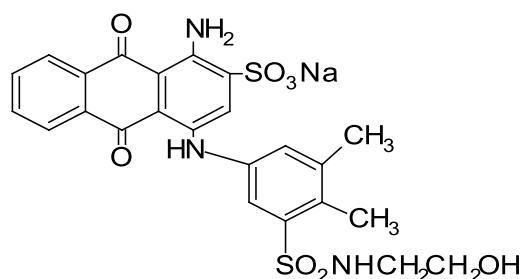
Współcześnie dominującą grupą barwników do barwienia tworzyw termoplastycznych są monosulfonowe barwniki kwasowe. Poniżej przedstawiono wzory strukturalne wybranych barwników od (I) do (VII) [4, 5]:



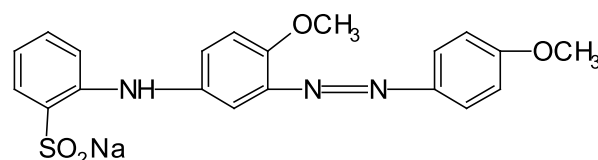
C.I. Acid Blue 324 (I)



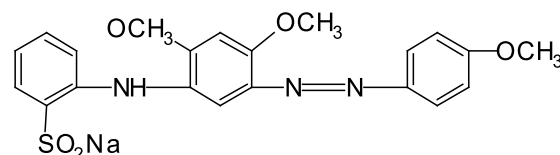
C.I. Acid Blue 41 (II)



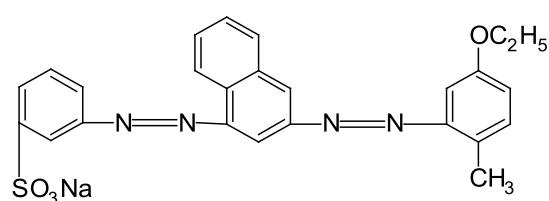
C.I. Acid Blue 277 (III)



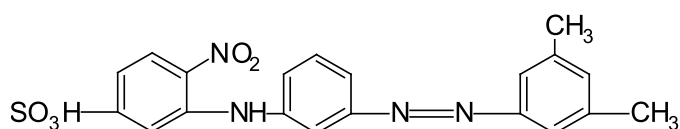
C.I. Acid Yellow 241 (IV)



C.I. Acid Orange 12 (V)



C.I. Acid Orange 116 (VI)



C.I. Acid Yellow 199 (VII)

Barwienie tworzyw poliamidowych zmienia strukturę polimeru. Zmiany te zależą od struktury barwników. W związku z tym należy spodziewać się wpływu barwnika na stopień palności, dymotwórczość oraz emisję właściwą tlenków węgla barwionych wyrobów poliamidowych.

2. Opis materiału

Badaniu cech pożarowych poddano jeden typ tworzywa sztucznego – niewzmocniony, różnokolorowy poliamid 6 – stabilizowany na UV i podwyższoną temperaturę. Poliamid 6 jest wysokiej jakości termoplastycznym tworzywem konstrukcyjnym otrzymywanym poprzez polikondensację ϵ -aminokaprolaktamu. Charakteryzuje się między innymi: dobrą wytrzymałością mechaniczną, zdolnością tłumienia drgań mechanicznych, odpornością chemiczną oraz dobrymi własnościami elektroizolacyjnymi i optycznymi. Podstawowe fizyczne właściwości badanego poliamidu 6-MHLS przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1.

Parametry fizyczne poliamidu 6- MHLS [6]

Table 1.

Physical parameters of polyamide 6- MHLS [6]

Właściwości / Trait	Jednostka/ Unit	Poliamid 6 T-27 MHLS / Polyamide 6 T-27 MHLS
Temperatura topnienia / Melting temperature	°C	220
Gęstość / Density	g/cm ³	1,14
Temperatura mięknięcia / Vicat softening temperature	°C	180
Temp. ugięcia pod obciążeniem (HDT), nie mniej niż / Temp. of deflection under load	°C	55
Napężenie zginające, nie mniej niż / Flexural modulus	MPa	80
Udarność z karbem wg Charpy, 23°C / Charpy notched impact strength	kJ/m ²	< 4

Firma produkująca badane tworzywa sztuczne ma opracowaną własną podstawową bazę barwników. Skład chemiczny barwników jest chroniony tajemnicą handlową.

3. Metoda badawcza

Poliamid 6 naturalny i jego odmiany barwione poddano badaniom reakcji na ogień metodami:

- PN-EN 11925-2: Badanie reakcji na ogień. Zapalność materiałów poddawanych bezpośredniemu działaniu płomienia – część 2: Badanie przy działaniu małego płomienia [7],
- ISO 5660-1:2002: Badanie reakcji na ogień – część 1. Intensywność wydzielania ciepła (kalorimetr stożkowy) [8],
- ISO 5660-2:2002: Badanie reakcji na ogień – część 2. Badanie intensywności wydzielania dymu metodą dynamiczną [9].

Badanie reakcji na ogień materiałów metodą wg PN-EN ISO 11925-2 przeprowadza się w komorze zbudowanej z płyty ze stali nierdzewnej z żaroodpornymi przeszklonymi drzwiami. Umożliwiają one dostęp do komory oraz obserwację próbki od frontu i na jednej z bocznych ścian. Stosuje się wymuszoną wentylację komory. Próbkę w pozycji pionowej poddaje się działaniu płomienia znormalizowanego źródła podpalania o wysokości 20 mm. Czas oddziaływania płomienia 15 s, 30 s, 60 s lub według wymagań zlecniodawcy. Po upływie czasu oddziaływania odsuwa się palnik ruchem ciągłym i równomiernym. Badanie przeprowadzono dla ekspozycji krawędziowej. Dla każdej z badanych próbek rejestruje się: wystąpienie zapalenia, osiągnięcie przez wierzchołek płomienia wysokości 150 mm powyżej punktu przyłożenia płomienia i czas, po którym to nastąpiło, wystąpienie zapalenia papieru filtracyjnego oraz obserwacje wizualne fizycznego zachowania się próbki.

Wyniki badań poliamidów poddanych krawędziowemu podpalaniu dla czasu oddziaływania 60 s przedstawiono na ryc. 1.

Badanie intensywności wydzielania ciepła i masy szybkości spalania poliamidów metodą wg ISO 5660-1, 2 [8] [9] polega na spalaniu próbki materiału poddanego działaniu promieniowania cieplnego od stożkowego promiennika cieplnego w zakresie 0 kW/m² ÷ 100 kW/m² w obecności lub bez iskry zapalarki elektrycznej. Na podstawie zmian stężenia tlenu, tlenku węgla i dwutlenku węgla określa się intensywność wydzielania ciepła. W czasie badań materiałów mierzy się również stopień zadyminienia ich produktów rozkładu termicznego i spalania.

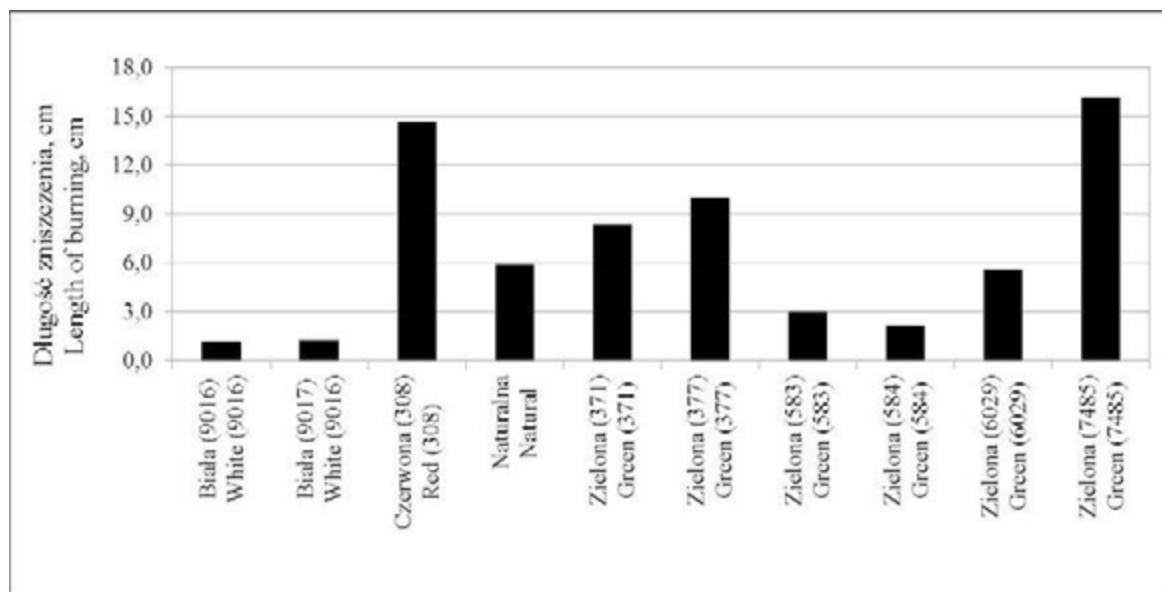
4. Wyniki badań poliamidu 6 w wybranej ekspozycji cieplnej

Badania poliamidów wykonano dla strumienia ciepła oddziaływującego na próbkę o gęstości 25 kW/m² i 50 kW/m². Wyniki w postaci graficznej dla badanego poliamidu przedstawiono na ryc. 2 do ryc. 6.

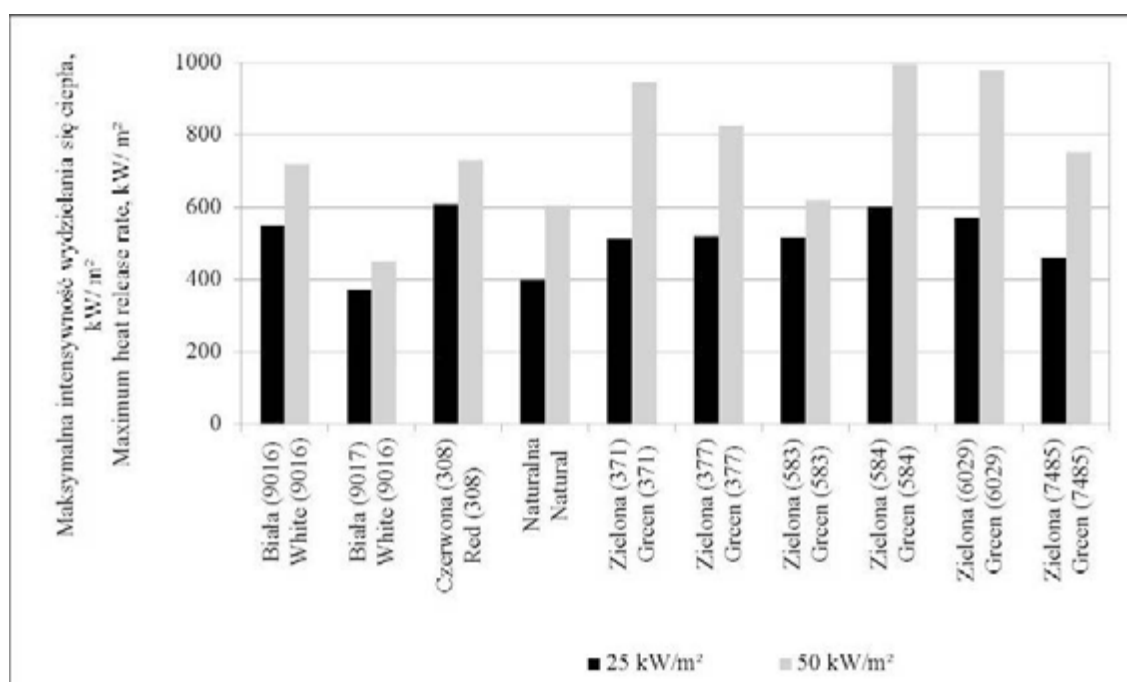
5. Analiza wyników badań

Ze wstępnej analizy wynika, że dla większości zmierzonych wielkości dla barwionego poliamidu 6 barwnik ma wpływ na ich wartości. Potwierdzenie słuszności wstępnej oceny przeprowadzono metodą badań równości parametrów badanej cechy w dwóch populacjach [10]. Przyjęto wartości poliamidu PA6 niebarwionego (naturalny) za poziom odniesienia w analizie porównawczej.

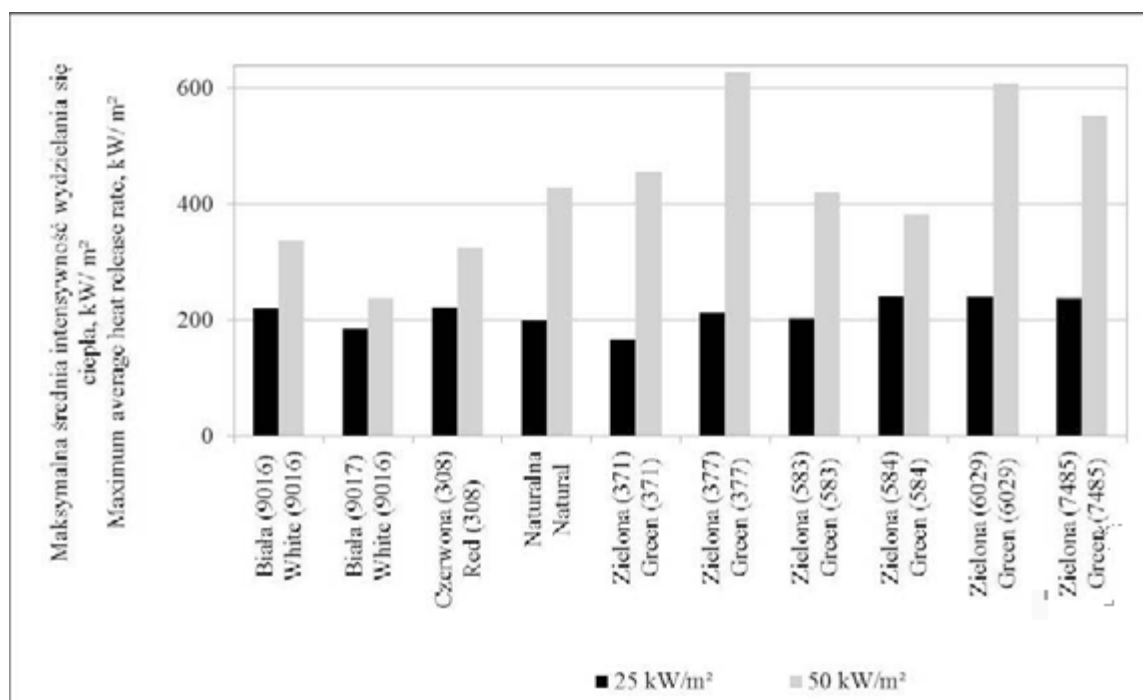
Testy istotności pozwalają na porównanie w sposób obiektywny dwóch zbiorów wyników.



Ryc. 1. Wpływ rodzaju barwnika na długość zniszczenia próbki poliamidu
Fig. 1. Impact dye on the length of the destruction of the sample of polyamide 6

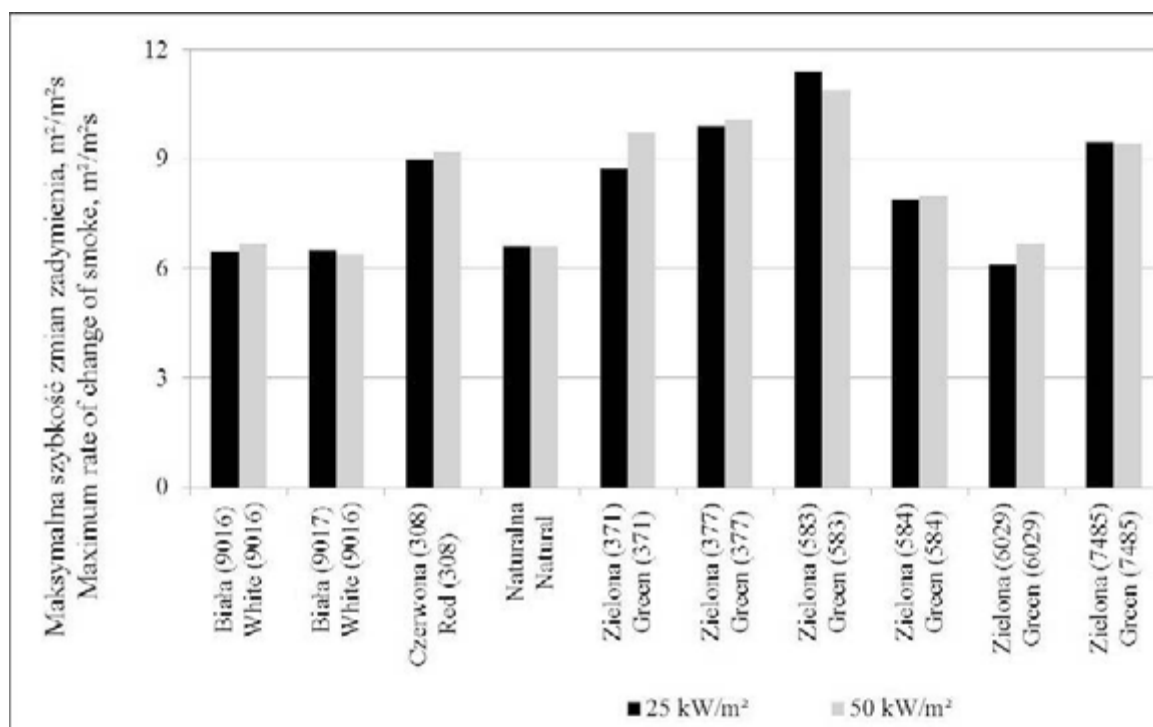


Ryc. 2. Wpływ rodzaju barwnika na maksymalną szybkość wydzielania się ciepła w zależności od natężenia zewnętrznego strumienia ciepła
Fig. 2. The influence of type of dye on the heat release rate in function density external heat of flux



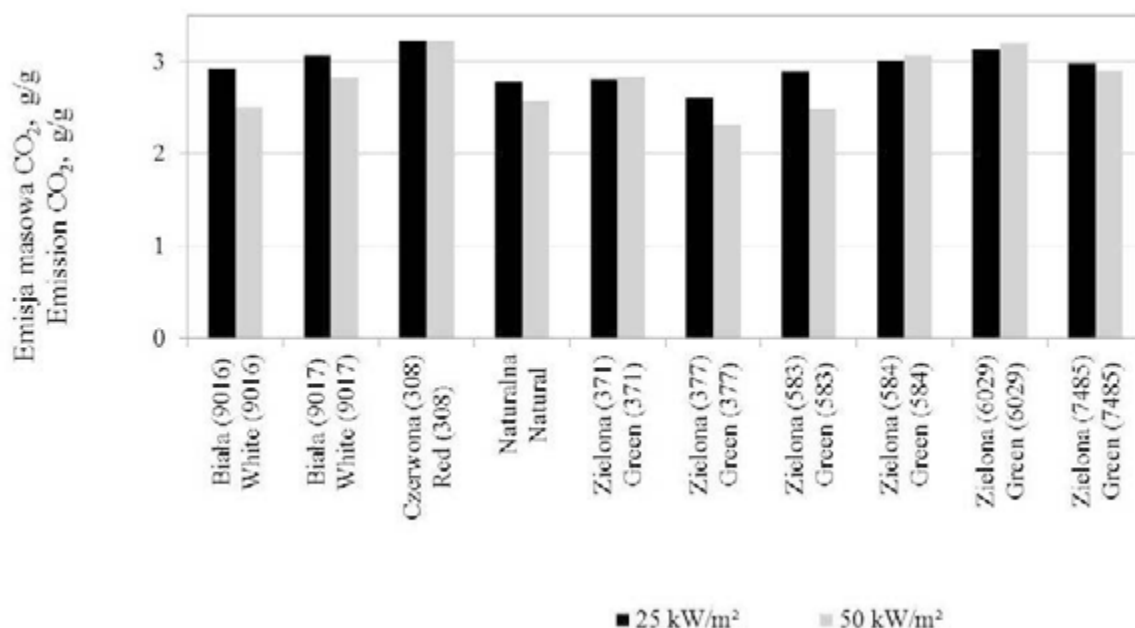
Ryc. 3. Wpływ rodzaju barwnika na maksymalną średnią szybkość wydzielania się ciepła w zależności od natężenia zewnętrznego strumienia ciepła

Fig. 3. The influence of type of dye maximum average on the heat release rate in function density external heat of flux

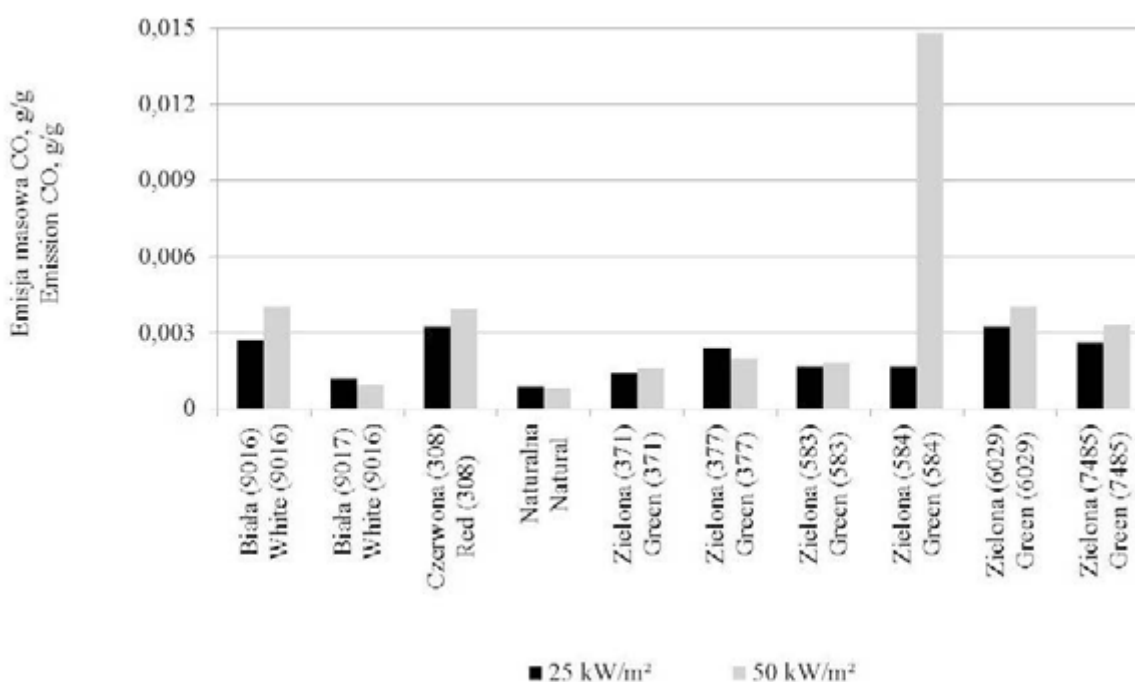


Ryc. 4. Wpływ rodzaju barwnika na maksymalną szybkość zmian zadymienia w zależności od natężenia zewnętrznego strumienia ciepła

Fig. 4. The influence of type on the of dye maximum rate of change of opacity smoke in function density external heat of flux



Ryc. 5. Wpływ rodzaju barwnika na emisję właściwą CO₂ w zależności od natężenia zewnętrznego strumienia ciepła
Fig. 5. The influence of type of dye on the emissions carbon dioxide in function density external heat of flux



Ryc. 6. Wpływ rodzaju barwnika na emisję właściwą CO w zależności od natężenia zewnętrznego strumienia ciepła
Fig. 6. The influence of type of dye on the emissions carbon monoxide in function density external heat of flux

Na ich podstawie można stwierdzić, że nie ma statystycznie istotnych różnic między wartościami średnimi porównywanych zbiorów mierzonych wielkości dla poliamidu barwionego i naturalnego.

Weryfikację hipotezy o równości parametrów badanej cechy w dwóch populacjach przeprowadzono przy pomocy testu F (Fishera-Snedecora) i testu t-Studenta.

Na podstawie wyników testu F-istotności różnicy precyzji w dwóch seriach pomiarowych stwierdzono, że rozrzuty wyników dwóch badanych zbiorów (PA6 naturalny, PA6 barwnik xx) nie różnią się

w sposób istotny, a precyzje obydwu metod są podobne. Dozwolone jest zbadanie istotności różnicy wartości średnich przy pomocy testu t-Studenta. Test t był badaniem spełnienia hipotezy zerowej H_0 , że $x_{1sr} = x_{2sr}$ przy hipotezie alternatywnej, że $x_{1sr} \neq x_{2sr}$. Obliczona wartość t była porównywana z wartością krytyczną $t_{\alpha,r}$ dla poziomu ufności $\alpha = 0,05$. Dla $t < t_{\alpha,r}$ przyjęto, że różnica między wartościami średnimi z obydwu zbiorów nie jest istotna statystycznie ($x_{1sr} - x_{2sr} = 0$).

Do ilościowej analizy wpływu barwnika na właściwości pożarowe poliamidu przyjęto tylko różnice

wartości średnich zmierzonych wielkości między barwionym i niebarwionym (naturalnym) poliamidem dla kryterium hipotezy alternatywnej $t > t_{\alpha,r}$. Wartość

dodatnia różnicy oznacza pogorszenie właściwości pożarowych badanych poliamidów i odwrotnie – wartości ujemne oznaczają polepszenie (działanie

Tabela 2.

Wyniki badań zgodności wartości średnich dla poziomu ufności 95 % przy napromienieniu cieplnym próbek 25 kW/m²

Table 2.

The results of compatibility studies, the average measured values for a confidence level of 95% for samples heat irradiation of 25 kW/m²

Wielkość zmierzona porównywana	Barwnik /Dye								
	Biały 9016	Biały 9017	Czerwony 308	Zielony 371	Zielony 377	Zielony 583	Zielony 584	Zielony 6029	Zielony 7485
Maksymalna intensywność wydzielania ciepła, kW/m ² Maximum heat release rate, kW/m ²	*	*	+204,7	*	*	+89,1	*	+143,7	*
Średnia maksymalna intensywność wydzielania ciepła, kW/m ² Maximum average heat release rate, kW/m ²	+26,1	*	*	+30,6	*	*	+33,8	+31,1	*
Ciepło wydzielone przez próbkę, MJ/m ² Heat generated, MJ/m ²	*	-6,3	-2,7	-7,7	-10,4	-17,6	-5,1	-1,5	*
Emisja masowa tlenku węgla, mg/g Emissions of carbon monoxide, mg/g	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Emisja masowa dwutlenku węgla, g/g Carbon dioxide emissions, g/g	-1,1	-0,3	*	*	*	*	*	*	*
Całkowita emisja dymu, m ² /m ² Smoke emission, m ² /m ²	-449,2	+28,0	-252,9	-36,9	-128,2	-288,1	-386,1	-115,8	-130,6
Zasięg płomienia wg PN-EN ISO 11925-2, mm Length of destruction PN-EN ISO 11925-2, mm	-45,5	-46,3	+102,7	+141,9	+111,0	-40,3	-29,9	-37,7	+87,1

Legenda: * (brak zależności)

Tabela 3.

Wyniki badań zgodności wartości średnich dla poziomu ufności 95% przy napromienieniu cieplnym próbek 50 kW/m²

Table 3.

The results of compatibility studies, the average measured values for a confidence level of 95% for samples heat irradiation of 50 kW/m²

Wielkość zmierzona porównywana	Barwnik / Dye								
	Biały / White 9016	Biały / White 9017	Czerwony / Red 308	Zielony / Green 371	Zielony / Green 377	Zielony / Green 583	Zielony / Green 584	Zielony / Green 6029	Zielony / Green 7485
Maksymalna intensywność wydzielania ciepła, kW/m ² Maximum heat release rate, kW/m ²	*	*	*	+323,5	*	*	*	+357,9	*
Średnia maksymalna intensywność wydzielania ciepła, kW/m ² Maximum average heat release rate, kW/m ²	-88,7	-177,3	-93,5	*	+213,4	*	*	+178,4	*
Ciepło wydzielone przez próbkę, MJ/m ² Heat generated, MJ/m ²	*	-67,7	-35,3	*	*	-31,0	-34,0	+10,3	*
Emisja masowa tlenku węgla, mg/g Emissions of carbon monoxide, mg/g	+2,0	*	+2,4	+0,8	*	+0,9	+17,1	+2,7	+1,8
Emisja masowa dwutlenku węgla, g/g Carbon dioxide emissions, g/g	*	-0,7	*	*	*	-0,9	-0,7	*	*
Całkowita emisja dymu, m ² /m ² Smoke emission, m ² /m ²	-38,7	+241,7	-185,8	-30,0	-147,2	-282,8	-287,9	-22,0	-24,6
Zasięg płomienia wg PN-EN 11925-2, mm Length of destruction	-45,7	-46,5	+102,5	+141,6	+110,8	-40,5	-30,1	-37,9	+86,9

Legenda: * (brak zależności)

ogniochronne) tychże właściwości. Wyniki analizy ilościowej przedstawiono w tabeli 2 i tabeli 3.

Analiza zgodności metodą badań równości parametrów badanej cechy w dwóch populacjach wykazała, że wartości średnie właściwości pożarowych dla poliamidu niebarwionego (naturalny) w większości przypadków różnią się od wartości średnich tych samych wielkości dla poliamidu z dodatkiem barwnika. Wpływ jest różny zależny od warunków rozkładu termicznego i spalania. Przy małym napromienieniu cieplnym próbki – 25 kW/m² dodanie barwnika zwiększa emisję ciepła. Potwierdzają to badania zapalności od małych źródeł podpalania PN-EN ISO 11925-2 (podstawowa metoda badań zapalności materiałów).

Przy napromienieniu cieplnym próbki – 50 kW/m² obserwuje się jednoznaczny wpływ barwnika na emisję właściwą tlenku węgla. Najwięcej wydzieliła próbka zielona 584.

W wielu przypadkach obserwuje się zmniejszenie wartości zmierzonych parametrów w porównaniu z wartościami uzyskanymi dla poliamidu niebarwionego. Na uwagę zasługuje jednoznaczne obniżenie w analizowanych przypadkach dymotwórczości poliamidu PA 6.

6. Wnioski

Istotny wpływ na stan bezpieczeństwa pożarowego obiektów technicznych oraz obiektów użyteczności publicznej ma specyfikacja kolorystyczna użytego materiału w procesie wyposażania. Dobór powyższych materiałów nie może być dziełem przypadku, stąd w niniejszej pracy przedstawiono wyniki badań, które potwierdzają wpływ barwnika poliamidu na intensywność wydzielania ciepła, emisję dymu, tlenku i dwutlenku węgla oraz na odporność na zapalenie od małych źródeł podpalania (metoda PN-EN ISO 11925-2). Oznacza to w praktyce konieczność badań cech pożarowych tworzyw poliamidowych z uwzględnieniem ich kolorystyki. Użyte skomplikowane wyniki badań poliamidu 6 z zawartością różnych barwników wskazują, iż analiza porównawcza potwierdziła znaczący wpływ barwnika na powstające ciepło podczas spalania oraz powstające dymy. Dodanie barwnika zwiększa emisję ciepła przy 25 kW/m², co potwierdza badanie zapalności materiałów od małych źródeł podpalania. Zauważa się spadek dymotwórczości w porównaniu do naturalnego poliamidu PA6, tylko próbka z zawartością barwnika białego wykazywała przeciwną tendencję.

Badania wykazały również pozytywny wpływ niektórych barwników na właściwości pożarowe poliamidu PA 6 (działanie ogniochronne). Ma to rów-

nież praktyczne znaczenie przy opracowywaniu nowych bezpiecznych materiałów.

Kontrola właściwości pożarowych materiałów/wyrobów jest obowiązkowa. Opracowanie i wyprodukowanie w Polsce materiałów/wyrobów bezpiecznych z punktu widzenia stwarzanego przez nie zagrożenia pożarowego dla obiektów technicznych użyteczności publicznej jest możliwe. Przy opracowywaniu nowych bezpiecznych materiałów konieczna jest bieżąca kontrola właściwości pożarowych już w fazie projektowania uwzględniająca wymagania stawiane materiałom/wyrobom, pozwala na identyfikację czynników wpływających, ich fizyczną interpretację, itd.).

Literatura

1. Sychta Z., *Bezpieczeństwo pożarowe stadionu. Odporność na działanie ognia siedzisk z tworzyw sztucznych*, „Ochrona przeciwpożarowa”, 2008, 25.
2. Sychta Z., *Spowolnienie procesu rozkładu termicznego i spalania materiałów podstawowym warunkiem bezpieczeństwa pożarowego obiektów technicznych*, „Prace naukowe”, Politechnika Szczecińska, 2002, 570.
3. Półka M., *Analiza szybkości wydzielania ciepła i dymu z materiałów epoksydowych niemodyfikowanych i modyfikowanych środkami ogniochronnymi*, „Polimery”, 2011,10,734.
4. Zollinger H., *Color Chemistry, syntheses, properties and applications of organic dyes and pigments*, Wiley-VCH, Zurich 2003, s. 132 -295.
5. Hunger K., *Industrial dyes. Chemistry, properties and applications*, Wiley-VCH, 2003.
6. Azoty Tarnów, *Material Data Sheel Polyamide 6*, DK/02.2010 edition 4.
7. PN-EN 11925-2, *Badanie reakcji na ogień. Zapalność materiałów poddawanych bezpośredniemu działaniu płomienia Część 2: Badanie przy działaniu małego płomienia*.
8. ISO 5660-1,2:2002, *Badanie reakcji na ogień – część 1. Intensywność wydzielania ciepła*.
9. ISO 5660-1,2:2002, *Badanie reakcji na ogień – część 2. Badanie intensywności wydzielania dymu metodą dynamiczną*.
10. Piotrowski J., Kostyrko K., *Wzorcowanie aparatury pomiarowej. Podstawy teoretyczne i trasabilność według norm ISO 9000 i zaleceń międzynarodowych*, PWN, Warszawa 2000, s. 23-58.

mgr inż. Mariusz K. Kopański – doktorant w Katedrze Inżynierii Bezpieczeństwa i Energetyki Laboratorium Badań Cech Pożarowych Materiałów Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (Politechnika Szczecińska).

st. kpt. mgr inż. **Robert MAZUR**¹
st. kpt. mgr inż. **Marek MARZEC**²

Przyjęty/Accepted: 11.02.2013; Zrecenzowany/Reviewed: 16.08.2013; Opublikowany/Published: 30.09.2013

OCENA STOPNIA BEZPIECZEŃSTWA W ASPEKCIE STATYSTYKI ZDARZEŃ ZA LATA 2007-2012. MIEJSCOWE ZAGROŻENIA

Assessment of Safety Level in Aspect of 2007-2012 Statistic. Local Emergencies

Streszczenie

Pożary, miejscowe zagrożenia i alarmy fałszywe to podstawowa klasyfikacja zdarzeń rejestrowanych przez dyżurnych Stanowisk Kierowania Komendantów Powiatowych (Miejskich) Państwowej Straży Pożarnej (PSP). Autorzy przeprowadzają analizę rozkładu wybranych cech miejscowych zagrożeń zarejestrowanych w *Informacjach ze zdarzeń* PSP za lata 2007-2012. Analizie i ocenie poddawane są w szczególności: ogólna liczba zdarzeń, ranni i ofiary śmiertelne. Dane analizowane są na poziomie kraju w rozbiciu na klasy obiektów: użyteczności publicznej, mieszkalne, produkcyjne, magazynowe, środki transportu, lasy, uprawy i rolnictwo oraz pozostałe. Na podstawie wyników badań statystycznych opracowano roczne wskaźniki rannych i ofiar śmiertelnych oraz sześciolateńskie wskaźniki częstości występowania zdarzeń, rannych i ofiar śmiertelnych, w rozbiciu na powyższe kategorie. Dla klas obiektów charakteryzujących się największymi wartościami współczynników przeprowadzono analizę i ocenę rozkładu wartości współczynników w funkcji poszczególnych lat, jak również opisano trendy rozwojowe. W artykule przeprowadzono ogólną ocenę poziomu bezpieczeństwa, polegającą na wskazaniu obszarów, w których koncentracja wartości wskaźników jest największa. Wyniki badań wskazują, że miejscowe zagrożenia pojawiają się najczęściej w klasie innych obiektów (39%), obiektów mieszkalnych (31%) i środkach transportu (20%). Notuje się dla nich wskaźniki śmiertelności odpowiednio na poziomie 25%, 22%, 49% oraz wskaźniki rannych 4%, 8%, 86%. Zauważono, że dla obiektów mieszkalnych notuje się stały wzrost wartości współczynników rannych i ofiar śmiertelnych, podczas gdy w transporcie tendencja jest odwrotna. W opracowaniu scharakteryzowano dokładniej podkategorię zdarzeń generujących największą liczbę interwencji, jak również opisano dominujące rodzaje interwencji PSP.

Summary

Fires, local emergencies and false alarms are the main events' classes registered by dispatchers of the Polish State Fire Service Command Control Rooms. Statistical analysis of local emergencies factors was conducted on data from the State Fire Service Reports, covering the period 2007-2012. The statistical research was carried out on the state level. Firstly, the authors examined general number of local emergencies and casualties (injured, fatalities). Secondly, the number of local emergencies and casualties in object classes as public utilities, housing, production companies, warehouses, means of transport, forests, agriculture and others was analyzed and assessed. Based on the results of statistical indicators, annual injuries and fatalities as well as six-year local emergency frequency coefficients were calculated. The article presents overall assessment of safety level involving indication of the areas, where the concentration of frequency distribution coefficient the highest is. The object classes with the highest coefficient values between 2007 and 2012 are analysed and evaluated. The selected conclusions show that local emergencies appear the most often in the other object class (39%), housing (31%), means of transport (20%). Local emergencies injured coefficients are adequately on the level 25%, 22%, 49%, whereas local emergencies fatalities coefficients achieve 4%, 8%, 86%. It is noticed that when the coefficient values for means of transport are on the decline, the coefficient values for housing are on the rise. Additionally, the article describes subcategories which generate the highest number of interventions as well as dominant types of intervention conducted by the State Fire Service.

¹ Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, ul. Podchorążych 38, 00-463 Warszawa, Polska; rmazur@kgpsp.gov.pl; merytoryczny wkład pracy – 80%; National Headquarters of the State Fire Service, Poland; percentage contribution - 80%

² Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, ul. Podchorążych 38, 00-463 Warszawa, Polska; merytoryczny wkład pracy – 20%; National Headquarters of the State Fire Service, Poland; percentage contribution - 20%

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo cywilne, statystyka miejscowych zagrożeń, wskaźnik częstości miejscowych zagrożeń, ranni w miejscowych zagrożeniach, ofiary śmiertelne miejscowych zagrożeń, ocena poziomu bezpieczeństwa;

Keywords: civil safety, local emergencies statistics, local emergencies frequency distribution coefficient, injured in local emergencies, fatalities in local emergencies, safety level assessment;

Typ artykułu: studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych;

Type of article: case study – analysis of actual events;

1. Wstęp

W roku jubileuszowym 20-lecia funkcjonowania Państwowej Straży Pożarnej (PSP) zrodził się pomysł zbadania zmian w zakresie liczby pożarów, miejscowych zagrożeń oraz poszkodowanych, jakich niosą za sobą. W drodze badań statystycznych autorzy szukali odpowiedzi na pytania: Jak kształtuje się ogólna liczba zdarzeń? Jak przedstawia się częstość występowania zdarzeń w funkcji obiektów użyteczności publicznej, mieszkalnych, produkcyjnych i innych? Czy zauważalne są tendencje zmian? Na jakie klasy obiektów, z punktu widzenia wysokich wskaźników wypadkowości, należy zwrócić szczególną uwagę?

Drogą do realizacji wyżej założonych celów była analiza statystyczna *Informacji ze zdarzeń PSP*. Opracowanie jest drugą z cyklu 4 publikacji nt. *Oceń stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń PSP*, w skład których wchodzi:

- część I – pożary (statystyka zdarzeń za lata 2007-2012) [1],
- część II – miejscowe zagrożenia (statystyka zdarzeń za lata 2007-2012),
- część III – czasowo-przestrzenna charakterystyka zagrożeń pożarowych w środowisku systemów informacji przestrzennej (GIS), na przykładzie m.st. Warszawa (statystyka zdarzeń za lata 2000-2012),
- część IV – analiza statystyczna przypuszczalnych przyczyn pożarów w skali kraju i miasta (statystyka zdarzeń za lata 2000-2012).

Najważniejsze wnioski płynące z pierwszej części badań to blisko 89% pożarów pojawiających się w klasach innych obiektów (50%), uprawach, rolnictwie (22%), obiektach mieszkalnych (17%). Liczba pożarów generowana jest głównie przez pożary śmietników, zsypów, wysypisk śmieci, poboczy dróg i szlaków komunikacyjnych (inne obiekty), traw na nieużytkowanych powierzchniach rolniczych, łąkach, rzyskach (uprawy, rolnictwo) oraz obiektów mieszkalnych jedno- i wielorodzinnych (mieszkalne). Największe wskaźniki wypadkowości notowane są w mieszkalnictwie z rannymi na poziomie 75%, i śmiertelnymi – 80% [1].

Celem niniejszego opracowania jest udzielenie odpowiedzi na powyższe pytania w odniesieniu do kategorii zdarzeń – miejscowe zagrożenia (MZ).

2. Analiza literatury

Rozporządzenie o Krajowym Systemie Ratowniczo-Gaśniczym (KSRG) [2], jak również przepisy uszczegóławiające – Zasady ewidencjonowania zdarzeń w zmodernizowanym Systemie Wspomagania Decyzji-ST („Zasady”) [3] – określają trzy kategorie zdarzeń rejestrowanych przez Stanowiska Kierowania PSP (SK PSP). Należą do nich: pożar, miejscowe zagrożenie (MZ) i alarm fałszywy (AF). Interesującym aspektem jest brak spójnego prawa europejskiego w zakresie definicji pojęć, jak również zasad kwalifikacji zdarzeń przez SK PSP, czy Centra Powiadamiania Ratunkowego.

I tak na przykład w materiale statystycznym *The Swedish Civil Contingencies Agency* [4] podstawowa kwalifikacja zdarzeń obejmuje:

- AF związany z pożarami, generowany przez pożarowe/gazowe techniczne systemy zabezpieczeń (ang. *False Fire Call – apparatus*),
- AF związany z pożarami w dobrej/złej wierze, generowany przez osoby postronne (ang. *False Fire Call – good intent/malicious*),
- AF w dobrej/złej wierze, związany z działaniami ratowniczymi (ang. *False Rescue Call – good intent/malicious*),
- pożary obiektów budowlanych (ang. *Building Fire*)³;
- pożary inne niż pożary obiektów budowlanych (ang. *Non-Building Fire*)⁴,
- wypadki w komunikacji (ang. *Traffic Accident*),
- emisja substancji niebezpiecznych (ang. *Emission of Dangerous Substance*),
- utonięcia (ang. *Drowning*),
- inne działania ratownicze (ang. *Other Rescue*).

W Wielkiej Brytanii klasyfikacja zdarzeń przedstawia się nieco odmiennie. Departament ds. Społecznych i Lokalnych Organów Władzy – Wydział Służb Ratowniczych, opublikował instrukcję do systemu IRC (ang. *Incident Recording System*). Architektura systemu umożliwia pozyskiwanie, edycję i analizę danych statystycznych z działań Służb Ra-

³ Pożary obiektów budowlanych obejmują pożary domów, obiektów użyteczności publicznej, przemysłowych, innych konstrukcji, jak wielopoziomowe parkingi, tunele oraz budynki w trakcie budowy [4].

⁴ Pożary obiektów niemieszkalnych uwzględniają pożary lasów i terenów zalesionych, upraw rolniczych i roślinności, pożary pojazdów drogowych, śmieci, pojemników [4].

towniczych (ang. *Fire and Rescue Service*) za pomocą przeglądarki internetowej [5]. Zgodnie z wytycznymi, klasyfikacja zdarzeń systemu obejmuje [6]:

- pożary (ang. *Fire Incidents*),
- AF (ang. *False Alarms*),
 - AF złośliwe (ang. *Malicious False Alarms*),
 - AF w dobrej wierze (ang. *Good Intent False Alarms*),
 - AF z pożarowych instalacji alarmowych (ang. *False Alarm due to Apparatus*),
 - AF w dobrej wierze, do specjalistycznych usług ratowniczych (ang. *Special Service False Alarm Good Intent*),
- specjalistyczne usługi ratownicze (ang. *Special Service Incidents*).

Kategoria pożarów dodatkowo uwzględnia pożary pierwszorzędne⁵ (ang. *Primary*) oraz drugorzędne⁶ (ang. *Secondary*). Do specjalistycznych usług ratowniczych kwalifikowane są lokalne zagrożenia (ang. *Local Emergencies*) takie jak wypadki, ratowanie ludzi, duże katastrofy, domowe zdarzenia (ang. *Domestic Incidents*), wycieki wody, uwalnianie uwięzionych ludzi. Od tego typu zdarzeń mogą być pobierane opłaty [6].

Znaczenie MZ w Polsce po części zbliżone jest do kategorii specjalistycznych usług ratowniczych w Wielkiej Brytanii oraz wypadków w komunikacji, innych działań ratowniczych w Szwecji. MZ ma swoje uzasadnienie w polskim prawie ustawodawczym, w tym ustawie o Ochronie Przeciwpowodzi [7] oraz Prawie Budowlanym [8] (funkcja uzupełniająca). Oznacza zdarzenie niebędące pożarem ani klęską żywiołową wynikające z rozwoju cywilizacyjnego, naturalnych praw przyrody, stanowiące zagrożenie dla życia, zdrowia, mienia lub środowiska. Zapobieżenie lub usunięcie zdarzenia nie wymaga zastosowania nadzwyczajnych środków [7].

Definicja MZ wydaje się mało precyzyjna, powodując niejednokrotnie problemy w zakresie kwalifikacji zdarzeń. Przykładem są: odśnieżanie dróg i obiektów użyteczności publicznej, usuwanie sopli i nawisów śnieżnych, czy owadów błonkoskrzydłych. Po przeprowadzeniu krótkiej analizy prawnej [9] wynika, że tego typu zdarzenia nie mają charakteru zdarzeń nagłych, zaś obowiązki w zakresie utrzymania obiektów spoczywają na właścicielu, użytkowniku, czy zarządcy obiektu, ze szczególnym uwzględnieniem oddziaływania czynników zewnętrznych ta-

kich jak wyładowania atmosferyczne, wstrząsy sejsmiczne, silne wiatry, intensywne opady atmosferyczne, osuwiska ziemi, itp. [8]. Bardzo istotny dla działań podejmowanych przez służby ratownicze jest przepis art. 69 ustawy prawo budowlane, odnoszący się do sytuacji działań niezwłocznych. W razie konieczności niezwłocznego podjęcia działań mających na celu usunięcie zagrożenia dla ludzi lub mienia właściwy organ zapewni, na koszt właściciela lub zarządcy obiektu budowlanego, zastosowanie niezbędnych środków zabezpieczających [8]. Do ich zastosowania upoważnione są Policja i PSP.

3. Metodologia badań

Badania podzielono na dwie części. W pierwszej skoncentrowano się na analizie statystycznej ogólnej liczby MZ (Ryc. 1) oraz osób poszkodowanych, podzielonych na rannych i ofiary śmiertelne (Ryc. 2, Ryc. 3, Ryc. 4). Poprzez liczbę rannych i ofiar śmiertelnych przyjęto sumę poszkodowanych ratowników i innych osób zarejestrowanych zgodnie z *Instrukcją w sprawie zasad sporządzania i obiegu dokumentacji zdarzeń* [12] oraz „Zasadami” [3]. Zgodnie z nimi liczbę i stan poszkodowanych określa się od momentu rozpoczęcia do momentu zakończenia działań ratowniczo-gaśniczych prowadzonych przez podmioty KSRG lub jednostki ochrony przeciwpożarowej (JOP)⁸.

W drugiej części skupiono się na analizie częstości występowania MZ (Ryc. 5, Ryc. 6), poszkodowanych (Ryc. 7, Ryc. 8) w rozbiciu na obiekty użyteczności publicznej, mieszkalne, produkcyjne, magazynowe, środki transportu, lasy, uprawy i rolnictwo, inne obiekty.

Badania przeprowadzono na podstawie „raportów” Komendy Głównej PSP (KG PSP) za lata 2007–2012 wygenerowanych w SWD-ST [10, 11]. Badania rozpoczęto od obliczenia rocznej liczby MZ i poszkodowanych, a następnie oszacowano odpowiadające im współczynniki. Współczynniki otrzymano jako iloraz liczby rannych (ofiary śmiertelnych), przypadających na liczbę MZ, powiększonych o współczynnik 10³ (1., 2.). Zestawienie war-

⁵ Zalicza się do nich pożary budynków, pojazdów, innych konstrukcji, jak również te pożary, gdzie pojawiły się ofiary, a działania ratownicze prowadzone były przez 5 i więcej zastępów [6].

⁶ Uwzględnia się tu pożary nie ujęte w klasie *Primary*, nie będące pożarami kominowymi obiektów mieszkalnych, nie zawierające poszkodowanych i prowadzone przez cztery lub mniej zastępów [6].

⁷ W latach 2007–2011 *Informacja ze zdarzenia PSP* sporządzana była zgodnie z zapisami *Instrukcji w sprawie zasad sporządzania i obiegu dokumentacji zdarzeń*, będącej załącznikiem do rozporządzenia [12]. Od 2012 roku zastąpiono ją „Zasadami” [3].

⁸ Zgodnie z art. 15 ustawy o ochronie przeciwpożarowej [15] JOP są: jednostki organizacyjne PSP, jednostki organizacyjne Wojskowej Ochrony Przeciwpowodzi, Zakładowa Straż Pożarna, Zakładowa Służba Ratownicza, Gminna Zawodowa Straż Pożarna, Powiatowa (Miejska) Zawodowa Straż Pożarna, Terenowa Służba Ratownicza, Ochotnicza Straż Pożarna, Związek Ochotniczych Straży Pożarnych, inne jednostki ratownicze.

tości współczynników w funkcji poszczególnych lat przedstawiają ryciny 3, 4.

W kolejnym kroku obliczono współczynniki częstości MZ (Θ_{MZ}) dla poszczególnych klas obiektów. Współczynnik obliczono jako iloraz liczby zdarzeń zarejestrowanych w klasie obiektów do ogólnej liczby MZ w roku (3.). Miara współczynnika mieści się w granicach 0÷1, wskazując, w jakich obszarach i z jaką częstotliwością zdarzenia pojawiały się najczęściej. Tym samym definiuje obszary o największym stopniu zagrożenia. Na podstawie rocznych wartości indeksów obliczono średnie sześciolate wskaźniki $\overline{\Theta_{MZ}}$ (Ryc. 5). Dodatkowo przedstawiono rozkład wartości współczynnika dla wyróżniających się klas obiektów (Ryc. 6).

$$W_{RMZ} = \frac{RMZ}{\sum MZ} * 10^3 \quad 1.$$

$$W_{SMZ} = \frac{SMZ}{\sum MZ} * 10^3 \quad 2.$$

$$\Theta_{MZ} = \frac{MZ_n}{\sum MZ} \quad 3.$$

W_{RMZ} – współczynnik rannych w MZ,
 RMZ – liczba rannych w MZ,
 $\sum MZ$ – ogólna liczba MZ,
 W_{SMZ} – współczynnik ofiar śmiertelnych MZ,
 SMZ – liczba ofiar śmiertelnych MZ,
 Θ_{MZ} – współczynnik częstości MZ,
 MZ_n – liczba MZ n-tej klasy obiektów,
 n – klasa obiektów użyteczności publicznej, mieszkalnych, produkcyjnych, magazynowych, środków transportu, lasów (prywatnych, państwowych), upraw i rolnictwa, pozostałych obiektów.

W analogiczny sposób obliczono współczynnik częstości rannych Ψ_{RMZ} (4.) i ofiar śmiertelnych Ψ_{SMZ} (5.), odpowiednio jako iloraz liczby rannych (ofiar śmiertelnych) w klasie obiektów do ogólnej liczby rannych (ofiar śmiertelnych). Podobnie jak dla współczynnika Θ wartości Ψ mieszczą się w granicach 0÷1, określając obszary o największym stopniu wypadkowości. Uśrednione za okres sześciu lat wartości współczynników $\overline{\Psi_{RMZ}}$ i $\overline{\Psi_{SMZ}}$ przedstawiają ryciny 7, 8. Dodatkowo przedstawiono rozkład wartości współczynników Ψ w funkcji poszczególnych lat dla wyróżniających się klas obiektów (Ryc. 9, Ryc. 10).

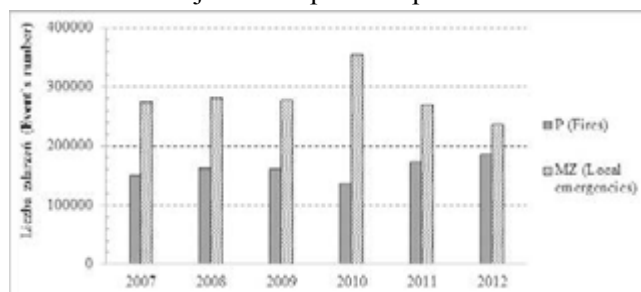
$$\Psi_{RMZ} = \frac{RMZ_n}{\sum RMZ} \quad 4.$$

$$\Psi_{SMZ} = \frac{SMZ_n}{\sum SMZ} \quad 5.$$

RMZ_n – liczba rannych w MZ n-tej klasy obiektów,
 $\sum RMZ$ – ogólna liczba rannych w MZ,
 SMZ_n – liczba ofiar śmiertelnych w MZ n-tej klasy obiektów,
 $\sum SMZ$ – ogólna liczba ofiar śmiertelnych w MZ,
 n – jak w opisie równania 1.

4. Rezultaty i dyskusja

Liczba MZ na przestrzeni 2007–2012 kształtuje się w przedziale 236,7–355,5 tys. Lata 2007–2009 to okres, w którym średnia liczba zdarzeń kształtuje się na poziomie 277,6 tys. W 2010 r. zauważono 28-proc. wzrost w stosunku do średniej z okresu 2007–2009. Wzrost ten spowodowany jest przede wszystkim interwencjami JOP podczas powodzi.



Ryc. 1. Liczba pożarów i MZ w latach 2007–2012.

[R. Mazur na podstawie danych statystycznych KGPS]

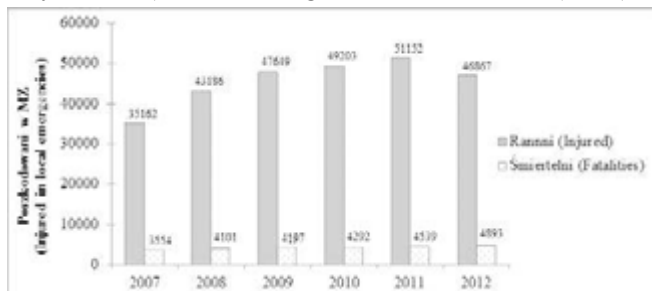
Fig. 1. Number of fires and local emergencies for 2007–2012.

[R. Mazur based on Headquarters of The State Fire Service (HofSFS) statistical data]

W kolejnych latach zauważa się spadek liczby zdarzeń. W roku 2012 odnotowano 33-proc. spadek w stosunku do 2010 roku oraz 15-proc. w stosunku do średniej za lata 2007–2009. Okazuje się, że wraz ze wzrostem liczby P spada liczba MZ (okres 2010–2012). Można to tłumaczyć faktem, że nasilające się opady deszczu zwiększają konieczność prowadzenia działań przy usuwania skutków anomalii atmosferycznych, a tym samym zmniejszają liczbę pożarów nieużytkowanych powierzchni rolniczych, łąk, traw, śmietników, wysypisk śmieci, stanowiących najliczniejszą grupę pożarów [1].

MZ pociągają za sobą zdecydowanie większą liczbę poszkodowanych niż pożary. Ich bezwzględna liczba na przestrzeni lat kształtuje się na poziomie 35–51 tys. rannych (pożary 3–4,1 tys. [1]) oraz 3,5–4,9 tys. ofiar śmiertelnych (pożary 525–595 [1]), charakteryzując się przy tym stałą tendencją rosnącą (za wyjątkiem rannych w 2012). W 2012 roku nastąpił 33-proc. wzrost rannych i 38-proc. ofiar śmiertelnych w stosunku do roku 2007. Zauważa się, że w roku 2012 nastąpił spadek liczby rannych. Może

być to podyktowane zmianą zasad ewidencjonowania rannych w zdarzeniach w 2011 i 2012 roku – w związku z czym jako rannych uznaje się osoby, w stosunku do których prowadzono kwalifikowaną pierwszą pomoc oraz transport z miejsca zdarzenia do jednostek ochrony zdrowia. Nieco inaczej kształtują się względne współczynniki poszkodowanych W_{RMZ} , W_{SMZ} (poszkodowani odniesieni do liczby zdarzeń) obliczone zgodnie z zależnościami (1., 2.).



Ryc. 2. Liczba rannych, ofiar śmiertelnych MZ w latach 2007–2012.

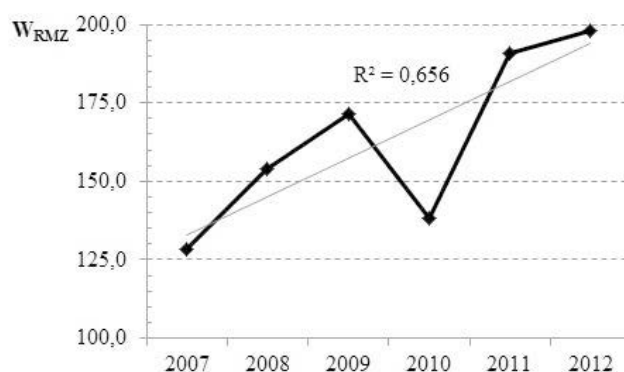
[R. Mazur w oparciu o dane statystyczne KGSPS]

Fig. 2. Number of injured and fatalities in local emergencies for 2007–2012.

[R. Mazur based on HofSFS statistical data]

Mają one stałą tendencję rosnącą, co oznacza, że liczba poszkodowanych odniesiona do liczby MZ stale rośnie. Rosnące wartości współczynników W_{RMZ} , W_{SMZ} wykazują przy tym dużą dynamikę zmian zobrazowaną za pomocą wskaźników ΔW_{RMZ} , ΔW_{SMZ} . Ich rozkład, otrzymany jako iloraz różnicy wartości W_{RMZ} (W_{SMZ}) roku następnego do poprzedniego, odniesiony do roku poprzedniego wraz z liczbą rannych, ofiar śmiertelnych, W_{RMZ} , W_{SMZ} obrazuje Tabela 1.

Ogólnie na przestrzeni lat następuje duża zmiana wartości wskaźnika. Względny współczynnik rannych w 2012 roku zwiększył się o blisko 55% (w stosunku do 2007), zaś dla ofiar śmiertelnych o około 60%. Oznacza to, że względne wartości poszkodowanych w analizowanym okresie są blisko 50% większe od odpowiadającym im wartości bezwzględnych. Ilustracją wartości wskaźników są ryciny 3, 4.

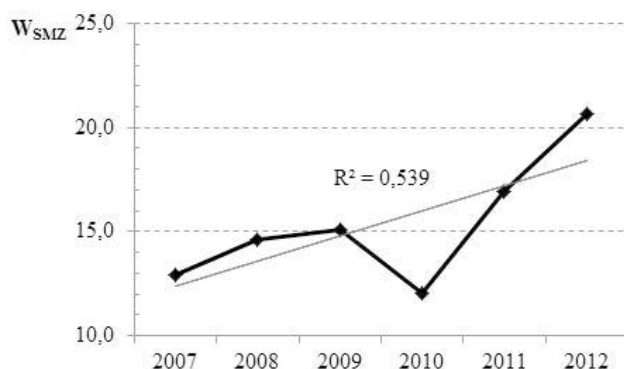


Ryc. 3 Współczynnik rannych MZ.

[R. Mazur na podstawie danych statystycznych KGSPS]

Fig. 3. Local emergencies injured coefficient.

[R. Mazur based on HofSFS statistical data]



Ryc. 4. Współczynnik ofiar śmiertelnych MZ.

[R. Mazur na podstawie danych statystycznych KGSPS]

Fig. 4. Local emergencies fatalities coefficient.

[R. Mazur based on HofSFS statistical data]

Liczby MZ i poszkodowanych ujęte w skali kraju nie dają pełnego obrazu nt. obszarów, w których wartości rozkładów cech mają charakter dominujący. Dlatego też przeprowadzono uzupełniające badania mające na celu udzielenie odpowiedzi na pytanie: Jak przedstawia się częstość występowania zdarzeń i poszkodowanych w funkcji obiektów użyteczności publicznej, mieszkalnych, produkcyjnych i innych? W tym celu opracowano współczynniki Θ_{RMZ} , Ψ_{RMZ} , Ψ_{SMZ} , odpowiednio wg zależności (3.), (4.),

Tabela 1.

Dynamika zmian współczynników rannych i ofiar śmiertelnych w MZ w latach 2007–2012 w skali kraju. [Badania własne na podstawie danych statystycznych KGSPS]

Table 1.

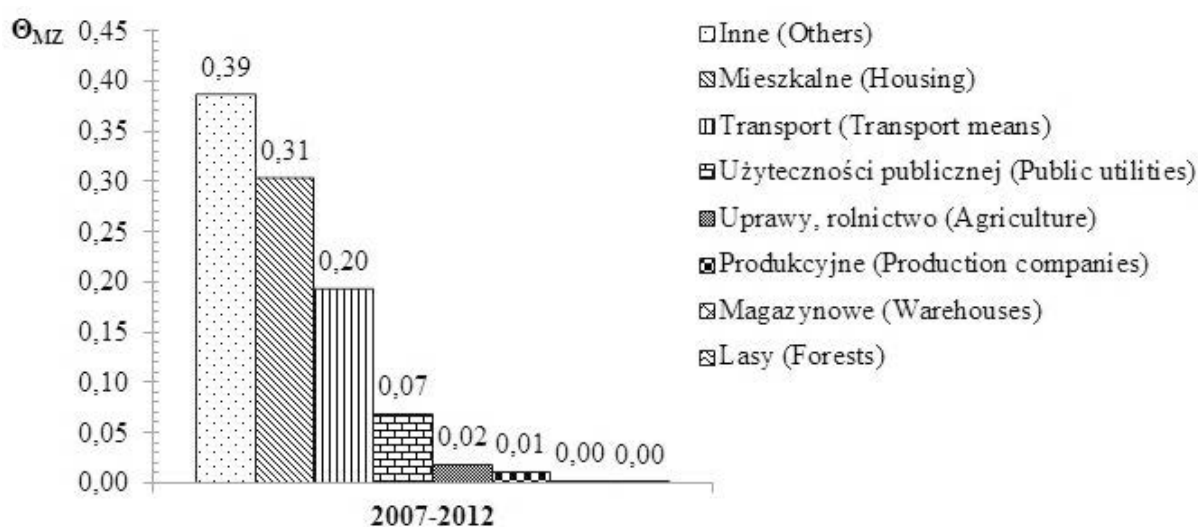
Dynamics of local emergencies injured and fatalities coefficient calculated on the state level for 2007 and 2012. [Own research based on HofSFS statistical data]

	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Ranni	35162	43186	47649	49203	51152	46867
Śmiertelni	3554	4101	4197	4292	4539	4893
W_{RMZ}	128,2	153,8	171,5	138,4	190,7	197,9
W_{SMZ}	13,0	14,6	15,1	12,1	16,9	20,7
ΔW_{RMZ}	20,0%	11,5%	-19,3%	37,8%	3,8%	-
ΔW_{SMZ}	12,7%	3,4%	-20,1%	40,1%	22,1%	-

(5.) Ilustracją uśrednionych za lata 2007–2012 wartości współczynników są ryciny 5, 7, 8.

Klasy obiektów, w których najczęściej dochodzi do MZ, to inne obiekty (39%), mieszkalnictwo (31%), środki transportu (20%) (Ryc. 5). Kompleksowy wykaz działów znajdujących się w poszczególnych klasach zawiera rozporządzenie w sprawie szczegółowych zasad organizacji KSRG [2]. Na rycinie 6 zilustrowano jedynie wybrane działy generujące największy odsetek interwencji. Wniosek ogólny to ok. 77% zdarzeń generowanych w klasie inne obiekty (działy 809, 816), mieszkalnictwo (208, 209, 210) oraz środki transportu (504).

Wysoka wartość $\overline{\Theta}_{MZ}$ innych obiektów generowana jest głównie przez skutki anomalii pogodowych (zwisające konary drzew, powalone drzewa blokujące ciągi komunikacyjne, wypompowywanie wody, odśnieżanie), usuwanie plam oleju z jezdni, usuwanie owadów błonkoskrzydłych (osy, szerszenie), zabezpieczanie lądowań Lotniczego Pogotowia Ratunkowego. MZ w mieszkalnictwie to przede wszystkim udzielanie pomocy Policji przy otwarciu mieszkania, zabezpieczaniu interwencji w stosunku do osób niepełnosprawnych, uwalnianie osób zatrzaśniętych z mieszkań, wind, usuwanie skutków anomalii pogodowych takich jak wypompowywanie wody z zalanych piwnic, garaży, interwencje związane z podejrzeniem zatrucia tlenkiem węgla lub obecnością innych gazów.

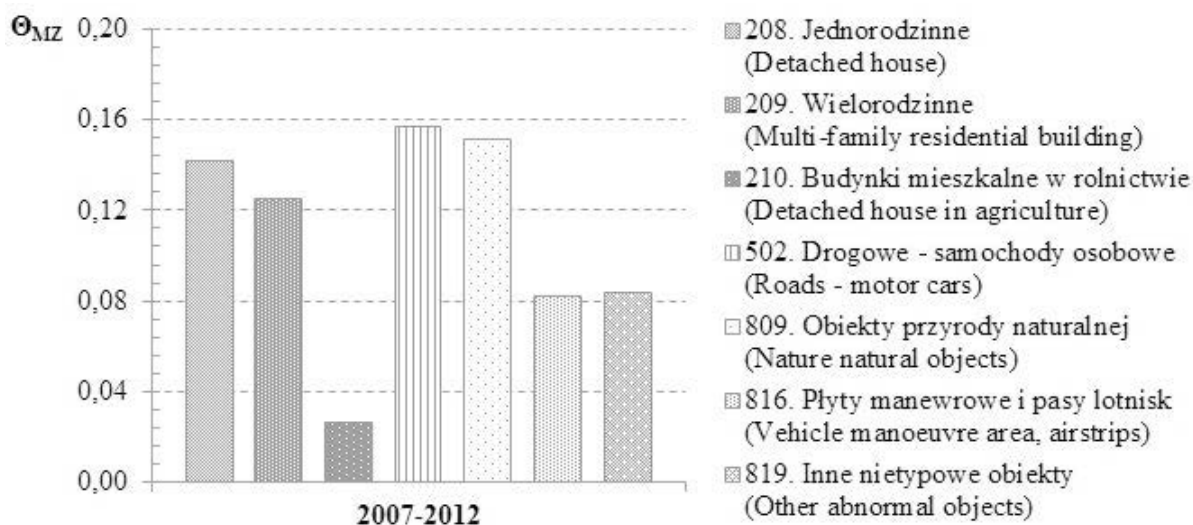


Ryc. 5. Średnie wartości współczynnika częstość MZ za lata 2007–2012 wg kategorii obiektów.

[R. Mazur na podstawie danych statystycznych KGPS]

Fig. 5. Mean of local emergencies frequency distribution coefficient for 2007–2012 divided into object classes.

[R. Mazur based on HofSFS statistical data]



Ryc. 6. Średnie wartości współczynnika częstość MZ za lata 2007–2012 dla wybranych działów.

[R. Mazur na podstawie danych statystycznych KGPS]

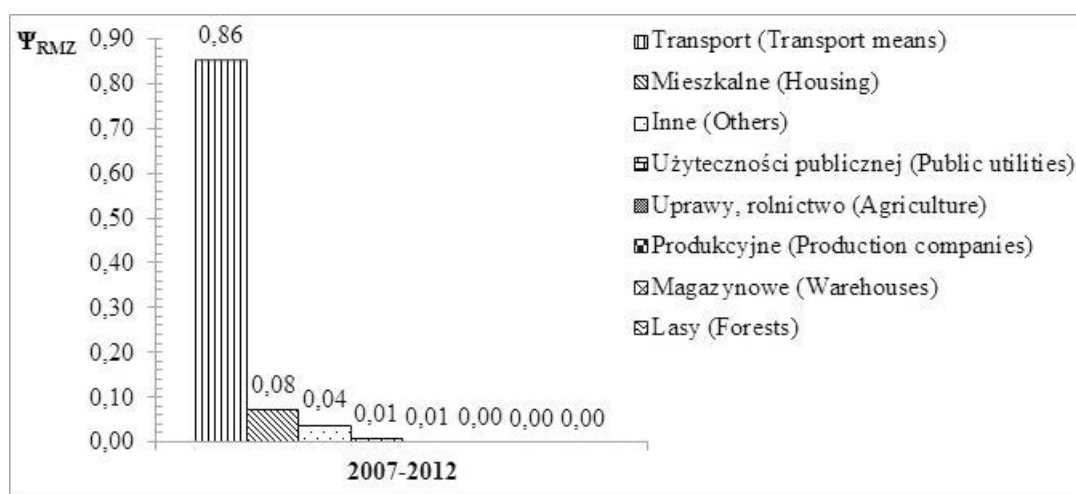
Fig. 6. Mean of local emergencies frequency distribution coefficient for 2007–2012 divided into division.

[R. Mazur based on HofSFS statistical data]

Środki transportu to w głównej mierze wypadki w komunikacji drogowej, kolejowej i lotniczej. Pomijalnie niskie wartości notuje się dla obiektów użyteczności publicznej (7%), upraw i rolnictwa (2%), produkcyjnych (1%), magazynowych i lasów (poniżej 1%).

Czy wysokie współczynniki częstości występowania zdarzeń pociągają za sobą równie wysoki odsetek rannych? Stosunkowo wysokie wartości Θ_{MZ} dla klasy innych obiektów i mieszkalnictwa dają względnie niskie wartości Ψ_{RMZ} mieszczące się odpowiednio w granicach 8% i 4%. Pomijalnie niskie wartości Ψ_{RMZ} zauważa się dla obiektów użyteczności publicznej, upraw i rolnictwa (1%) oraz produkcyjnych, magazynowych, lasów (poniżej 1%). Zdecydowanie największy odsetek, bo aż 86% rannych, notuje się dla środków transportu (ryc. 7).

Nieco inaczej rozkładają się wartości współczynnika Ψ_{SMZ} . Nie zauważa się aż tak dużego, jak w przypadku Ψ_{RMZ} rozrzutu wartości. Największy odsetek ofiar śmiertelnych niosą ze sobą środki transportu (49%) generowane głównie podczas wypadków w komunikacji drogowej, lotniczej i kolejowej. Zaskakująco wysokie wartości zauważa się w innych obiektach (25%) i mieszkalnictwie (22%). Wysokie wartości współczynników to w głównej mierze wspomniane wcześniej ofiary wiatrołomów oraz ofiary zdarzeń związanych z pomocą Policji przy otwarciu mieszkania (zgony osób samotnych), czy ofiary zatrucia tlenkiem węgla. Podobnie jak dla Ψ_{RMZ} pomijalnie niskie wartości Ψ_{SMZ} zarejestrowano w klasach: uprawy, rolnictwo (2%), lasy (1%) oraz produkcyjne, użyteczności publicznej, magazynowe (poniżej 1%) (Ryc. 8).

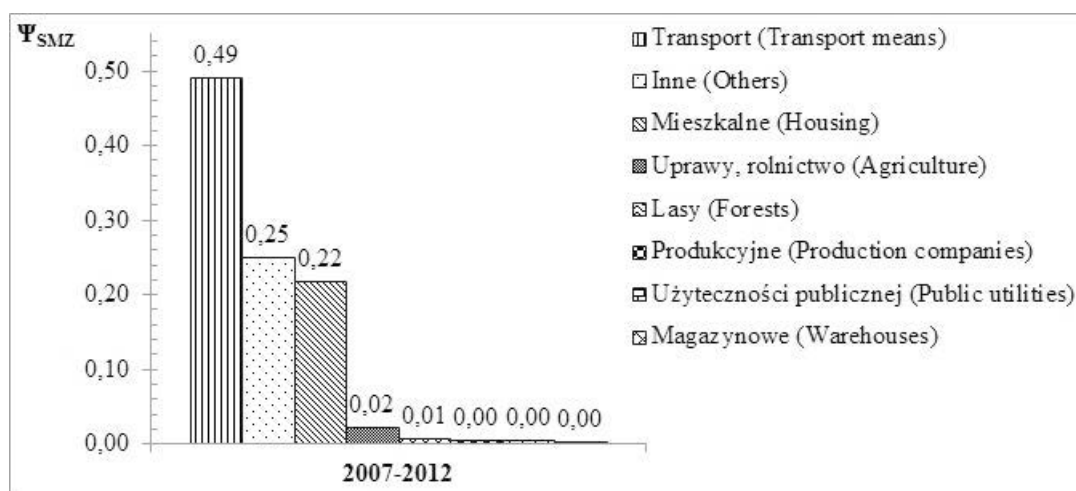


Ryc. 7. Średnie wartości współczynnika częstości rannych w MZ za lata 2007–2012 wg kategorii obiektów.

[R. Mazur na podstawie danych statystycznych KGSP]

Fig. 7. Mean of local emergencies injured frequency distribution coefficient for 2007–2012 divided into object classes.

[R. Mazur based on HofSFS statistical data]

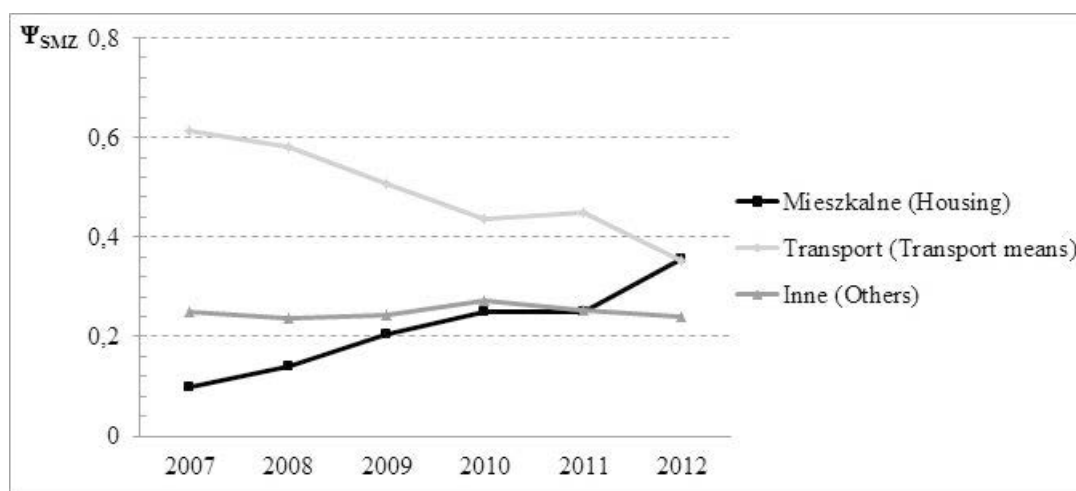


Ryc. 8. Średnie wartości współczynnika częstości ofiar śmiertelnych w MZ za lata 2007–2012 wg kategorii obiektów.

[R. Mazur na podstawie danych statystycznych KGSP]

Fig. 8. Mean of local emergencies fatalities frequency distribution coefficient for 2007–2012 divided into object classes.

[R. Mazur based on HofSFS statistical data]

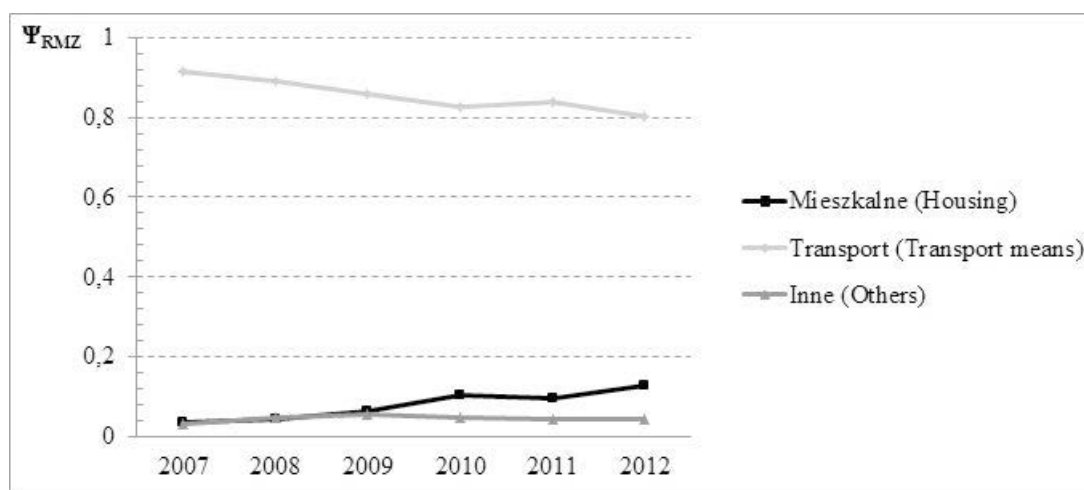


Ryc. 9. Współczynniki rannych MZ wybranych klas obiektów w funkcji lat.

[R. Mazur na podstawie danych statystycznych KGPS]

Fig. 9. Local emergencies injured coefficient in selected object class per year.

[R. Mazur based on HofSFS statistical data]



Ryc. 10. Współczynniki ofiar śmiertelnych MZ wybranych klas obiektów w funkcji lat.

[R. Mazur na podstawie danych statystycznych KGPS]

Fig. 10. Local emergencies fatalities coefficient in selected object class per year.

[R. Mazur based on HofSFS statistical data]

Wyniki badań jednoznacznie wskazują, że poszkodowani występują głównie w środkach transportu, mieszkalnictwie i innych obiektach. Czy zauważalne są trendy zmian liczby poszkodowanych w poszczególnych latach? Na rycinach 9, 10 zagregowano wartości Ψ_{RMZ} , Ψ_{SMZ} w funkcji kolejnych lat. Zauważamy na nich wyraźny spadek poszkodowanych w transporcie przy rosnącej liczbie rannych i śmiertelnych w mieszkalnictwie. W przypadku transportu obliczono, że w 2012 roku nastąpił 12-proc. spadek wartości Ψ_{RMZ} (z 0,91 do 0,8) oraz 42-proc. spadek Ψ_{SMZ} (z 0,61 do 0,35) w stosunku do roku 2007. Odwrotną sytuację zauważa się dla „mieszkańców”. Analogicznie odnotowano 290-proc. wzrost wartości Ψ_{RMZ} z 0,03 (1153 z 35162 rannych w roku) do 0,13 (5987 z 46867) oraz 257-proc. wzrost Ψ_{SMZ} z 0,1 (354 z 3554) do 0,36 (1741 z 4893). War-

tości wskaźników dla innych obiektów są pomijalnie małe (Ryc. 9, 10).

5. Podsumowanie

Celem artykułu było udzielenie odpowiedzi na pytania dotyczące tendencji zmian liczby MZ, częstości ich występowania, jak również współczynników wypadkowości klas obiektów użyteczności publicznej, mieszkalnych, produkcyjnych, środków transportu, lasów, upraw i rolnictwa, innych na przestrzeni 2007–2012.

Wnioski z analizy statystycznej wskazują na malejącą w ostatnich trzech latach ilość zdarzeń, podczas gdy bezwzględna liczba rannych i ofiar śmiertelnych (nieodniesiona do liczby zdarzeń) stale rośnie (za wyjątkiem rannych w 2012). W 2012 roku nastąpił 33-proc. bezwzględny wzrost rannych i 38-

proc. ofiar śmiertelnych w stosunku do roku 2007. Zdecydowanie niekorzystniej przedstawiają się względne współczynniki rannych i ofiar śmiertelnych (odniesione do liczby zdarzeń). Na przestrzeni 2007–2012 zwiększyły się one o blisko 55% (ranni) i 60% (ofiary śmiertelne).

Blisko 89% MZ pojawia się w klasach inne obiekty (39%), mieszkalnictwo (31%), środki transportu (20%). Ich liczba generowana jest głównie przez interwencje związane z usuwaniem skutków anomalii pogodowych (wiatrołomy, intensywne opady deszczu), pomocą Policji (otwarcie mieszkania, zabezpieczenie działań dot. niepełnosprawnych), uwalnianiem osób z mieszkań, wind, podejrzeniem zatrucia tlenkiem węgla oraz wypadkami w komunikacji drogowej, kolejowej i lotniczej.

O ile częstość występowania zdarzeń w środkach transportu plasuje się dopiero na trzecim miejscu, o tyle częstość pojawiania się w nich ofiar śmiertelnych osiąga blisko 50%, a rannych 87%. Oznacza to, że co druga ofiara śmiertelna oraz blisko dziewięć na dziesięć osób rannych w MZ pojawia się właśnie w środkach transportu. Niewielki udział rannych przypada na mieszkalnictwo (7%) i inne obiekty (4%). Wysokie wskaźniki śmiertelności odnotowuje się również w innych obiektach – 25% i mieszkalnictwie – 22%. Biorąc pod uwagę fakt, że liczba i stan uszkodzonych zarejestrowanych w raportach PSP określane są od momentu przybycia pierwszej JOP do momentu zakończenia działań JOP, można domniemywać, że z chwilą przyjęcia wspólnego międzyresortowego mechanizmu kwalifikacji uszkodzonych ich liczba zdecydowanie wzrosła.

Optymistyczny akcent to 12-proc. (ranni) i 42-proc. (ofiary śmiertelne) spadek względnego współczynnika rannych (liczba rannych klasy obiektów odniesiona do ogólnej liczby rannych) w środkach transportu (2012 w stosunku do 2007). Odwrotną sytuację zauważa się dla obiektów mieszkalnych. Analogicznie odnotowano 290-proc. (ranni) i 257-proc. (ofiary śmiertelne) wzrost wartości współczynnika. Niepokojący wzrost uszkodzonych skłania do przeprowadzenia bardziej szczegółowych badań. Działania prowadzone przez służby ratownicze nie są powtarzalne, tak jak niepowtarzalne jest każde zdarzenie. Przedstawienie liczby uszkodzonych na przestrzeni kilku ostatnich lat za pomocą wskaźników ma jedynie charakter poglądowy, ukazujący jedynie tendencje zmian, a nie jakość prowadzonych działań ratowniczych. Szczegółowa analiza zdarzeń wraz z przedstawieniem kilku największych pod względem ilości uszkodzonych mogłaby w większym stopniu ukazać zakres działań ratowniczych podczas miejscowych zagrożeń wraz z problemami, na jakie trafiają strażacy i ratownicy.

Wnioski przedstawione w artykule i te wynikające z publikacji [1] jednoznacznie wskazują, jak ważną problematykę stanowią zagrożenia pożarowe, miejscowe zagrożenia w klasie obiektów mieszkalnych. W kolejnych artykułach zaprezentowane zostaną wyniki badań przestrzennego rozkładu pożarów obiektów mieszkalnych z wykorzystaniem systemu informacji przestrzennej (GIS). Dodatkowo, analizie poddano przypuszczalne przyczyny powstania pożarów. Całość badań przeprowadzona została na przykładzie m.st. Warszawa.

Literatura

1. Mazur R., Kwasiborski A., *Ocena stopnia bezpieczeństwa w aspekcie statystyk zdarzeń za lata 2007-2012. Pożary*, BiTP, Vol. 30 Issue 2, 2013.
2. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego [Dz. U. z 2011, Nr. 46, poz. 239 z póź. zm.].
3. Zespół KG PSP, *Zasady ewidencjonowania zdarzeń w zmodernizowanym Systemie Wspomagania Decyzji – ST*, Warszawa, 2012.
4. McIntyre C., Lundqvist M., Hedman U., *Statistics and Analysis. The Swedish Rescue Services in Figures (2008)*, Swedish Civil Contingencies Agency, 2010.
5. Department for Communities and Local Government, *Incident Recording System, Questions and lists*, Wielka Brytania, Londyn 2012.
6. Department for Communities and Local Government, *IRS Help and Guidance*, Wielka Brytania, Londyn 2012.
7. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Ochronie Przeciwożarowej (Dz. U. z 1991, Nr 81, poz. 351 z póź. zm.).
8. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (Dz. U. z 1994, Nr 89, poz. 414 z póź. zm.).
9. Mazur M., *Analiza prawna interwencji Jednostek Ochrony Przeciwożarowej w wybranych zdarzeniach*, Ożarów Mazowiecki 2012, materiały niepublikowane.
10. Mazur R., *Badanie zakresu implementacji i stopnia wspomagania systemu „SWD-ST” na poziomie powiatu (miasta)*, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, CNBOP-PIB 4/2010.
11. Abakus Systemy Teleinformatyczne Sp. z o.o., *Podręcznik użytkownika Systemu SWD-ST 2.5*, Bielsko-Biała 2012.
12. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 29 grudnia 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego. *Instrukcja w sprawie zasad sporządzania i obiegu dokumentacji zdarzeń* (Dz. U. z 1999 Nr 111, poz. 1311 z póź. zm.).

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

st. kpt. mgr inż. Marek Marzec – absolwent Dziennych Studiów Inżynierskich Szkoły Głównej Służby Pożarniczej (2001) oraz Uzupełniających Studiów Magisterskich na Wydziale Ekonomiki i Organizacji Ratownictwa Wyższej Szkoły Ubezpieczeń i Bankowości (2003). Absolwent studiów podyplomowych „Bezpieczeństwo Procesów Przemysłowych” Politechniki Łódzkiej (2007). Obecnie doktorant Akademii Obrony Narodowej na Wydziale Zarządzania i Dowodzenia. W latach 2001–2007 dowódca sekcji JRG Tomaszów Maz. oraz specjalista w Wydziale Operacyjnym KW PSP w Warszawie. Od 2008 roku starszy specjalista w Krajowym Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej, gdzie prowadzi nadzór nad prawidłowością danych zawartych w Systemie Wspomagania Decyzji.

st. kpt. mgr inż. **Damian SALETA**¹
mgr inż. **Izabela TEKIELAK-SKAŁKA**²
prof. dr hab. inż. **Robert SEKRET**³

Przyjęty/Accepted: 17.06.2013; Zrecenzowany/Reviewed: 12.08.2013; Opublikowany/Published: 30.09.2013

SPRAWDZENIE PRZYDATNOŚCI PROGRAMU FDS PRZY OCENIE ROZWOJU POŻARU MIESZKANIA DOSZCZELNIONEGO

Checking the Suitability of FDS Program in Fire Spread Assessment of Insulated Flat

Streszczenie

W artykule przedstawiono wyniki oraz ocenę zgodności symulacji komputerowej pożaru modelowanego przy użyciu programu FDS w porównaniu z wynikami badań pożaru mieszkania doszczelnionego otrzymanych w warunkach eksperymentalnych. Badania przeprowadzono w budynku mieszkalnym w Bytomiu – ich celem była ocena wpływu szczelności pomieszczenia na rozwój pożaru. Przeprowadzone badania umożliwiły przyjęcie wiarygodnych i poprawnych założeń do scenariusza pożarowego oraz stanowiły bazę do wprowadzenia danych wejściowych do modelu. Po przeprowadzeniu analizy wykonanej symulacji pożaru oraz wyników pomiarów uzyskanych w skali rzeczywistej odnotowano różnicę w zakresie uzyskanych wartości ciśnienia i temperatury w punkcie T1 i T3, natomiast wartość temperatury w punkcie T2 oraz stężenie tlenu są zbliżone ze stanem faktycznym.

Summary

This paper presents the results and the compliance assessment of computer simulation of the modeled fire with the usage of FDS program. The obtained results were compared with test results obtained under experimental conditions of fire in well-insulated apartment. The purpose of the tests, which was carried out in a residential building in Bytom, was to evaluate the influence of air tightness of a room on the development of fire. The tests allowed to make reliable and correct assumptions for fire scenario and they constituted the base for entering the input data for the model. The analysis of the simulations and the results of measurements in real scale showed the difference in the obtained values of pressure, temperature at points T1 and T3, however, consistent with the temperature at point T2 and oxygen concentration.

Słowa kluczowe: pożary wewnętrzne, badania pożarów mieszkalnych w skali rzeczywistej, komputerowe modelowanie pożarów;

Keywords: compartment fires, full scale fire tests, CFD modeling;

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy;

Type of article: original scientific article;

1. Wstęp

W ostatnich latach w Polsce nastąpiło pewne przewartościowanie o charakterze jakościowym

w procesie termomodernizacji budynków. Szczególnie widocznymi przedsięwzięciami w tym zakresie są [5]:

- obniżanie strat ciepła przez przegrody pełne, gdzie najczęściej wykonywaną metodą jest izolacja cieplna powierzchni zewnętrznych z płyt ze styropianu lub z wełny mineralnej/drzewnej,

¹ Komenda Miejska Państwowej Straży Pożarnej w Bytomiu, Jednostka Ratowniczo-Gaśnicza, ul. Strażacka 3 41-902 Bytom, Polska; saleta@wp.pl; wkład merytoryczny – 45% / The Municipal Headquarters of the State Fire Service in Bytom, Rescue and Firefighting Unit [editor's own translation] Poland; percentage contribution – 45%;

² Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Pożarnictwa, Oddział Katowice; 40-042 Katowice, ul. Wita Stwosza 36; Polska; wkład merytoryczny – 45% / The Association of Firefighting Engineers and Technicians. Division in Katowice [editor's own translation]; Poland; percentage contribution - 45%;

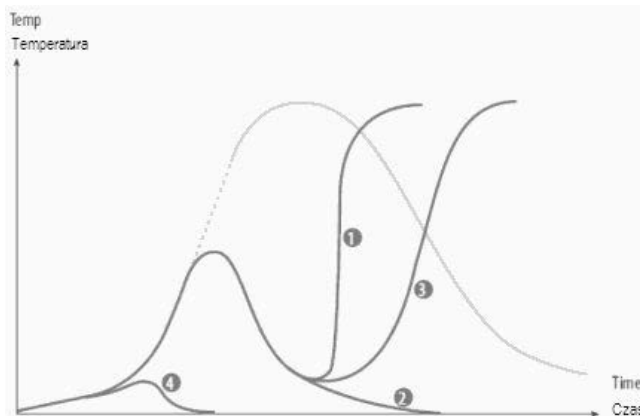
³ Politechnika Częstochowska, Wydział Inżynierii Środowiska i Biotechnologii, Samodzielny Zakład Ogrzewnictwa, Wentylacji i Klimatyzacji, ul. Brzeźnicka 60A, 42-200 Częstochowa; Polska; wkład merytoryczny – 10% / Częstochowa University of Technology, Faculty of Environmental Engineering and Biotechnology [editor's own translation], Poland; percentage contribution - 10%;

- obniżanie strat ciepła przez przenikanie przez okna. Najczęściej stosuje się wymianę okien na okna o wyższej izolacyjności cieplnej szyb i ościeżnic, zwykle wykonywane z PCW,
- dostosowywanie strumienia powietrza wentylacyjnego do rzeczywistych potrzeb poprzez stosowanie wentylacji mechanicznej według odpowiednich rozwiązań projektowych.

W przypadku starych budynków szczelność powietrzna była niewskazana, bowiem zapewnienie znacznej infiltracji powietrza pozwalało na prawidłowe działanie powszechnie stosowanej wentylacji grawitacyjnej. Obecnie w Polsce funkcjonują pewne nieobligatoryjne wymogi [3] określające przepuszczalność powietrzną budynków przy pomocy różnych metod, np. ciśnieniowy pomiar z użyciem wentylatora lub użycie kamery termowizyjnej. Tymczasem nieprawidłowo wykonany proces termomodernizacji w połączeniu z nieprawidłowo działającą wentylacją stanowi podczas pożaru śmiertelne zagrożenie dla użytkowników mieszkań.

Wśród różnych czynników wpływających na rozwój pożaru niewątpliwie duże znaczenie ma ciśnienie oraz stężenie tlenu wewnątrz pomieszczenia. Na te dwa czynniki wpływa m.in. różnica wartości temperatury pomiędzy powietrzem zewnętrznym a wewnętrznym, przepływ gorących gazów, bądź zahamowanie ich rozszerzalności cieplnej w strefie objętej pożarem, wiatr dostający się przez istniejące w budynku otwory i nieszczelności, czy też rodzaj zastosowanej wentylacji. Duża liczba zmiennych, a także nieznanymi i trudnych do ustalenia wielkości wynikających z różnorodności przebiegu pożaru wpływa na konieczność przyjęcia pewnych ustaleń co do celu przyjętych badań i analizy wybranych parametrów. Jednym z narzędzi do określania przebiegu pożaru według przyjętych założeń są komputerowe symulacje pożarów tworzone przy użyciu specjalistycznego oprogramowania opartego na metodach obliczeniowych numerycznej mechaniki płynów (*Computational Fluids Dynamic – CFD*). Każdy pożar charakteryzują takie wielkości jak: czas jego trwania, temperatura i intensywność wymiany gazowej, powierzchnia pożaru, liniowa prędkość rozprzestrzeniania, moc pożaru, gęstość zadymienia, masowa szybkość spalania. Jakakolwiek zmiana któregoś z tych parametrów powoduje zmianę pozostałych, te z kolei wpływają na parametr będący przyczyną tej zmiany [2]. Innym istotnym czynnikiem wpływającym na rozwój pożaru jest szczelność przestrzeni objętej pożarem. Jeżeli rozważana przestrzeń jest szczelna, może to prowadzić do gwałtownego wzrostu ciśnienia spowodowanego pożarem w tej przestrzeni, a tym samym ograniczenia możliwości napływu tlenu. Może to z kolei prowadzić do ograniczenia rozwoju pożaru, a nawet

jego samoczynnego wygaśnięcia. Ograniczenie ilości tlenu wiąże się również ze wzrostem toksyczności pożaru. Brak wystarczającej ilości tlenu powoduje, że materiały palne spalają się niezupełnie, co prowadzi do zwiększenia ilości tlenku węgla oraz palnych związków lotnych w dymie pożarowym.



Ryc. 1. Krzywa wzrostu pożaru przedstawiająca typowe rodzaje zachowań pożaru kontrolowanego przez wentylację [1]:

- 1 – możliwość wystąpienia zjawiska *backdraft* tj. bardzo szybkiego zapłonu gazów pożarowych i wybuchu płomieni za zewnątrz pomieszczenia,
- 2 – nagłe zgaśnięcie z powodu braku tlenu,
- 3 – zapalenie gazów pożarowych na skutek dopływu powietrza po otwarciu drzwi przez strażaków,
- 4 – przy swobodnym dostępie powietrza występuje zbyt małe obciążenie ogniowe, by wystąpiło zjawisko *flashover*.

Fig. 1. Curve of fire development presenting typical types of fire behavior controlled by ventilation [1].

- 1 – the possibility of *backdraught*,
- 2 – the fire spontaneously goes out due to a lack of oxygen,
- 3 – the smoke gases ignition as a consequence of air flow coming into the room after opening the door by firefighters,
- 4 – by the normal air flow the total fire load is small, which means that the fire does not release sufficient heat to cause a *flashover*.

2. Cel badań oraz przyjęte założenia

W dniu 20 września 2012 roku przeprowadzono w Bytomiu dwuetapowy eksperyment (test pożarowy), którego celem było zbadanie przebiegu pożaru w dwóch lokalach mieszkalnych o takim samym układzie przestrzennym. Pierwszy test odbył się w lokalu o podwyższonym stopniu szczelności, natomiast drugi w lokalu rozszczelnionym. Jednym z założeń przyjętych do badań była ocena zgodności modelowania pożaru przy zastosowaniu różnych programów numerycznej mechaniki płynów CFD [6], w tym FDS (*Fire Dynamics Simulator*) z wynikami rzeczywistego pożaru o ograniczonym dostępie tlenu.

W celu sprawdzenia przydatności programu FDS w niniejszym artykule porównano wyniki otrzymane w skali rzeczywistej dla pożaru doszczelnionego z wynikami uzyskanymi przy zastosowaniu programu PyroSim, będącego graficznym interfejsem użytkownika dla środowiska FDS. Ocena wiarygodności modeli pożarów jest niezwykle trudna, wymagająca specjalistycznej wiedzy i zrozumienia m.in. wielu uproszczeń obliczeniowych używanych przez programy CFD. Jednym z uproszczeń modelu matematycznego programu FDS jest model spalania z nieograniczonym dostępem tlenu. Mając to na uwadze, zweryfikowano dokładność prowadzonej symulacji w odniesieniu do wartości ciśnienia, temperatury, a także stężenia tlenu.

2.1. Charakterystyka miejsca badań

Miejszem badań był nieistniejący obecnie budynek mieszkalny położony w Bytomiu przy ul. Pocztowej, w dzielnicy Karb. Charakterystyka budynku:

- 5-kondygnacyjny, w zabudowie segmentowej (4 klatki schodowe), wzniesiony w 1976 roku, wykonany w technologii płyty żelbetowej prefabrykowanej oraz betonu komórkowego szarego;
- z uwagi na powstałe szkody tj. spękania, zarysowania ścian, zniszczenie dylatacji, spowodowane wpływem eksploatacji górniczej budynek został wyłączony z użytkowania i przeznaczony do wyburzenia.

Badania przeprowadzone zostały w narożnym segmencie budynku o numerze 15, zamykającym ciąg zabudowy przy ul. Pocztowej 5-15.



Ryc. 2. Widok budynku mieszkalnego przy ul. Pocztowej 15 w Bytomiu przewidzianego do testów pożarowych (przed etapem usunięcia płyt elewacyjnych zawierających azbest, lipiec 2012 r.)

Fig. 2. Residential building used for the fire tests (picture taken before the removal of cladding panels containing asbestos, July 2012)

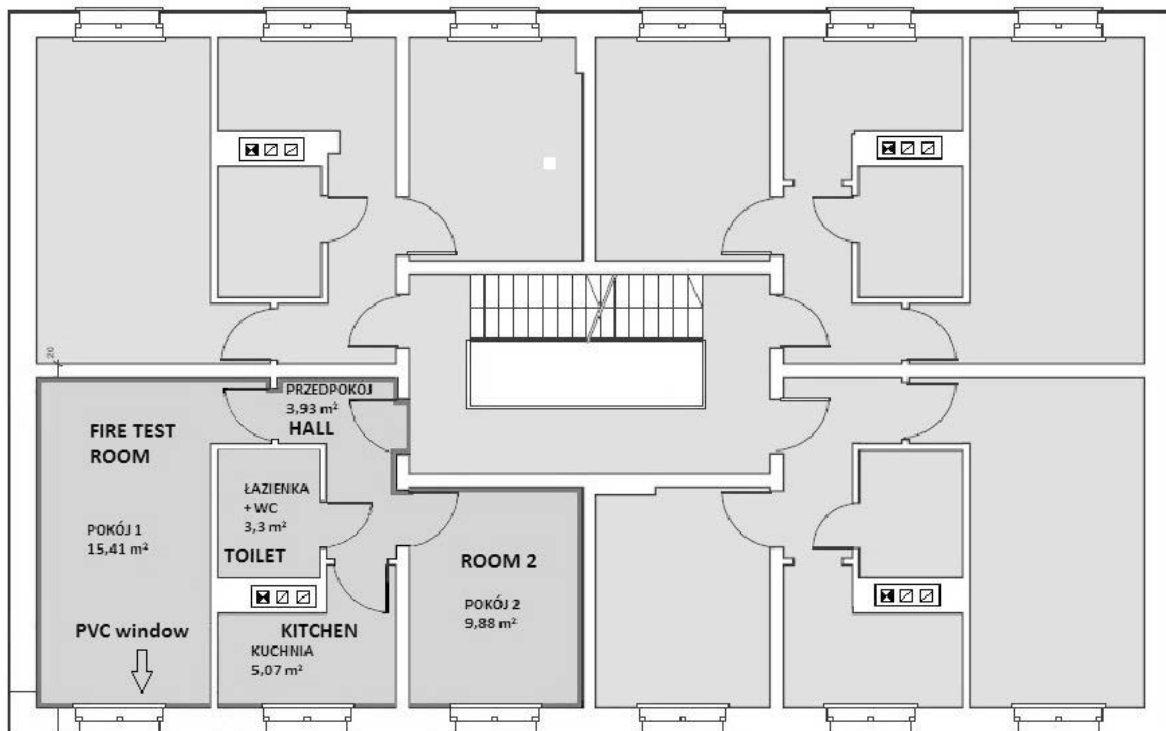
Test pożarowy dla mieszkania doszczelnionego przeprowadzono na IV piętrze w lokalu nr 19 o pow. 36,56 m². Kubatura pomieszczenia wynosiła 91,4 m³. Źródło pożaru zlokalizowane było w pokoju wypoczynkowym o pow. 15,41 m². Test pożarowy został przeprowadzony w godz. od 12.17 do 12.47. Mieszkanie składało się z dwóch pokoi, kuchni, łazienki oraz przedpokoju.

W trakcie trwania pierwszego testu pożarowego (dla mieszkania doszczelnionego) drzwi do mieszkania oraz do wejścia na klatkę schodową znajdowały się w pozycji zamkniętej, natomiast drzwi wewnętrzne w mieszkaniu były w pozycji uchylonej. Stanowisko pomiarowe do bieżącej rejestracji wyników badanego pożaru umieszczono w mieszkaniu znajdującym się poniżej, bezpośrednio pod pokojem.

2.2. Metodyka prowadzonych badań

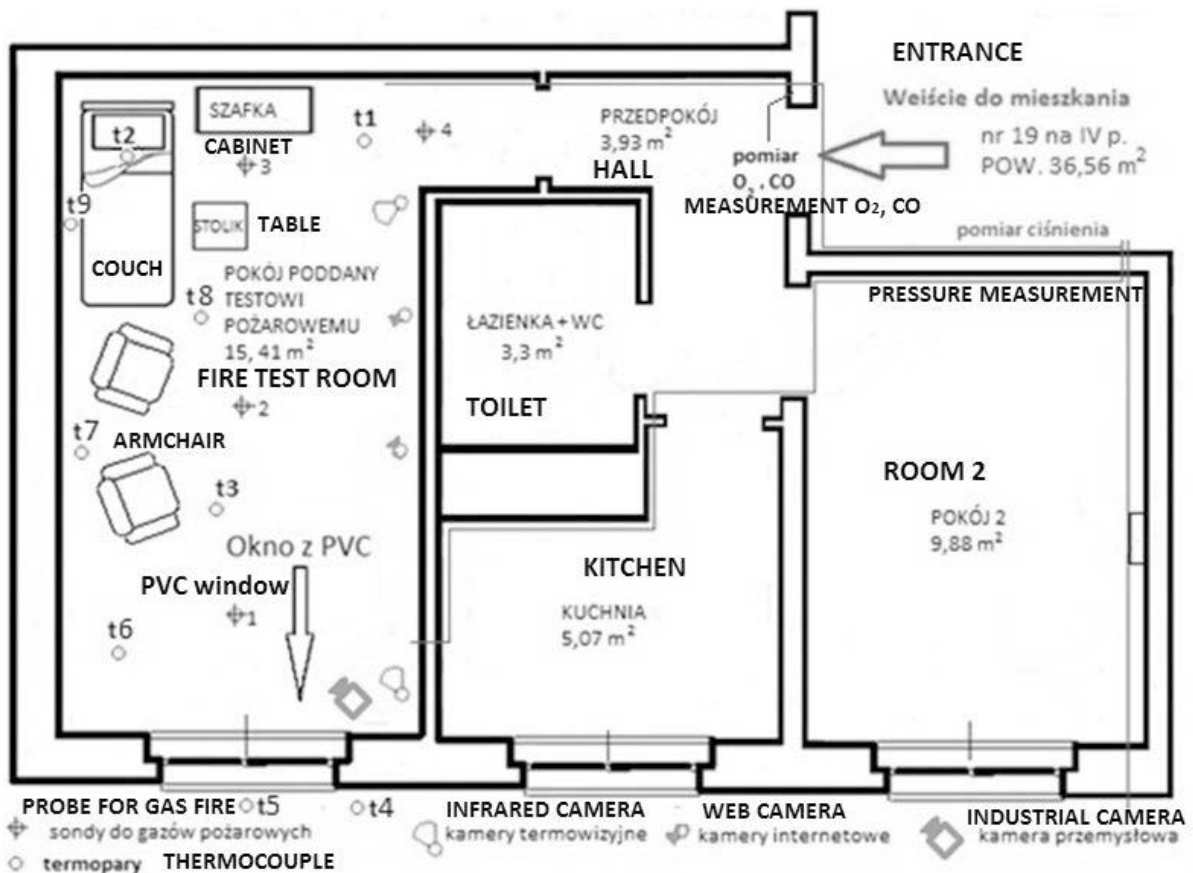
Podczas przeprowadzonych testów pożarowych badano m.in.:

- stężenia gazów pożarowych przy użyciu jedno- i wielokanałowych analizatorów gazów, chromatografów gazowych oraz aparatury pomocniczej. W tym celu w pokoju, gdzie zlokalizowane było miejsce pożaru, umieszczono cztery sondy próbnobiorcze:
 - jedna przy podłodze na wysokości 90 cm – sonda nr 2,
 - dwie na wysokości 160 cm – sonda nr 1 i 3,
 - jedna pod stropem (sufitem) na wysokości 230 cm – sonda nr 4.
- temperaturę, która rejestrowana była w pomieszczeniu objętym pożarem, przy użyciu dwóch kamer termowizyjnych oraz ogółem przez 9 termopar i drzew termopar, w tym: 7 termopar wewnątrz pomieszczenia i 2 termopary na zewnątrz budynku.
 - Termopary t1 oraz t2 zamocowane zostały na wysokości 200 cm od podłogi.
 - Termopara t3 zamieszczona została na wysokości 150 cm od podłogi.
 - Termopara t4 i drzewo termopar t5 z 3 punktami pomiarowymi – mierzyły parametry otoczenia zewnętrznego przy oknie.
 - Drzewa termopar t6, t7, t8, t9 z 8 punktami pomiarowymi na wysokości 100 cm, 130 cm, 160 cm, 180 cm, 200 cm, 220 cm, 230 cm, 240 cm od podłogi.
- warunki meteorologiczne, przy użyciu przenośnej stacji meteorologicznej, umieszczonej na dachu budynku,



Ryc. 3. Rzut poziomy 5-tej kondygnacji budynku z zaznaczeniem lokalu mieszkalnego nr 19 (doszczelnionego)

Fig. 3. Floor plan of 5th storey with location of experimental compartment no. 19 (sealed)



Ryc. 4. Przykład rozmieszczenia drzew termopar, metalowych sond do pomiaru gazów pożarowych oraz kamer w mieszkaniu doszczelnionym

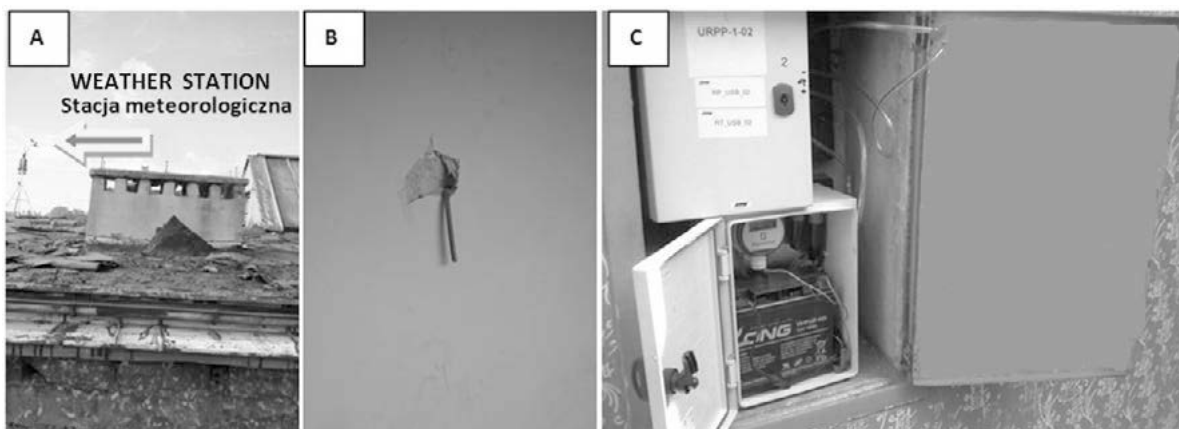
Fig. 4. The example of the distribution of thermocouples, metal probes for measuring fire gases as well as cameras in a sealed residential unit

- doszczelniono mieszkanie nr IV piętrze, poprzez:
 - zamontowanie nowego okna PVC,
 - uszczelnienie przepustów instalacyjnych ogniochronną pęczniejącą masą uszczelniającą oraz innych występujących otworów taśmami uszczelniającymi.
- pomiary szczelności obu pomieszczeń wykonano w przeddzień badań metodą „Blower Door Test”, Test Standard Modell 4 EN 13829.
 - np. współczynnik godzinowej krotności wymian powietrza n_{50} dla pomieszczenia doszczelnionego wyniósł 5,8 [h^{-1}], a przepuszczalność powietrzna $q_{50} = 5,7 [m^3/m^2 h]$ przy 50 Pa.



Ryc. 5. Przykład umieszczenia drzewa termopar. Wzdłuż okna PVC na zewnątrz oraz przy spalonym fotelu po wykonanym teście pożarowym

Fig. 5. The example of thermocouples distribution – along PVC window and near burnt down armchair after fire test



Ryc. 6. Widok ustawionej stacji meteorologicznej na dachu budynku (A); Sondy do pomiaru ciśnienia w jednym z pomieszczeń (B); Przenośny rejestrator parametrów powietrza oraz do pomiaru ciśnienia (C)

Fig. 6. Weather station positioned on the roof of the building (A); Probes for pressure measurements in one of the rooms (B); Portable recorder of air parameters and pressure measurement (C)



Ryc. 7. Miejsce i źródło zapłonu

Fig. 7. Place and source of ignition

Tabela 1.

Zestawienie materiałów palnych znajdujących się w badanych mieszkaniach [4]

Table. 1.

List of flammable materials in tested flats [4]

Zestawienie materiałów List of materials				
Wypożyczenie/ Equipment	Element/ Parts	Material/ Material	Gęstość kg/m³ Density	Ciepło właściwe kJ/(kg*K)/ Specific heat
Tapczan Couch	Spód Bottom	Drewno Wood	640	2,85
	Materac Mattress	Pianka Foam	28	1,7
		Poliester Polyester	1200	1,256
		Akryl Acrylic	1040	1,507
Fotel Armchair	Oparcie The back	Pianka Foam	28	1,7
		Poliester Polyester	1200	1,256
		Akryl Acrylic	1040	1,507
	Poręcz Railing	Drewno Wood	640	2,85
	Stelaż Frame	Stal Steel	7850	0,46
Meblościanka Cabinet		Drewno Wood	640	2,85
Stolik Table	Blat i Obrus Top and Tablecloth	Drewno Wood	640	2,85
		Poliester Polyester	1200	1,256
	Nogi Legs	Drewno Wood	640	2,85
Koc blanket		Poliester Polyester	1200	1,256
Pościel, poduszka bedding, pilow		Bawełna Cotton	74	1,3
Spodnie Trousers		Bawełna Cotton	330	1,3
Sweter Pullover		Wełna Wool	225	1,88
Makulatura Waste paper	Czasopisma, gazety Journals, papers, magazines	Papier Paper	900	1,42

Do zainicjowania zapłonu posłużył:

- stosik z drewna świerkowego z gazikiem nasączonym 96% alkoholem etylowym, wykonany wg brytyjskiej normy BS 5852 „wood crib 7”.
- palnik do lutowania z jednorazowym pojemnikiem z mieszaniną gazów propan/butan (35% propan, 65% butan).

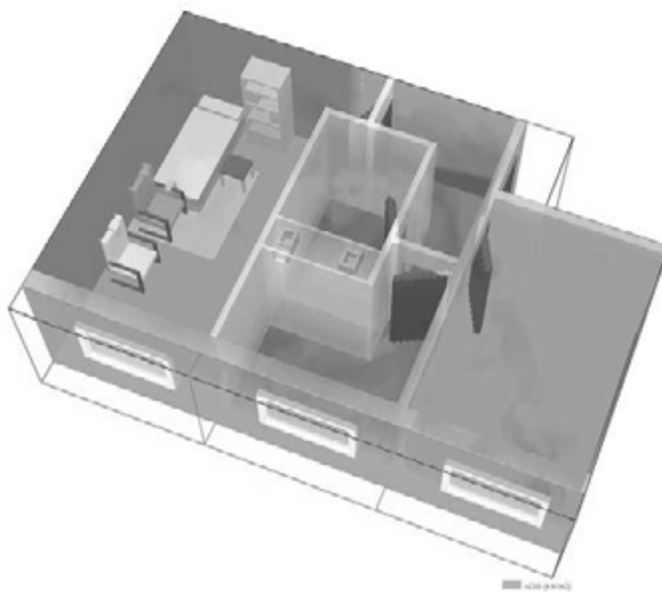
3. Komputerowe modelowanie rozwoju pożaru przy użyciu programu FDS

Znając przebieg rozwoju pożaru w mieszkaniu rzeczywistym, przystąpiono do próby odwzorowania jego przebiegu za pomocą symulacji komputerowych. Analizę rozwoju pożaru przeprowadzono w programie FDS, w którym zbudowano model numeryczny całego analizowanego mieszkania testowego składającego się z dwóch pokoi, kuchni, łazienki oraz przedpokoju. Nieszczelności mieszkania zamodelowano jako otwory zlokalizowane w dolnej i górnej części drzwi oraz okien. W modelu odwzorowano również wyposażenie pokoju, w którym zainicjowano pożar, składające się z dwóch foteli, tapczanu wraz z pościelą i kocem, stolika oraz meblościanki. Wszystkie elementy wyposażenia charakteryzowały się właściwościami odpowiadającymi właściwościom materiałów użytych w rzeczywistości.

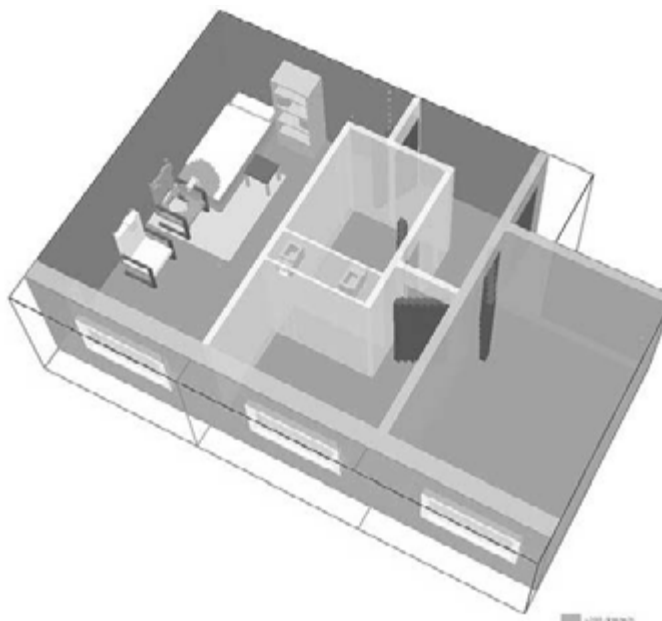
W celu odwzorowania pożaru testowego na powierzchni jednego z foteli utworzono powierzchnię „Burner” (powierzchnia płonąca). W analizie założono, że ilość ciepła oddawana przez tę powierzchnię będzie odpowiadała ilości ciepła wydzielanej podczas spalania stosika z drewna użytego do zainicjowania pożaru rzeczywistego i będzie równa 2210 kJ. Założono również, że ciepło będzie oddawane przez tę powierzchnię w okresie 390 s ze stałą intensywnością. Analiza numeryczna przeprowadzona dla tych założeń wykazała, że warunek brzegowy „Burner” nie jest w stanie spowodować zapłonu otaczających go materiałów palnych. Po przeanalizowaniu wyników otrzymanej symulacji stwierdzono, że ciepło wydzielane przez powierzchnię płonąca oddawane jest do pomieszczenia głównie poprzez konwekcję, z minimalnym udziałem promieniowania [4].

W celu weryfikacji otrzymanych wyników stworzono drugi model obliczeniowy, do którego ciepło oddawane było z wykorzystaniem warunku „Heater” – powierzchni grzejnych znajdujących się na bokach małego prostopadłościanu imitującego rzeczywiste źródło zapłonu. Zastosowane powierzchnie grzejne miały za zadanie oddać do pomieszczenia testowego taki sam strumień ciepła i w takim samym czasie, jak zakładana wcześniej powierzchnia „Burner”. Zmiana ustawień znacząco wpłynęła na przebieg modelowanego pożaru, pozwalając na zapłon materiałów znajdujących się w pomieszczeniu. Podczas przeprowadzonej analizy spaleni uległ fo-

tel i część łóżka, co dało wyniki zbliżone do rezultatu otrzymanego w warunkach rzeczywistych [4].

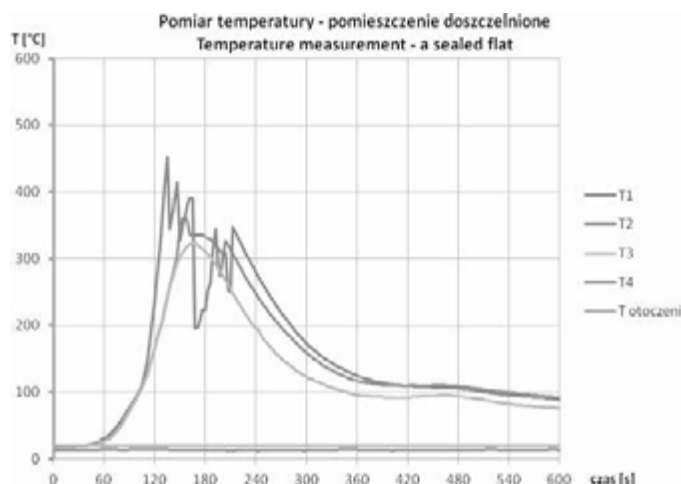


Ryc. 8. Geometria modelu obliczeniowego. Widok pierwszego modelu obliczeniowego po czasie 900 s
Fig. 8. Geometry of the CFD model. First CFD model after 900 seconds



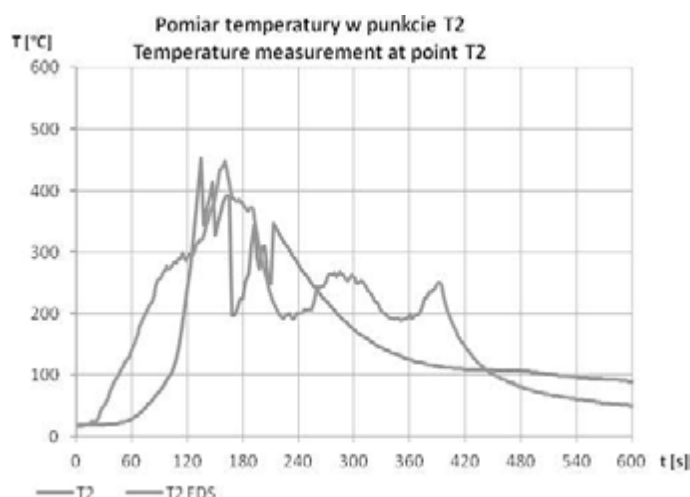
Ryc. 9. Widok drugiego modelu obliczeniowego po czasie 900 s. Spaleniu uległ fragment łóżka oraz fotel
Fig. 9. Second CFD model after 900 seconds. Part of the bed and the armchair was charred

Podczas analizy komputerowej monitorowano temperaturę w trzech punktach pomiarowych T1, T2 i T3, ciśnienie oraz stężenie tlenu i tlenku węgla. Pomiarzy prowadzono w punktach odpowiadającym ich rzeczywistej lokalizacji.



Ryc. 10. Wykres przedstawiający pomiar temperatury w punkcie T1, T2, T3, T4 dla mieszkania doszczelnionego.

Fig. 10. Chart presenting temperature measurement at point T1, T2, T3, T4 for a sealed flat



Ryc. 11. Wykres przedstawiający wyniki obliczeniowe T2 FDS i rzeczywiste T2 temperatury (termopara T2 umieszczona pomiędzy tapczanem a fotelem)

Fig. 11. Chart presenting computational results T2 FDS and real results for temperature (thermocouple T2 positioned between the bed and the armchair)



Ryc. 12. Wykres przedstawiający obliczeniowy i rzeczywisty rozkład stężenia tlenu w pomieszczeniu przedpokoju w okresie 5 min

Fig. 12. Chart presenting computational and real layout of oxygen concentration in a hall within 5 minutes



Ryc. 13. Wykres przedstawiający obliczeniowy i rzeczywisty rozkład ciśnienia w mieszkaniu doszczelnionym w okresie 10 min

Fig. 13. Chart presenting computational and real layout of pressure in sealed flat within 10 minutes

Po przeprowadzeniu obliczeń stwierdzono, że otrzymane w trakcie analizy numerycznej temperatury utrzymują się na poziomie zbliżonym do temperatur zmierzonych w trakcie eksperymentu w skali rzeczywistej. Dla przykładu termopara T2 w obu przypadkach wskazywała wartość maksymalną równą ok. 450°C, osiągniętą w zbliżonym czasie. Temperatury mierzone w pozostałych punktach pomiarowych były już mniej zbieżne, tj. dla termopary w punkcie T1 program wyliczył wartość temperatury na 400°C a dla punktu T3 na poziomie 440°C, podczas gdy w pożarze rzeczywistym maksymalna temperatura w punkcie T1 osiągnęła wartość 362,6°C, a dla punktu T3 wartość ta wyniosła 322,8°C. Stężenie tlenu monitorowane w trakcie obliczeń zmieniało się proporcjonalnie do zmian w trakcie pomiarów rzeczywistych. Program FDS przyjął domyślnie wartość obliczeniową stężenia tlenu na poziomie 23%, co przedstawia ryc. 16. W przeprowadzonej symulacji osiągnięto także zbliżoną do warunków rzeczywistych szybkość rozprzestrzeniania się warstwy dymu. Największe różnice pomiędzy obliczeniami numerycznymi oraz pomiarami w skali rzeczywistej wystąpiły w trakcie pomiaru ciśnienia. W trakcie pomiarów odnotowano wzrost ciśnienia przekraczający 100 Pa, natomiast obliczenia w programie FDS/PyroSim dały wzrost do ok. 60 Pa [10].

Na otrzymane wyniki z pewnością wpływ miały wszystkie poczynione założenia, zarówno dotyczące właściwości materiałów, wielkości nieszczelności w modelu, jak i ustawienia samego źródła zapłonu. Jednak otrzymane wyniki pozwalają stwierdzić, że wartości otrzymane w trakcie symulacji w programie FDS pozwalają na przybliżoną ocenę rozwoju pożaru w szczelnym pomieszczeniu.



Ryc. 14. Widok miejsca pożaru w mieszkaniu doszczelnionym – przed wykonaniem testu pożarowego.

Fig. 14. Experimental set-up in a sealed flat – before fire test



Ryc. 15. Widok miejsca pożaru w mieszkaniu doszczelnionym – po wykonaniu testu pożarowego

Fig. 15. A sealed flat after fire test

4. Wnioski

Po analizie wykonanej symulacji pożaru, a także wyników pomiarów uzyskanych w skali rzeczywistej wysunięto następujące wnioski:

- zarówno podczas badania pożaru w pełnej skali, jak i w przeprowadzonej symulacji doszło do samoczynnego wygaśnięcia pożaru,
- odnotowane stężenie tlenu w pożarze rzeczywistym w pomieszczeniu przedpokoju w 3. minucie 12. sekundzie wyniosło 10,6%, co jest zbliżone z wynikami symulacji,

- wartość temperatury otrzymana w punkcie T2, tj. na poziomie 200 cm od podłogi, w 135. sekundzie pożaru rzeczywistego osiągnęła poziom 452,6°C, czyli prawie ten sam poziom, co obliczona wartość 450°C,
- w porównaniu z pożarem rzeczywistym nie uzyskano zbieżności obliczonej wartości temperatury ze stwierdzonymi wartościami w punktach T1 i T3. Największa różnica wystąpiła dla termopary w punkcie T3 tj. na poziomie 150 cm od podłogi,
- podczas testu pożarowego w mieszkaniu doszczelnionym w 3. minucie 20. sekundzie zaobserwowano skokowy wzrost ciśnienia do wartości 134 Pa, nieskutkujący wybiciem szyb. Wzrostu na tym poziomie nie odnotowano w obliczeniach programu FDS,
- przeprowadzone badanie w skali rzeczywistej pozwoliło na przyjęcie wiarygodnego założenia do scenariusza pożarowego, a tym samym poprawne wprowadzenie danych wejściowych do modelu pożaru i uzyskanie zgodności obliczeniowej dla wartości temperatury oraz stężenia tlenu.

Biorąc po uwagę przedstawione wnioski, należy stwierdzić, że niewątpliwie warunkiem potwierdzającym poprawność przyjmowanych założeń do symulacji oraz jej wyników jest ich walidacja w warunkach rzeczywistych. Z uwagi na obszerność i złożoność poruszanych zagadnień z całą pewnością nie wyczerpano całości problemów badawczych. Materiał ten stanowi jedynie wkład w potrzebę dokonywania większej liczby analiz modelu rozwoju pożaru w pełnej skali.

Literatura

1. Bengtsson L-G., *Enclosure fires*, Swedish Rescue Services Agency, NSR Tryckeri Huskvarna 2001, Sweden, s. 11–83.
2. Kosiorek M., *Bezpieczeństwo pożarowe budynków*, [w:] *Budownictwo ogólne, Tom 2. Fizyka Budowli*. Praca zb. pod red. Klemm P, Wyd. Arkady, Warszawa 2009, s. 669–681.
3. PN-EN 13829:2002, Właściwości cieplne budynków. Określanie przepuszczalności powietrznej budynków. Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora.
4. Saleta D., Tekielak-Skałka I., *Analiza rozwoju pożaru mieszkalnego w skali rzeczywistej*, Międzynarodowe Seminarium Naukowe, Ochrona przeciwpożarowa – Wiosna 2013, 18-21 marca 2013 r., Zakopane.
5. Sekret R., Saleta D., *Bezpieczeństwo pożarowe budynków mieszkalnych poddanych termomodernizacji*, [w:] Gil A., Nowacka U., Chmiel M., (red.) *Inżynieria bezpieczeństwa a zagrożenia cywilizacyjne*, Wyd. CS PSP, Częstochowa, s. 9–46.

6. Sekret R., Saleta D., Sztarbała G., Smardz P., *Comparison of CFD Modelling with Fire Tests, Application of Structural Fire Engineering*, 19-20 April 2013, Prague, Czech Republic, pp. 55–60.

st. kpt. mgr inż. Damian Saleta – jest dowódcą zmiany w Jednostce Ratowniczo-Gaśniczej PSP w Bytomiu, a także doktorantem na Wydziale Inżynierii Środowiska i Biotechnologii Politechniki Częstochowskiej. Jego zainteresowania naukowe skupiają się na zagadnieniach dotyczących bezpieczeństwa pożarowego budynków mieszkalnych, w tym rozwoju pożarów wewnętrznych.

mgr inż. Izabela Tekielak-Skałka – jest członkiem Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Pożarnictwa, Oddział w Katowicach. Swoje zainteresowania

skupia na zagadnieniach dotyczących komputerowego modelowania pożarów, wentylacji pożarowej, w tym systemów różnicowania ciśnień w budynkach wysokich.

prof. dr hab. inż. Robert Sekret – jest kierownikiem Samodzielnego Zakładu Ogrzewnictwa, Wentylacji i Klimatyzacji Wydziału Inżynierii Środowiska i Biotechnologii Politechniki Częstochowskiej. Zainteresowania skupia głównie na aspektach energii w inżynierii środowiska w szczególności na efektywnych energetycznie i zrównoważonych środowiskowo systemach zaopatrzenia budynków w energię.

mgr **Michał ŁUDZIK**¹

Przyjęty/Accepted: 06.12.2012; Zrecenzowany/Reviewed: 28.02.2013; Opublikowany/Published: 30.09.2013

SYSTEMY NEUTRALIZACJI ŚCIEKÓW PODEKONTAMINACYJNYCH POWSTAŁYCH PO ODKAŻANIU POJAZDÓW

Neutralization Systems of Wastewater Post-decontamination After Decontamination of Vehicles

Streszczenie

W artykule omówiono zadania wspomagające bezpieczeństwo chemiczno-ekologiczne w aspekcie systemu unieszkodliwiania niebezpiecznych odpadów, jakie powstają podczas procesu dekontaminacji pojazdów i innych mobilnych systemów w sytuacjach nadzwyczajnych zagrożeń. Przeprowadzono analizę potrzeb wynikających z ochrony przeciwpożarowej, działań ratowniczych oraz bezpieczeństwa ludzi, zwierząt i sprzętu. Na podstawie danych z literatury przedstawiono kierunki rozwoju ratownictwa chemiczno-ekologicznego, które zwiększają bezpieczeństwo ludzi i środowiska. Wykazano konieczność systematycznego rozwoju polskich systemów normatywnych opartych na dyrektywach EU w procesie dekontaminacji (odkażania) w warunkach zagrożeń, w tym zagrożeń terrorystycznych z użyciem broni biologicznej.

Summary

This paper discusses tasks of the system supporting chemical and ecological safety in the aspect of decontamination hazardous substances which are formed during decontamination of vehicles and other mobile systems in situations of extraordinary risks. Furthermore, the article analyses the needs arising from fire protection, rescue actions and safety of people, animals and equipment. Based on the results of literature data, directions of chemical and ecological rescue development which increase the safety of people and the environment were presented. The paper demonstrates the need for development of Polish normative systems based on the EU directives on the assessment of the decontamination process under threats conditions including terrorist threats using biological weapons.

Słowa kluczowe: ratownictwo chemiczno-ekologiczne, systemy neutralizacji, ścieki podekontaminacyjne, pojazdy;

Keywords: chemical and ecological rescue, neutralization systems, wastewater post-decontamination, mobile vehicles;

Typ artykułu: artykuł przeglądowy;

Type of article: review article;

1. Wprowadzenie

W momentach nadzwyczajnych zagrożeń bezpieczeństwa, takich jak klęski żywiołowe, katastrofy naturalne oraz awarie w przemyśle i w transporcie, może dojść do skażenia ludzi, środowiska i mienia substancjami niebezpiecznymi.

Początek wieku XXI przyniósł nowe wyzwania związane z zagrożeniami terrorystycznymi, określanymi mianem zagrożeń masowych lub zagrożeń CBRNE (zagrożenia chemiczne, biologiczne, radia-

cyjne, nuklearne oraz zagrożenia wybuchem). Szczególnie niebezpieczną formą terroryzmu jest bioterroryzm wykorzystujący biologiczne środki masowego rażenia. Dla przykładu – w 2001 r. w USA terroryści rozesłali pocztą przesyłki z laseczkami wąglika. Był to początek bioterroryzmu w naszym wieku.

Wzrost zagrożeń bioterrorystycznych wynika z rozwoju biotechnologii i atrakcyjnych dla terrorystów cech broni biologicznej, takich jak niski koszt jej wytwarzania, możliwość utajnienia produkcji i magazynowania oraz sposób jej działania. Ma ona bardzo szerokie możliwości zastosowania: od atakowania pojedynczych osób po stwarzanie zagrożeń dla całych aglomeracji.

W Polsce za ochronę życia i zdrowia ludzi oraz otaczającego go środowiska odpowiada Krajowy

¹ Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów k. Otwocka, Polska; mludzik@cnbop.pl; The Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute; Poland;

System Ratowniczo-Gaśniczy (KSRG), który w przypadku wystąpienia zagrożenia uruchamia ratownictwo podstawowe i specjalistyczne oraz realizuje zadania służb ratowniczych, korzystając z posiadanego sprzętu i środków. Z mocy ustawy o Państwowej Straży Pożarnej (PSP) z dnia 24 sierpnia 1991 r. [1] i rozporządzenia MSWiA z 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego [2] to PSP odpowiada za organizację KSRG i za ścisłą współpracę z innymi podmiotami ratowniczymi w zakresie ratownictwa chemicznego, technicznego, ekologicznego i medycznego. W tym celu służby ratownicze PSP zawarły porozumienia z Policją, Siłami Zbrojnymi RP, Państwową Inspekcją Sanitarną, Państwową Agencją Atomistyczną, Zespołami Ratownictwa Medycznego oraz innymi organizacjami rządowymi i pozarządowymi, ustanawiając tym samym integralną część bezpieczeństwa wewnętrznego państwa.

Aby skutecznie realizować działania ratownicze, w 2007 r. Komenda Główna PSP wydała wytyczne do organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego w ramach KSRG [3]. I tak, do zneutralizowania szkodliwego oddziaływania niebezpiecznych substancji chemicznych (czyli do usuwania tych skażeń z ludzi, sprzętu i środowiska) wykorzystywane są następujące techniki odkażania²: chemiczna neutralizacja, sorpcja i rozcieńczenie. W wyniku odkażania powstają ścieki i odpady, które powinny podlegać utylizacji. Zgodnie z ustawą o odpadach [4] utylizowane są wchłonięte przez sorbenty substancje niebezpieczne. Problem stanowią ścieki powstające w wyniku wykorzystania jednego z pięciu roztworów dekontaminacyjnych do neutralizacji substancji niebezpiecznych (które podzielono na 10 grup związków) albo wskutek zmniejszania stężenia substancji chemicznej poprzez rozproszenie ich w rozcieńczalniku. Często powstałe ścieki odprowadzane są do kanalizacji, najczęściej jednak na tereny bytowo-gospodarcze, pomimo że mogą być niebezpieczne dla człowieka i środowiska. Wydaje się, że służby ratownicze powinny identyfikować zawar-

tość ścieków dekontaminacyjnych w celu ich utylizacji na miejscu.

Polskie przepisy prawne nie określają jednoznacznie, która ze służb ratowniczych powinna pełnić wiodącą rolę w likwidowaniu zagrożeń CBRNE. Brygadier dr Anna Obolewicz, Główny specjalista w Krajowym Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności KG PSP w publikacji [5] podaje, że obecnie służbą wiodącą w zakresie ratownictwa chemicznego jest PSP. Działania związane z zagrożeniami biologicznymi prowadzi Państwowa Inspekcja Sanitarna, zagrożenia radiacyjne i nuklearne znajdują się w gestii Państwowej Agencji Atomistyki, zaś Policja bierze odpowiedzialność za akcję ratowniczą w przypadku zagrożenia wybuchem.

W praktyce najczęściej na miejsca zagrożenia jako pierwsze docierają jednostki PSP, gdyż są one najbardziej mobilną służbą ratowniczą. W zależności od przyjętego meldunku o zagrożeniu do akcji ratowniczej wysyłane są jednostki ochrony przeciwpożarowej należącej do KSRG lub specjalistyczna grupa ratownictwa chemiczno-ekologicznego (SGR CHEM-EKO). Na każdym etapie akcji ratunkowej dowódca SGR może włączyć inne podmioty należące do KSRG. Sposób prowadzenia działań ratowniczych zależy od stanu liczebnego i poziomu wyszkolenia ratowników oraz ich wyposażenia w specjalistyczny sprzęt i środki. Akcje ratownicze w sytuacjach zagrożenia prowadzone są zgodnie z ustalonymi zasadami organizacji działań ratowniczych; wymagają one rygorystycznego przestrzegania zasad bezpieczeństwa.

W pierwszej fazie akcji do podstawowych działań ratowniczych należy zidentyfikowanie substancji niebezpiecznych, zmniejszenie ich uwalniania do środowiska i ich neutralizacja, wyznaczenie strefy skażonej oraz udzielanie poszkodowanym wykwalifikowanej pierwszej pomocy medycznej [2,3]. Podczas działań ratowniczych wyznaczane są strefy: skażona, zagrożona skażeniem oraz czysta. Każdorazowo podczas przemieszczania się ludzi i sprzętu (w tym pojazdów) ze strefy skażonej do czystej należy przeprowadzić dekontaminację. Proces odkażania pojazdów przeprowadza się w wyznaczonych punktach i może być wykonywany za pomocą ręcznych myjek lub automatycznie na mobilnych albo stacjonarnych stanowiskach dekontaminacyjnych. Do dekontaminacji używa się czystej wody, wody z dodatkiem środków zmniejszających napięcie powierzchniowe lub wody z dodatkiem środków neutralizujących i dezynfekujących. Podobne procedury stosowane są w Australii [6]. Samochody myje się wstępnie za pomocą rozpylonych niekorozyjnych detergentów podawanych przez wysokociśnieniowe myjki (najczęściej wykorzystujące ciepłą wodę) lub tzw. odkurzacze parowe (ang. steam cleaners). Następnie pojazdy są dezynfekowane za pomocą środ-

² Dekontaminacja, czyli odkażanie, jest to zespół czynności wykonywanych przez służby i jednostki ratownicze bezpośrednio na terenie akcji ratownictwa chemiczno-ekologicznego oraz poza terenem akcji, zmierzające do zneutralizowania szkodliwego oddziaływania niebezpiecznych substancji chemicznych na środowisko, obiekty, ludzi i sprzęt. Proces dekontaminacyjny zawiera wszystkie etapy czyszczenia i odkażania. W celu usunięcia zabrudzeń i neutralizacji skażeń stosuje się połączenie procedur fizycznych, chemicznych i biologicznych. Zatem, ścieki dekontaminacyjne są to roztwory zawierające różne niebezpieczne związki chemiczne, które powstają w wyniku odkażania ludzi i sprzętu przy wykorzystaniu różnych roztworów neutralizujących i stanowią odpady niebezpieczne w myśl ustawy o odpadach.

ków odkażających podawanych w postaci aerozoli. Do odkażania służą podawane pod ciśnieniem roztwory chemiczne (głównie podchlorynu sodu, wodorotlenku wapnia lub wodorotlenku sodu, a także formaliny i kwasu nadoctowego). O ile to możliwe, pojazdy należy suszyć w pełnym słońcu i na otwartej przestrzeni. Podczas każdego etapu procesu odkażania bardzo ważne jest dokładne zbieranie ścieków podekontaminacyjnych do specjalnych, szczelnych zbiorników oraz magazynowanie ich w celu dalszej utylizacji.

2. Uregulowania prawne dotyczące ratownictwa chemiczno-ekologicznego

Na mocy Dyrektywy Rady UE zwanej SEVESO II z 1996 r. [7] w Polsce realizowane są unormowania prawne związane z ratownictwem chemiczno-ekologicznym. SEVESO II jest to najważniejszy akt prawny dotyczący poważnych awarii związanych z substancjami niebezpiecznymi. Uregulowania Dyrektywy mają do spełnienia dwa cele: zapobiegać zagrożeniom poważnymi wypadkami z udziałem substancji niebezpiecznych i ograniczać skutki tego wydarzenia dla ludzi i środowiska. Zwiększeniu bezpieczeństwa ekologicznego służy Dyrektywa IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*) dotycząca zintegrowanego zapobiegania i zmniejszania zanieczyszczeń [8]. Położono w niej nacisk na dążenie do pełnego rozpoznania wpływu substancji niebezpiecznych na środowisko i kontrola procesów produkcyjnych w celu systematycznej redukcji emisji zanieczyszczeń, przy zastosowaniu innowacyjnych technologii, takich jak BAT (*The Best Available Techniques*) [9-12]. Podstawowymi kierunkami badawczymi, związanymi z bezpieczeństwem ekologicznym, są: systemy monitorowania zagrożeń ekologicznych, technologie i systemy przeciwdziałania powstawaniu niebezpiecznych odpadów oraz systemy unieszkodliwiania niebezpiecznych odpadów.

Zalecenia UE w zakresie ratownictwa chemiczno-ekologicznego są realizowane przez PSP poprzez implementację tych dyrektyw w postaci rozporządzeń i ustaw obowiązujących w Polsce. Są to:

- Ustawa o Państwowej Straży Pożarnej z 1991 r. [1],
- Rozporządzenie MSWiA z 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego [2],
- Wytyczne do organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego w Krajowym Systemie Ratowniczo-Gaśniczym z 2007 r. [3],
- Ustawa z 2001 r. o odpadach [4],
- Ustawa z 2001 r. Prawo ochrony środowiska (dotycząca m.in. unieszkodliwiania olejów odpadowych oraz odpadów) [13],
- Ustawa o zarządzaniu kryzysowym z 2007 r. [14].

Od dnia 4 lipca 2012 r. obowiązuje Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/18/UE w sprawie kontroli zagrożeń poważnymi awariami związanymi z substancjami niebezpiecznymi zmieniająca i następnie uchylająca dyrektywę Rady 96/82/WE [15]. Przygotowywane są zmiany ustawy Prawo ochrony środowiska z 2001 r. w zakresie m.in. polityki ekologicznej oraz programu *ochrony środowiska*. Wymusi to zmiany w polskim ustawodawstwie dotyczącym ratownictwa chemiczno-ekologicznego.

3. Utylizacja ścieków podekontaminacyjnych

W czasie prowadzenia akcji ratowniczej w wyniku zagrożeń CBNRE istotnym elementem jest mobilność pojazdów ratowniczych, samochodów służących do przewozu ratowników, sprzętu, materiałów technicznych, samochodów rozpoznawczo-pomiarowych używanych do wykrywania skażeń oraz bezzałogowych pojazdów przeznaczonych do działań w strefie niebezpiecznej. Po zakończeniu akcji ratowniczej, a także każdorazowo po opuszczeniu strefy skażonej, pojazdy powinny podlegać procesowi dekontaminacji. Ze względu na gabaryty sprzętów, ich wyposażenie, możliwości dekontaminacji za pomocą sorbentów są znacznie ograniczone.

W Polsce i na świecie [16-19] zalecanym systemem do dekontaminacji pojazdów specjalnych są myjnie mobilne, które można zainstalować na pograniczu strefy czystej i skażonej, ale także na poligonach czy innych miejscach o dużym natężeniu ruchu (autostrady, przejścia graniczne, lotniska). Taki mobilny system przeznaczony jest do mycia lub odkażenia podwozia oraz całego pojazdu z zewnątrz. Mycie pojazdu umieszczonego na kuwecie najazdowej odbywa się za pomocą mobilnych myjek ciśnieniowych z zimną lub ciepłą wodą. Kuweta najazdowa wyposażona jest w system węży, które odprowadzają wodę zużytą w procesie dekontaminacji do specjalnych zbiorników. W wodzie podekontaminacyjnej (dalej nazwanej ściekami podekontaminacyjnymi) mogą być zawarte substancje niebezpieczne.

W przypadku ścieków silnie skażonych bakteriologicznie, można zdezynfekować je za pomocą firmowego zintegrowanego systemu dezynfekcji ścieków. Wykorzystuje on (w zależności od warunków technicznych i ukształtowania terenu) następujące metody dezynfekcji: ultrafiolet, podchloryn sodu i metodę termiczną. Takie stacje dezynfekcyjne funkcjonują przy szpitalach i zakładach weterynaryjnych. Służby ratownicze nie zawsze dysponują detektorami do wykrycia skażenia CBNR lub nie dysponują środkami odkażającymi do rozpoznanej substancji niebezpiecznej.

W praktyce system mobilny montowany jest na jednym pasie ruchu drogowego. Pozostałe wyposa-

zenie rozkłada się na poboczu drogi lub na sąsiednim pasie. W pierwszej kolejności rozkłada się kufę najazdową, w której gromadzi się woda zużyta po procesie dekontaminacji pojazdów, oraz podpory najazdów, na których montuje się najazdy. Ścieki podekontaminacyjne są odprowadzane z kufy (przy użyciu specjalnej pompy szlamowej) do elastycznych szczelnych zbiorników (Ryc. 1). Ścieki mogą być zbierane w system odwadniający, a następnie trafiają do zamkniętego układu oczyszczania ścieków, co pozwala na uzyskanie wody obiegowej o bardzo wysokich parametrach, dzięki czemu możliwe jest ponowne jej wykorzystanie do wszystkich cykli mycia (ang. *reuse*).

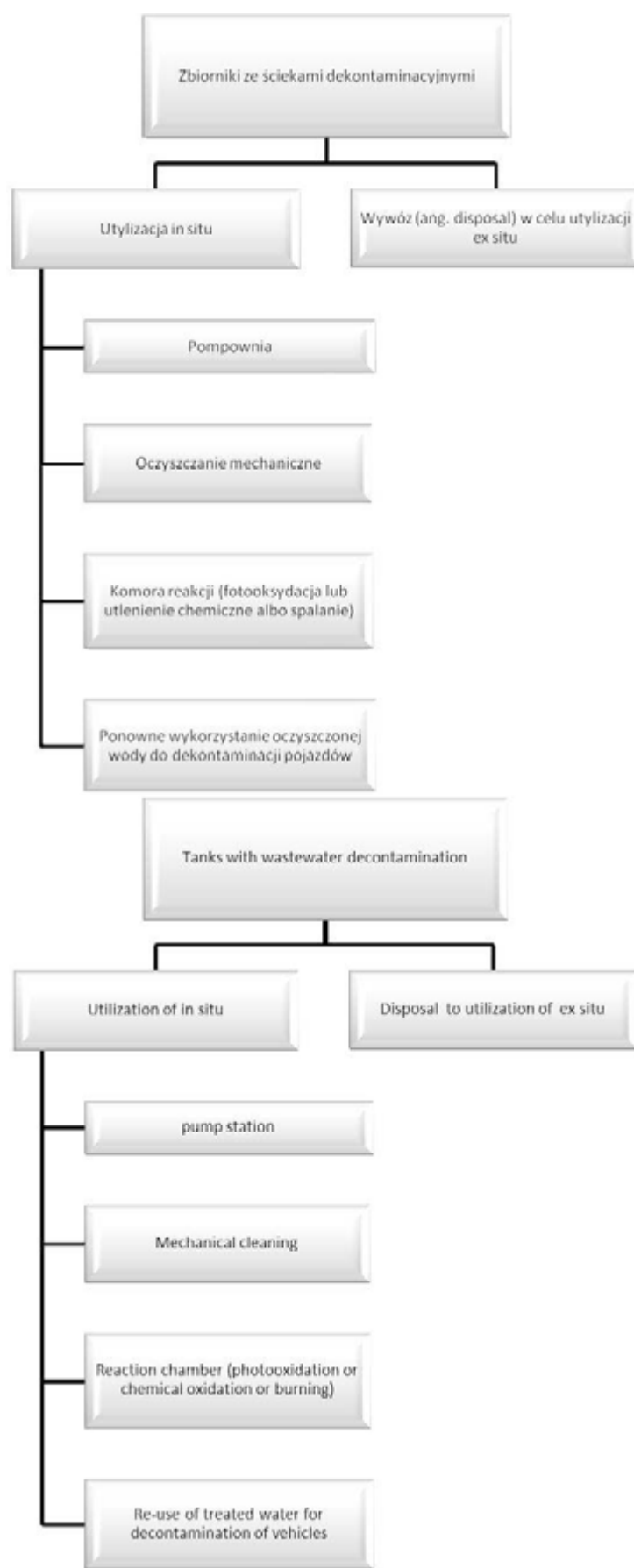


Ryc. 1. Składana kufę z PCV do mycia i/lub dekontaminacji pojazdów kołowych [16]

Fig. 1. The folding cuvette from PCV to cleaning and/or to decontamination of vehicles [16]

Ścieki dekontaminacyjne są wstępnie czyszczone mechanicznie (najczęściej za pomocą sita), a następnie umieszczane w kontenerze, który poddawany jest działaniu promieniowania UV. Ponieważ promieniowanie ultrafioletowe powoduje bezpośrednią fotooksydację i generację ozonu, a dezaktywacja drobnoustrojów następuje w ciągu kilku sekund, technologia ta jest najbardziej skuteczną metodą dezynfekcji (Ryc. 2).

Najbardziej rozpowszechnioną metodą jest dezynfekcja za pomocą podchlorynu sodu (utleniacza). Ścieki są przepompowywane do komory dezynfekcyjnej, do której automatycznie dozowany jest podchloryn sodu w stężeniu odpowiednim do przepływu ścieków, albo wykorzystującej generator aktywnego chloru. Proces dezynfekcji wspomaga mieszanie podchlorynu/aktywnego chloru ze ściekami. Czas reakcji w komorze dezynfekcji powinien wynosić co najmniej 0,5 h przy zawartości chloru 0,1 do 0,4 g/m³. Te warunki zapewniają wysoką efektywność bakteriobójczą (ok. 99,5%), pozwalają na zniszczenie żywych i przetrwalnikowych form organizmów patogennych oraz zapobiegają ich wtórnemu rozwojowi. W wyniku reakcji utleniania również niebezpieczne związki chemiczne przekształcane są w substancje bezpieczne lub mniej toksyczne.



Ryc.2. Schemat neutralizacji ścieków dekontaminacyjnych

Fig. 2. Scheme of neutralization of wastewater post-decontamination

Do najpewniejszych metod zwalczania drobnoustrojów chorobotwórczych zalicza się metodę dezynfekcji za pomocą wysokiej temperatury. Norma ustalona przez niemiecki Federalny Urząd Zdrowia dzieli proces odkażania termicznego na cztery poziomy (Tab.1).

Metoda termiczna (spalanie lub piroliza) w wysokiej temperaturze (900-1200°C) prowadzi również do odparowania i spalania niebezpiecznych związków organicznych, które zamieniają się w substancje gazowe i inne.

W pewnych sytuacjach do mycia i dekontaminacji pojazdów można używać myjni stacjonarnych. Z powodu zróżnicowania kształtów i gabarytów pojazdów odkażanie przeprowadza się za pomocą lanc ciśnieniowych mycia ręcznego oraz podgrzewaczy wody. Woda używana do mycia jest zazwyczaj wysokiej jakości, najczęściej jest to wodociągowa woda pitna. Po procesie mycia i odkażania woda ta trafia do kanalizacji w postaci wysoko zanieczyszczonych ścieków przemysłowych. Celowe wydaje się wyposażenie myjni stacjonarnej w system oczyszczający ścieki powstałe z procesu mycia i odkażania pojazdów, działający w systemie zamkniętym.

Dobrym przykładem efektywnej utylizacji jest australijski program AUSVETPAN (ang. *Australian Aquatic Veterinary Emergency Plan*) [6] obejmujący proces dekontaminacji ludzi i sprzętu, w tym dekontaminacji ścieków podekontaminacyjnych. Wybór formy odkażania ścieków podekontaminacyjnych zależy od zawartości pozostałych substancji niebezpiecznych. Ścieki całkowicie zneutralizowane wywożone są do miejsc oddalonych od ujęć wodnych. W przypadku skażenia CBRN główną formą całkowitej neutralizacji ścieków podekontaminacyjnych jest ich zbiórka i wywóz do profesjonalnej oczyszczalni ścieków. Wykorzystywane są również technologie remediacji (ang. *Remediation/alternative Cleanup Technologies*), takie jak naturalne samooczysz-

czenie NA (ang. *Natural Attenuation*), na przykład kompostowanie.

Procedura dekontaminacji pojazdów w momencie skażenia masowego, pochodząca z *Military Decontamination* (Kanada) [18] obejmuje trzy fazy dekontaminacji pojazdów. Są to: przygotowanie – pojazd jest wprowadzany na specjalną składaną tacę (firmowa nazwa: Ride-Side Berm) w celu mechanicznego usunięcia dużych, luźno związanych zanieczyszczeń; dekontaminacja (całkowite wyczyszczenie pojazdu z zanieczyszczeń); oraz ocena procesów dekontaminacji (ang. *water monitoring equipment*), w wyniku której pojazd uznaje się za czysty lub ponownie przechodzi on procedurę. System dekontaminacyjny wyposażony jest m.in. w zestaw pomp dostarczających wodę do mycia pojazdów i system pomp odbierających skażoną wodę. Woda skażona zbierana jest do specjalnego zbiornika, który pozwala na ich transport (drogowy, kolejowy czy lotniczy) w celu dalszej utylizacji.

Organization for the Prohibition of Chemical Weapon (Holandia) [19] podaje główne zasady dekontaminacji skażenia chemicznego ze sprzętu. Do niszczenia skażeń chemicznych dochodzi poprzez ich chemiczną modyfikację/destrukcję albo na drodze procesów fizycznych, takich jak absorpcja (wchłonięcie), wymycie lub odparowanie. Przed użyciem środków odkażających następuje płukanie skażonego pojazdu ciepłą lub gorącą wodą lub parą wodną w polu prysznicowym. Czynniki odkażające, takie jak wapno chlorowane czy tlenek magnezu (w postaci suchego pudru), absorbują (chłoną) substancje chemiczne oraz uwalniają wolny chlor. Powstały chlor w wyniku rozkładu wapna chlorowanego ma właściwości bakteriobójcze oraz utleniające. Tlenek magnezu działa nie tylko na zasadzie sorbentu, ale również jest substancją powodującą lizę wiązań P-O, P-CN, P-S, C-X [20-22].

Tabela 1.

Poziomy dezynfekcji termicznej [16]

Table 1.

Level of thermal disinfection [16]

Poziom dezynfekcji/ The level of disinfection	Temperatura dezynfekcji w °C/ Disinfection temperature in °C	Czas dezynfekcji w min/ Disinfection time in minutes	Skutki dezynfekcji/ The effects of disinfection
A	900	1	Destrukcja wegetatywnych form bakterii i grzybów oraz ich zarodników/ Destruction of vegetative forms of bacteria and fungi and their spores
B	1000	1	Nieodwracalne zniszczenie wirusów/ Irreversible destruction of the virus
C	1050	5	Destrukcja spór bakterii do poziomu <i>Bacillus anthracis</i> (laseczka wąglika)/ The destruction of the spores of bacteria <i>Bacillus anthracis</i>
D	1200	15	Destrukcja wszystkich spór bakterii/ Destruction of all bacteria spores

Te substancje są zdolne do dekontaminacji skażenia chemicznego występującego w postaci ciekłej, która pokrywa powierzchnię. Jest to rodzaj dekontaminacji natychmiastowej, której celem jest zabezpieczenie przed wnikaniem skażenia w głąb materiału. W przypadku skażenia czynnikami zdolnymi do penetrowania powierzchni pojazdów, do odkażania wykorzystuje się emulsje składające się z podchlorynu wapnia, tetrachloroetylenu, emulgatora i wody, które są rozpraszane na powierzchnię pojazdów. Do dekontaminacji sprzętu o mniejszych gabarytach wykorzystuje się specjalny namiot, do którego doprowadzane jest gorące powietrze. W temperaturze namiotu (ok. 130°C) dochodzi do dyfuzji i odparowania czynników chemicznych ze sprzętu.

4. Alternatywne metody dekontaminacji ścieków

Do alternatywnych technologii oczyszczania ścieków przemysłowych, w tym także ścieków podekontaminacyjnych, zalicza się metodę pogłębionego (zaawansowanego) utlenienia AOP (ang. *Advanced Oxidation Processes*) [23-33] oraz jej użycie w połączeniu z tradycyjnymi technologiami, na przykład biologicznym lub chemicznym oczyszczaniem ścieków.

Nowoczesne techniki oczyszczania ścieków przemysłowych, takie jak AOPs, technologie bioremediacyjne [34, 35] i inne [36-42], służą do usuwania trudno rozkładalnych i toksycznych związków organicznych albo do przekształcenia ich w formy bardziej biodegradowalne. Są to procesy wieloetapowe. Po czynnościach mechanicznych stosuje się różnorodne techniki fizyko-chemiczne lub chemiczne, a następnie biologiczny rozkład. O wyborze techniki decyduje rodzaj trwałych zanieczyszczeń organicznych i możliwości ich monitorowania na każdym etapie oczyszczania.

Wydaje się, że zastosowanie metody AOP pozwoli na usuwanie trudno rozkładalnych związków organicznych, takich jak związki aromatyczne (benzen, dimetoksybenzeny, alkohol benzyłowy), chlorowcopochodne alifatyczne i aromatyczne, aldehydy, aminy, nityle, barwniki, związki wysokocząsteczkowe i środki powierzchniowo czynne, w stosunku do których konwencjonalne metody oczyszczania ścieków okazują się nieskuteczne.

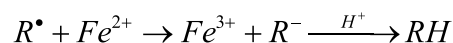
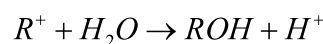
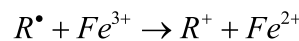
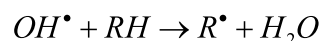
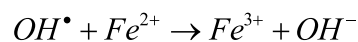
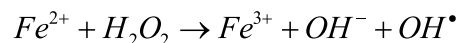
W tym celu w procesie AOP wykorzystuje się utleniacze, a w szczególności wolne rodniki hydroksylowe $\text{OH}^\bullet$, które posiadają wysoki potencjał redoks (2,8 V).

Zarówno w pracach badawczych, jak i w konstrukcjach technologicznych, metody prowadzące do powstania wolnych rodników $\text{OH}^\bullet$ można podzielić na:

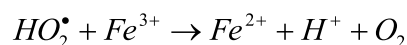
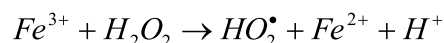
- 1) chemiczne: $\text{H}_2\text{O}_2/\text{O}_3$, $\text{O}_3/\text{OH}^\bullet$, Fe^{2+} lub $\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2$ (Fenton reagent)

W przypadku mechanizmu reakcji Fentona można wyróżnić kilka etapów, są to głównie reakcje rodnikowe. Jest to najpopularniejsza metoda, którą po raz pierwszy zastosowano do utleniania toksycznych zanieczyszczeń organicznych w latach 60. ubiegłego wieku. Pod wpływem rozpuszczalnych związków żelaza (II) jako katalizatora oraz nadtlenu wodoru wiele substancji organicznych ulega utlenieniu.

Efekt utleniający reagentów Fentona zależy od pH roztworu oraz stosunku stężeń H_2O_2 i Fe^{2+} . Utlenianie związków organicznych w tej metodzie najefektywniej zachodzi przy pH=3-4 [43]. Nie wymaga zastosowania wysokiego ciśnienia lub wysokiej temperatury. W wyniku reakcji powstaje jon żelazowy, rodnik hydroksylowy $\text{OH}^\bullet$ oraz jon hydroksylowy OH^- . W przypadku roztworu zawierającego substancje organiczne następuje ciąg reakcji:



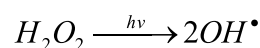
Istnieje wiele modyfikacji tej metody, najczęściej polegają one na wprowadzeniu do środowiska reakcji jonów Fe^{3+} zamiast Fe^{2+} i nadmiaru H_2O_2 w stosunku do ilości żelaza. Pierwsza zachodzi reakcja pomiędzy jonami Fe^{3+} i H_2O_2 , a następnie typowa reakcja Fentona pomiędzy jonami żelazowymi i H_2O_2 .



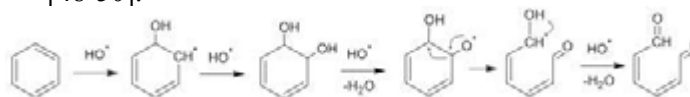
W układzie $\text{Fe}^{3+}/\text{H}_2\text{O}_2$ powstają jony Fe^{2+} , rodniki $\text{OH}^\bullet$ oraz inne rodniki biorące udział w utlenianiu i redukcji związków organicznych. Używanie jednocześnie kilku składników przynosi znacznie lepsze efekty w usuwaniu zanieczyszczeń, niż pojedynczy reagent [44-47].

- 2) fotochemiczne: $\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$, O_3/UV , $\text{O}_3/\text{H}_2\text{O}_2/\text{UV}$ (Peroxone)

W procesie fotochemicznym bezpośrednia fotoliza nadtlenu wodoru prowadzi do powstawania rodników $\text{OH}^\bullet$ przy wykorzystaniu promieniowania UV o długości fali 254 nm.



Dzięki układowi H_2O_2/UV można z powodzeniem przeprowadzić degradację substancji trudno biodegradowalnych np. chlorofenoli, związków chlorowcoorganicznych, atrazyny oraz symazyny, które mineralizują się do dwutlenku węgla i wody [48-50].



Ryc 3. Schemat fotodegradacji benzenu [51-52]

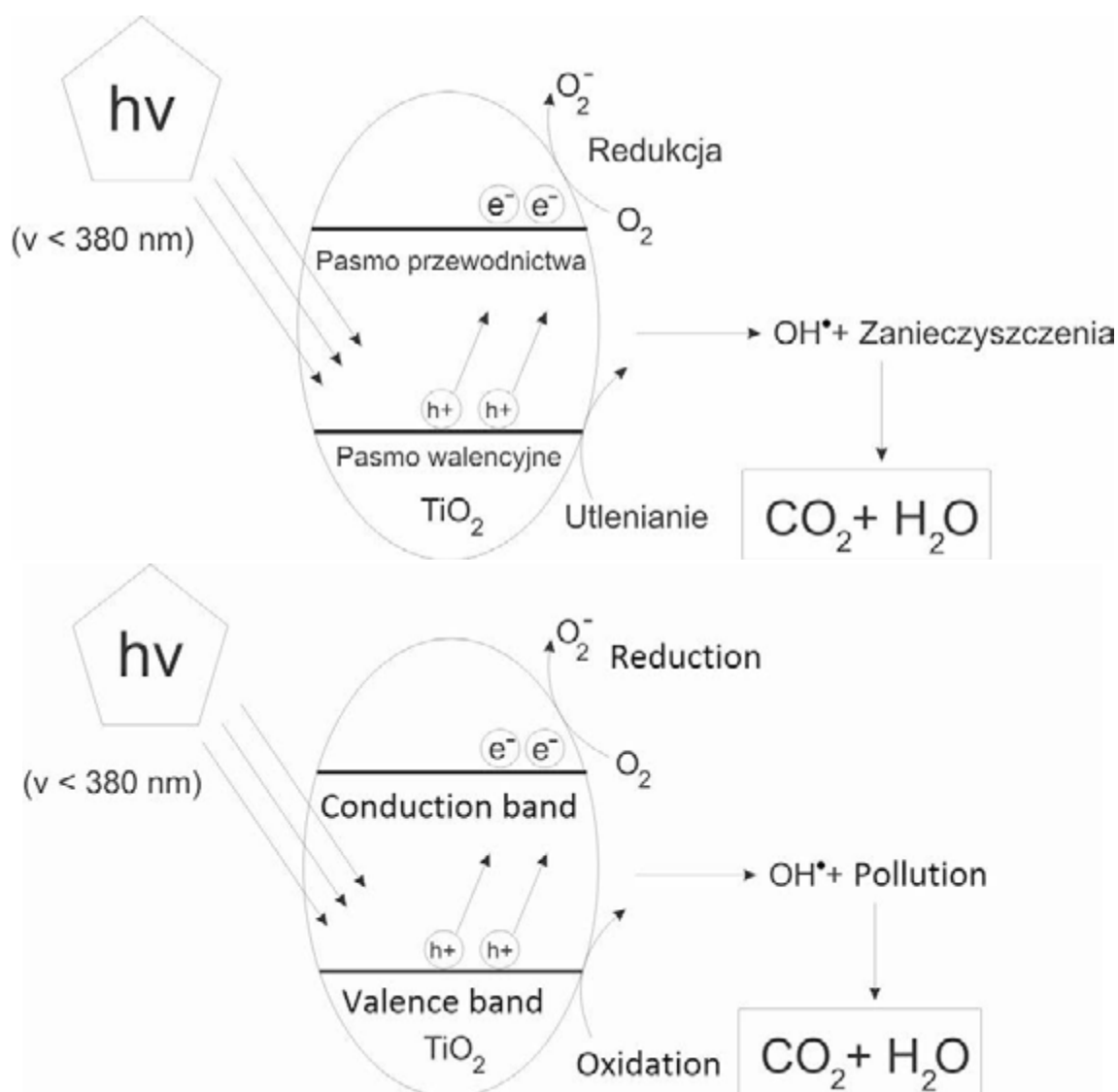
Fig 3. Scheme of photodegradation benzene [51-52]

- 3) fotokatalityczne: TiO_2/UV , Fe^{+2}/UV (photo-Fenton) radiacyjne: promieniowanie γ , słoneczne czy jonizujące, ultradźwięki same bądź łącznie z H_2O_2 lub O_3

W procesach tego typu wykorzystuje się tlenki metali, np. TiO_2 , ZnO , Fe_2O_3 , które posiadają właściwości półprzewodnikowe [53]. Schemat fotokatalitycznego utleniania można przedstawić następująco:

Procesy degradacji fotokatalitycznej są bardzo dobrą metodą usuwania zanieczyszczeń ze względu na niewielkie koszty, łagodne warunki prowadzenia procesów i możliwość całkowitej mineralizacji zanieczyszczeń [54]. Fotodegradacja każdej substancji organicznej zachodzi z wytworzeniem związków pośrednich powstających w wyniku ataku $HO^\bullet$. Dla przykładu poniżej przedstawiono fotokatalityczne utlenianie chlorofenolu.

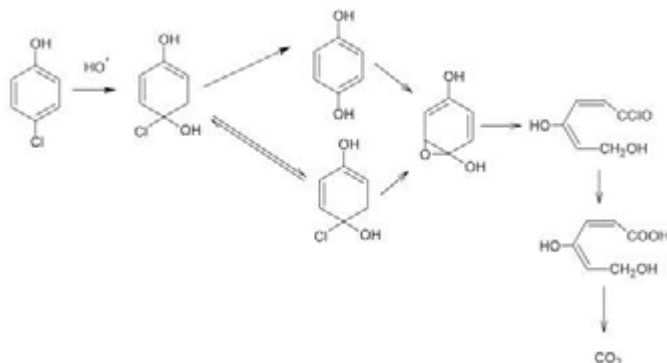
Powstałe rodniki $OH^\bullet$ wchodzi w reakcje z substancjami organicznymi zawartymi w ściekach, tworząc rodniki organiczne ($R^\bullet$, $ROO^\bullet$).



Ryc. 4. Schemat fotokatalitycznego utleniania na TiO_2

Fig. 4. Scheme of photocatalytic oxidation over TiO_2

Rodniki te, będąc produktami przejściowymi w procesie utleniania, inicjują dalsze łańcuchowe reakcje utleniania i degradacji, prowadząc w końcowym etapie do powstania ditlenku węgla, wody i związków nieorganicznych (mineralizacja) lub – przy niepełnym utlenieniu – do powstawania prostszych cząsteczek podatnych na biodegradację.



Ryc. 5. Schemat fotokatalitycznego utleniania chlorofenolu na TiO₂ [55]

Fig. 5. Scheme of photocatalytic oxidation chlorophenol over TiO₂ [55]

Szybkość oraz efektywność reakcji utleniania i degradacji związanych z powstawaniem i reaktywnością rodników przejściowych zależą w dużym stopniu od stężenia tlenu oraz od energii potrzebnej do rozerwania odpowiednich wiązań chemicznych.

W przypadku biodegradacji rozkład związków organicznych w środowisku może odbywać się dzięki działaniu mikroorganizmów i enzymów, zarówno w warunkach tlenowych, jak i beztlenowych. W efekcie tego procesu, podobnie jak w przypadku chemicznej degradacji, mogą powstawać nie tylko modyfikacje wybranych grup funkcyjnych, ale też może dochodzić do rozpadu podstawowej struktury związku. Ostatecznymi produktami degradacji jest ditlenek węgla, woda i sole organiczne. Na stopień biologicznego rozkładu związków w środowisku ma wpływ obecność różnych pożywek, takich jak tlen, fosfor, azot oraz warunki środowiskowe np. temperatura, czynnik pH, obecność soli lub dostęp światła słonecznego.

W bioremediacji stosuje się wiele rozwiązań technologicznych, takich jak uprawa gruntu (ang. *landfarming*), kompostowanie, fitoremediacja, ryzoremediacja, remediacja w bioreaktorach. Główne strategie zwiększające efektywność procesów bioremediacji to: biostymulacja, mikrobiologiczna adaptacja, bioaugmentacja, połączenie fitoremediacji/ryzoremediacji z bioaugmentacją, wprowadzenie środków powierzchniowo czynnych, czy wykorzystanie zjawisk kometabolizmu bakteryjnej chemotaksji, wspomaganej enzymami. Wymienione metody służą do likwidacji odpadów podekontaminacyjnych.

W aktualnej literaturze można znaleźć prace zawierające obszerne studia nad wykorzystaniem techniki AOP w połączeniu z innymi metodami dekontaminacji ścieków. Prace Ollera i Rizzo [56, 57] zawierają przegląd połączonych technik AOP (będących etapem wstępnej neutralizacji lub etapem postneutralizacji) i technologii bioremediacji, mających na celu dekontaminację szerokiego zakresu syntetycznych i rzeczywistych składników ścieków przemysłowych. Jedną z potencjalnych alternatywnych metod jest wykorzystanie procesów chemicznego utleniania na etapie początkowej neutralizacji w celu przekształcenia pierwotnych, opornych na rozkład związków w bardziej biodegradowalne związki pośrednie, które można dekontaminować za pomocą biologicznego utleniania.

Ścieki przemysłowe charakteryzują się tym, że zawierają bardzo szeroką gamę związków, które dodatkowo występują w różnych stężeniach. Z tego względu ścieki pochodzące z różnych dziedzin przemysłu należy rozpatrywać indywidualnie, w przeciwieństwie do ścieków domowych. W omawianej pracy autorzy przedstawili osobno metody dekontaminacji ścieków zawierających pestycydy i/lub herbicydy, ścieki zawierające farmaceutyki i tzw. ECs (*Emerging Contaminants*), ścieki olejowe, odcieki ze składowisk, ścieki z przemysłu tekstylnego, papierniczego, winiarskiego, destylacyjnego i innych.

Można odnaleźć pewną analogię między różnorodnością ścieków przemysłowych a ściekami pochodzącymi z procesów dekontaminacji zagrożeń CBRN.

Bardzo ważna jest neutralizacja ścieków zawierających pestycydy i herbicydy, które łatwo rozpuszczają się w wodach powierzchniowych i gruntowych, a w typowych warunkach środowiskowych są odporne na degradację chemiczną i fotochemiczną. Związki te są kancerogenne, neurotoksyczne, co też może wpływać na rozrodczość człowieka i zwierząt.

Teoretycznie preferowana metoda biologiczna zawodzi w neutralizacji pestycydów, ponieważ te niebezpieczne substancje inaktywują mikroorganizmy w środowisku. W tym przypadku potencjalnie najbardziej użytecznymi metodami są techniki oksydacyjne, które na etapie preodkazywania produkują łatwiej biodegradowalne związki pośrednie (ang. *intermediates*). Szczególnie użytecznymi metodami neutralizacji/niszczenia pestycydów za pomocą utleniania są metody fotokatalityczne z użyciem ditlenku tytanu (TiO₂/UV), fotochemiczne (UV/O₃) oraz metody chemicznej oksydacji (O₃, O₃/H₂O₂). Metoda biodegradacji, zastosowana na następnym etapie, pozwala całkowicie wyeliminować związki organiczne.

W ściekach znajdujemy leki zaliczane do różnych klas terapii farmaceutycznej. Ścieki zawierające farmaceutyki i zanieczyszczenia ECs (substancje

naturalne lub sztuczne, które po dostaniu się do organizmu powodują zaburzenia funkcjonowania systemu endokrynnego) są dla ludzi i innych organizmów żywych bardzo toksyczne już w małych stężeniach i po krótkim czasie kontaktu z nimi [58]. Ponadto związki te należą do ekstremalnie opornych na biologiczną degradację, np. arbamazepiny, diklofenak, 2,4-dichlorofenol, erytromycyna-H₂O [59-63]. W celu zwiększenia biodegradowalności i detoksykacji tych związków wykorzystuje się dziś techniki AOPs, takie jak fotokataliza, ozonowanie (ang. *pre-oxidation step*) czy słoneczne utlenianie (ang. *solar photo-Fenton*) w odpowiednio ustalonym pH, stężeniu nadtlenu wodoru i czasie.

Ścieki zawierające oliwę z ekstrakcji oleju niszczą ekosystemy wodne, wskutek generowania przez ten ekstrakt ogromnych ilości związków wysoce fitotoksycznych. Połączenie techniki AOP z konwencjonalną metodą biologiczną pozwala na zmniejszenie toksyczności i zwiększenie biodegradowalności tych związków.

Wyzwaniem na przyszłość jest zwiększenie efektywności usuwania szkodliwych związków ze ścieków przez modyfikację aktualnych technologii neutralizacji, nie zwiększając przy tym kosztów. Opłacalność jest szczególnie ważna, ponieważ najbardziej zaawansowane technologie są energochłonne i bardziej kosztowne niż konwencjonalne.

5. Podsumowanie i wnioski

Z procesem dekontaminacji ludzi i mienia nieodłącznie związany jest problem dekontaminacji powstałych ścieków. W przypadku pojazdów powstałe w wyniku dekontaminacji ścieki zbierane są ze specjalnych kuwet najazdowych do zbiorników, w których do odkażania wykorzystuje się jedną z metod utleniania (fotoutlenianie lub utlenianie chemiczne) lub metody termiczne (spalanie lub piroliza).

Metody pogłębionego utleniania AOPs w połączeniu z innymi metodami alternatywnymi, takimi jak techniki remediacji (kompostowanie, bioreaktorów, landfarming) i bioremediacji (bioaugmentacja, biostymulacja, biowentylacja i fitoremediacja) są i będą coraz częściej wykorzystywane do oczyszczania ścieków podekontaminacyjnych. Ich celem jest usunięcie zanieczyszczeń organicznych i nieorganicznych, jak również zwiększenie ich biodegradowalności. Podczas utleniania zanieczyszczeń organicznych mogą powstawać związki pośrednie, bardziej toksyczne niż zanieczyszczenia wyjściowe. W celu uniknięcia tego problemu podczas procesu oczyszczania należy bezwzględnie stosować się do zaleceń i monitorować wszystkie procesy oczyszczania za pomocą specjalnych testów. Otrzymana w tych warunkach woda jest wodą pitną.

Wynika z tego, że podana definicja dekontaminacji powinna zostać rozszerzona o dekontaminację

powstałych ścieków i ocenę ich neutralizacji na każdym etapie, czyli w trakcie wstępnej i całkowitej dekontaminacji ścieków.

Od 4 lipca 2012 roku zaczęła obowiązywać nowa dyrektywa UE W sprawie kontroli zagrożeń poważnymi awariami związanymi z substancjami niebezpiecznymi zmieniająca, a następnie uchylająca dyrektywę Rady 96/82/WE, a w najbliższym czasie zostaną wprowadzone zmiany w ustawie Prawo ochrony środowiska z 2001 r., w celu zwiększenia bezpieczeństwa chemiczno-ekologicznego. Na poprawę bezpieczeństwa środowiska mają wpływ programy badawczo-rozwojowe organizowane przez NCBiR i programy ramowe UE. W wyniku ich realizacji powstają innowacyjne rozwiązania, takie jak wykorzystanie pianotwórczych środków gaśniczych do wytwarzania pian dekontaminacyjnych z użyciem roztworów utleniających i biodegradowalnych związków powierzchniowo czynnych oraz nowe techniki ich podawania (takie jak system wytwarzania piany za pomocą sprężonego powietrza (ang. *CAFS-Compressed-Air-Foam-System*), używane w sytuacjach zagrożeń terrorystycznych. Najnowocześniejsze turbiny samochodowe gaśnicze czy bezzałogowe pojazdy przeznaczone do działań w strefie niebezpiecznej to kolejne przykłady rozwiązań technologicznych w ratownictwie chemicznym.

Przeprowadzona analiza danych pozwala na wytyczenie kierunków badawczych związanych z zapewnieniem niezbędnego poziomu bezpieczeństwa środowiska związanego z wdrażaniem systemów dekontaminacji ścieków podekontaminacyjnych powstałych po odkażaniu pojazdów. Należy do nich zamknięty system, w którym ścieki są odprowadzane z kuwety najazdowej do specjalnych pojemników. Pojemniki ze ściekami są poddawane dekontaminacji (in situ), albo wywożone do miejsca utylizacji (ex-situ).

Niezależnie od ciągłego podnoszenia poziomu systemów bezpieczeństwa chemiczno-ekologicznego konieczne jest prowadzenie prac nad rozwojem metod i urządzeń przeznaczonych do dekontaminacji ludzi i otaczającego środowiska oraz powstałych w ich wyniku ścieków.

Literatura

1. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej; (Dz. U. z 2009 r. Nr 12, poz. 68);
2. *Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 29 grudnia 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego* (Dz. U. 1999 nr 111, poz. 1311);
3. Wytyczne do organizacji ratownictwa chemiczno-ekologicznego w Krajowym Systemie Ra-

- townictwa Gaśniczego, Wyd. Komenda Główna PSP, Warszawa, 27.04.2007 r.;
4. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001r. o odpadach (Dz. U. z 2001 r. Nr 185, poz. 1243 z późn. zm.);
 5. Obolewicz A., *Zagrożenia CBRN*, „Przegląd Pożarniczy”, 4 (2012), 28–30.
 6. Australian Aquatic Veterinary Emergency Plan Aquavetplan, *Operational Procedures Manual Decontamination wersja 1.0*, 25.09.2008 r.; [dok. elektr.] http://www.daff.gov.au/_data/assets/pdf_file/0008/617183/decontamination-manual.pdf [dostęp 8 sierpnia 2013];
 7. Dyrektywa Rady UE 96/82/WE z 9 grudnia 1996 r. (tzw. SEVESO II) w sprawie kontroli niebezpieczeństwa poważnych awarii związanych z substancjami niebezpiecznymi;
 8. Dyrektywa 96/61/WE zwana Dyrektywą IPPC (Integrated Pollution, Prevention and Control – w sprawie zintegrowanego zapobiegania i zmniejszania zanieczyszczeń);
 9. Zbrowski A., Samborski T., *Systemy techniczne wspomagające bezpieczeństwo i procesów technicznych jako czynnik zmniejszenia skutków wypadków i katastrof przemysłowych*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, 3 (2010), 123–129;
 10. Pich R., Majewski P., Wrzesiński J.A., *Organizacja ruchu uszkodzanych w czasie likwidacji skażeń (dekontaminacji)*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, 3 (2011), 115–122;
 11. Rogoś E., Zbrowski A., *Perspektywy rozwoju systemów zwiększających bezpieczeństwo ekologiczne*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, 4 (2010), 47–58;
 12. Ministerstwo Środowiska, *Najlepsze Dostępne Techniki (BAT), branża celulozowo-papiernicza*, Warszawa, grudzień 2006;
 13. Prawo ochrony środowiska z dnia 27 kwietnia 2001 r. (Dz. U. z 2001 r. Nr 62, poz. 627). Ustawa wielokrotnie nowelizowana, ostatnia zmiana weszła w życie z dniem 7 marca 2013 r.;
 14. Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym (Dz. U. z 2007 r. Nr 89, poz. 590 z późn. zm.);
 15. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/18/UE z dnia 4 lipca 2012 r. w sprawie kontroli zagrożeń poważnymi awariami związanymi z substancjami niebezpiecznymi, zmieniająca, a następnie uchylająca dyrektywę Rady 96/82/WE, została opublikowana w Dzienniku Urzędowym Unii Europejskiej pod pozycją L 197 w dniu 24 lipca 2012 r.;
 16. Dane katalogowe produktów do odkazania sprzętu i pojazdów, [dok. elektr.] <http://www.sprzet-ratowniczy.pl> [dostęp 8 sierpnia 2013];
 17. Organizacja dekontaminacji wstępnej w ramach Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego, [dok. elektr.] http://www.straz.gov.pl/data/other/dekon_wstepna.pdf [dostęp 8 sierpnia 2013];
 18. Dane katalogowe produktów służących do neutralizacji, odkazania pojazdów, [dok. elektr.] <http://www.sei-ind.com/products/military-decontamination> [dostęp 8 sierpnia 2013];
 19. Decontamination of Chemical Warfare Agents, [dok. elektr.] <http://www.opcw.org/our-work/assistance-and-protection/protection-against-chemical-weapons/decontamination/> [dostęp 8 sierpnia 2013];
 20. Jiang W., Mashayekhi H., and Xing B., *Bacterial toxicity comparison between nano-vegetative cells of Bacillus species, viruses, and toxins*. „Current Microbiology”, 44 (2009), 49–55;
 21. Makhluף S., Dror R., Nitzan Y., Abramovich Y., Jelinek R., and Gedanken A., *Microwave-assisted synthesis of nanocrystalline MgO and its use as a bactericide*. „Advanced Functional Materials”, 15 (2005), 1708–1715;
 22. Manoj K. Ram, Silvana Andreescu, Hanming Ding, *Nanotechnology for Environmental Decontamination*, „Mcgraw Hill Book CO”, Maj 2011, edycja 1;
 23. Dąbek L., Ozimina E., *Usuwanie zanieczyszczeń organicznych z roztworów wodnych metodą pogłębionego utleniania*, „Ochrona środowiska i zasobów naturalnych”, 41 (2009), 369–376;
 24. Biń K., *Zastosowanie procesów pogłębionego utleniania do uzdatniania wody*, „Ochrona Środowiska”, 1(68), (1998), 3–6;
 25. Świdarska R., Czerwińska M., Kutz R., *Utlenianie zanieczyszczeń organicznych za pomocą odczynnika Dentona*, VII Konf. Nauk. Pt. Kompleksowe i szczegółowe problemy inżynierii Środowiska, 2005, Zeszyty Naukowe Nr 22, Politechnika Koszalińska: 1–12;
 26. Kulik N., Trapiło M., Veressinina Y., Goi A., Munter R., *The Fenton chemistry as an effective tool for treatment generated by different processes*, International Conference on Environmental Research and Technology, ICERT 2008, 811–815;
 27. Zieliński M., Dębowski M., *Technologie oczyszczania ścieków powstałych w procesie obróbki i czyszczenia stali z wykorzystaniem metody pogłębionego utleniania*, „Woda i ścieki”, 6 (2011), 9–14;
 28. Kulikowska D., *Charakterystyka oraz metody usuwania zanieczyszczeń organicznych z odcieków pochodzących z ustabilizowanych składowisk odpadów komunalnych*, „Ecological Chemistry and Engineering S”, 16 (2009), 389–402;
 29. Bzdon S., Perkowski J., Szadkowska-Nicze M., *Zastosowanie modyfikowanego TiO_2 w procesach fotokatalitycznego utleniania związków organicz-*

- nych w roztworach wodnych, „Prace Instytutu Elektrotechniki”, 228 (2006), 203–223;
30. Rodriguez S. M., Galvez J.B., *Solar photocatalysis and water treatment: detoxification and disinfection*, “Solar energy conversion and photoenergy system”, vol. II, 2004;
31. Wąsowski J., Piotrowska A., *Rozkład organicznych zanieczyszczeń wody w procesach pogłębianego utleniania*, „Ochrona Środowiska”, 2 (85), (2002), 27–32;
32. Kot-Wasik A., Dąbrowska D., Namieśnik J., *Degradacja związków organicznych w środowisku*, Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Gdańskiej, 33 (2003), 699–721;
33. Barbusiński K., *Oczyszczanie ścieków przemysłowych metodami katalitycznymi z wykorzystaniem nadtlenu wodoru*, „Chemik”, 2 (2001), 31–3320;
34. Nowak J., *Bioremediacja gleb z ropy i jej produktów*, Biotechnologia, 1(80), (2008), 97–108;
35. *Przewodnik w zakresie reagowania na awarie zagrażające środowisku, część II. Techniki kontroli zanieczyszczeń*, 2007 r. wg. RIVER SHIELD 5D189, współfinansowany przez INTERREG III B program CADSES, 2007 r., [dok. elektr.] http://www.ios.edu.pl/pol/river/dokumenty/training_gorzow_techniki_kontroli_zanieczyszczen_przewodnik_2.pdf [dostęp 8 sierpnia 2013];
36. Majewski P., Zielonka Z., Wrzesiński J. A., *Nowa metoda usuwania radioaktywnych zanieczyszczeń z roztworów poakcyjnych*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, 2 (2011), 51–58;
37. Rakowska J., Porycka B., Nagrodzka M., *Ekologiczne kierunki zmian bazy surowcowej w koncentratkach gaśniczych*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, 3 (2010), 107–116;
38. Mizerski A., *Rozszerzona charakterystyka środków pianotwórczych stosowanych w pożarnictwie i ratownictwie chemicznym*, Zeszyty Naukowe SGSP Nr 35, Warszawa, 2007, 33–52;
39. Ciosek A., *Badania możliwości zastosowania pianotwórczych środków gaśniczych do wytwarzania pian dekontaminacyjnych*, Zeszyty Naukowe SGSP Nr 35, Warszawa, 2007, 19–31;
40. Twardochleb B., *Aktywność powierzchniowa, pianotwórczość oraz biodegradowalność surfaktantów stosowanych w pianotwórczych środkach gaśniczych*, „Przemysł chemiczny”, 90/10, (2011), 1802–1807;
41. Łenyk M., Żak G., *Badania właściwości powierzchniowych nowych dodatków detergentowo-dyspergujących i demulgujących*, NAFTAGAZ, (2010), 825–834;
42. Węsierski T., *Nowoczesne technologie ratownictwa chemicznego*, „Przemysł Chemiczny”, 4 (91), (2012), 578–581;
43. Legrini O., Olivers E., Braun A.M., *Photochemical processes for water treatment*, „Chemical Reviews” 93(2), (1993), 671–698;
44. Perkowski J., Szadkowska-Nicze M., Bzdon S., Łada E., *Fotochemiczny rozkład dodecylobenzenosulfonianu sodu w roztworach wodnych*, Międzyresortowy Instytut Techniki Radiacyjnej Politechniki Łódzkiej, zeszyt 234, (2008);
45. Wąsowski J., Piotrowska A., *Rozkład organicznych zanieczyszczeń wody w procesach pogłębianego utleniania*, „Ochrona Środowiska”, 85(2), (2002), 27–32;
46. Herrera F., Kiwi J., Lopez A., Nadtochenko V., *Photochemical decoloration of remazol brilliant blue and uniblue A in the presence of Fe³⁺ and H₂O₂*, Environmental Science & Technology 33(18), (1999), 3145–3151;
47. Aplin R., Feitz A. J., Waite T. D., *Effect of Fe (III) – ligand a properties on effectiveness of modified photo – Fenton processes*, „Water Science and Technology”, 44(5), (2001), 23–30;
48. Nicole, I., De Laat, J. & Dore, M. *Evaluation of reaction rate constants of OH radicals with organic compounds in diluted aqueous solutions using H₂O₂/UV process*, In Proc. 10th Ozone World Congr., March 1991, Monaco, 1, 279–290;
49. Hirvonen, A., Tuhkanen, T. & Kalliokoski, P., *Treatment of TCE – and TeCE-contaminated groundwater using UV/H₂O₂ and O₃/H₂O₂ oxidation processes*, „Water Science and Technology”, 33 (1996), 67–73;
50. Bischof, H., Höfl, C., Schönweitz, C., Sigl, G., Wimmer, B. & Wabner, D. *UV-activated hydrogen peroxide for ground and drinking water treatment – development of technical process*. In Proc. Reg. Conf. Ozone, UV-light, AOPs Water Treatm., September 24–26, 1996. Amsterdam, Netherlands, 117–131;
51. EPA Handbook, *Advanced Photochemical Oxidation Processes*, Office of Research and Development Washington, DC 20460, December 1998;
52. *The UV/Oxidation Handbook*, Solarchem Environmental Systems, 1994;
53. Brillas E., Mur E., et al., *Aniline mineralization by AOPs: Anodic oxidation, photocatalysis, electro-Fenton and photoelectro-Fenton processes*. „Applied Catalysis B: Environmental”, 16(1), (1998), 31–42;
54. Balci B., Oturan M.A., et al., *Decontamination of aqueous glyphosate, (aminomethyl) phosphonic acid, and glufosinate solutions by electro-Fenton-like process with Mn²⁺ as the catalyst*. „Journal of Agricultural and Food Chemistry”, 57(11), (2009), 4888–4894;

55. Fujishima A., Rao Tata N., Tryk Donald A., *Titanium dioxide photocatalysis.*, „Journal of Photochemistry and Photobiology C: Photochemistry Reviews” 1 (2000), 1–21;
56. Oller I., Malato S., Sanchez-Perez J.A., *Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for waster decontamination – A review*, „Science of the Total Environment”, 409 (2011), 4141–4166;
57. Rizzo L, *Bioassays as a tool for evaluating advanced oxidation processes in water and wastewater treatment*, „Water Research”, 45 (2011), 4311–4340;
58. Filali-Meknassi Y., Tyagi R.D., Surampalli R.Y., Barata C., Riva M.C., *Endocrine disrupting compounds in wastewater, sludge treatment processes and receiving waters: overview*, „Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management” 8 (2004), 1–18;
59. Heberer T., *Occurrence, fate, and removal of pharmaceutical residues in the aquatic environment: a review of recent research data*, „Toxicology Letters”, 131/1–2 (2002), 5–17;
60. Stackelberg P.E., Furlong E.T., Meyer M.T., Zaugg S.D., Henderson A.K., Reissman D.B., *Persistence of pharmaceutical compounds and other organic wastewater contaminants in a conventional drinking-water-treatment plant*, „Science of The Total Environment”, 329/1–3 (2004), 99–113;
61. Carballa M., Omil F., Lema J.M., Llompart M., García-Jares C., Rodríguez I., Gómez M., Ternes T., *Behavior of pharmaceuticals, cosmetics and hormones in a sewage treatment plant*, „Water Research”, 38/12 (2004), 2918–2926;
62. Commission of the European Communities, *The implementation of the Community strategy for endocrine disrupters: A range of substances suspected of interfering with the hormone systems of humans and wildlife*. COM [1999], Vol. 706, (2001);
63. Thomaidis N.S., Asimakopoulos A.G., Bletsou A.A., *Emerging contaminants: a tutorial mini-review*, „Global NEST Journal”, 14 (2012), 72–79.

mgr Michał Łudzik – absolwent Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu Wydział Chemii. Jest asystentem w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowodziowej w Zespole Laboratoriów Badań Chemicznych i Pożarowych. Zajmuje się badaniami kwalifikacyjnymi środków gaśniczych oraz sprzętu podręcznego.

доктор техн. наук **МАТЮШИН А.В. / MATYUSHIN A.V.¹**
доктор техн. наук **ПОРОШИН А.А. / POROSHIN A.A.¹**
канд. техн. наук **МАТЮШИН Ю.А./MATYUSHIN Y.A.¹**
канд. биол. наук **БОБРИНЕВ Е.В./BOBRINEV E.V.¹**
канд. физ.-мат. наук **КОНДАШОВ А.А./KONDASHOV A.A.¹**

Принята/Accepted: 14.06.2013; **Рецензирована/Reviewed:** 19.08.2013; **Опубликована/Published:** 30.09.2013

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РАЗМЕЩЕНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ В НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ^{2*}

Designing of Fire Service Divisions Location in Settlements Using GIS Technologies

Содержание

В статье описана математическая модель определения необходимого числа оперативных подразделений пожарной охраны для защиты населенных пунктов от пожаров. Представлены результаты разработки автоматизированной геоинформационной системы проектирования деятельности и ресурсной оснащенности оперативных подразделений пожарной охраны населенных пунктов. Описаны её структура и функциональные возможности.

Summary

The mathematical model to determine the required number of operational fire departments to protect settlements from fires was described. The authors of the study describe the results of automated GIS design, which is aimed at planning of activities and resource equipment for operational fire departments in settlements. The structure and functionality of the system were presented.

Ключевые слова: пожарная охрана, цели выезда на пожар, максимально допустимое расстояние от пожарной части до объекта пожара, геоинформационные системы (ГИС), автоматизированная система;

Keywords: fire service, fire response targets, maximum distance from the fire station to the object of fire, GIS technologies, automated system;

Вид статьи: исследования случая – анализ реальных случаев;

Type of article: case study – analysis of actual events;

1. Введение

Защита населенных пунктов от пожаров и чрезвычайных ситуаций является одной из важ-

ных задач, решение которой возложено на подразделения пожарной охраны. Поэтому задача по созданию оптимальной по функциональности и стоимости пожарной охраны населенного пункта является одной из актуальных научных задач, решение которой ищут ученые и специалисты разных стран мира [1-2]. При этом требуется обосновать минимально необходимое количество оперативных подразделений пожарной

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий» Почтовый адрес: мкр. ВНИИПО, д. 12, г. Балашиха, Московская область, 143903; электронная почта: vniipo@mail.ru; / Federal State Establishment All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters. Mail

address: mkr. VNIIPPO, 12, Balashikha, Moscow Region, Russia, 143903; e-mail address: kvniipo@mail.ru;

² Все авторы внесли одинаковый вклад в статью /All authors contributed equally to this work;

* Artykuł wyróżniony przez Komitet Redakcyjny/The article honoured by Editorial Committee

охраны (пожарных частей) с соответствующим набором сил и средств для защиты населенных пунктов от пожаров и чрезвычайных ситуаций.

2. Научно-методический подход к обоснованию необходимого числа пожарных подразделений населенных пунктов

Во ВНИИПО разработан научно-методический подход к обоснованию необходимого числа пожарных частей для защиты населенных пунктов от пожаров и чрезвычайных ситуаций [3-4]. Суть данного подхода состоит в следующем.

Для определения минимально необходимого количества пожарных частей в населенном пункте требуется знать максимально допустимую площадь обслуживания одного пожарного депо. Тогда необходимое количество пожарных частей для защиты населенного пункта от пожаров можно рассчитать по упрощенной формуле

$$N = \frac{S}{S_{\text{обс}}} = \frac{S \cdot k^2}{2,6 \cdot l^2}, \quad (1)$$

где N – общее количество подразделений пожарной охраны; S – общая площадь населенного пункта, км; $S_{\text{обс}}$ – площадь обслуживания одной пожарной части, км; l – максимально допустимое расстояние по дорогам от места размещения пожарного депо до объекта предполагаемого пожара, км; k – безразмерный коэффициент извилистости уличной сети дорог.

Для определения необходимого количества пожарных депо в населенном пункте необходимо и достаточно определить максимально допустимое расстояние по транспортной сети населенного пункта от пожарного депо до объекта предполагаемого пожара – (l). Практика оперативной работы пожарных подразделений показывает, что расстояние можно определить путем задания цели, которую ставят перед собой пожарные подразделения при обслуживании вызовов: цель №1- ликвидация пожара до того, как его площадь превысит площадь, которую может потушить один караул; цель №2- ликвидация пожара до того, как наступит предел огнестойкости строительных конструкций в помещении пожара; цель №3- ликвидация пожара до того, как опасные факторы пожара достигнут критических для жизни людей значений.

На основе формализованной модели боевых действий на пожаре были получены формулы для определения l_i (i -номер цели выезда на пожар) для различных вариантов развития пожара

[5-7]. Например, для случая кругового распространения пламени по твердым веществам и материалам получены формулы:

$$l_1 \leq \frac{\vartheta_{\text{сл}}}{60} \cdot (T_2 - T_1) \quad (2)$$

$$l_2 \leq \frac{\vartheta_{\text{сл}}}{60} \cdot \left[\sqrt{T_3 \cdot \left(\tau_{\text{но}} + \frac{T_3}{4} - T_0 \right)} - \left(T_1 + \frac{T_2}{2} \right) \right] \text{ при } \frac{S_{\text{пож}}}{S_{\text{пом}}} < 1 \quad (3)$$

$$l_2 \leq \frac{\vartheta_{\text{сл}}}{60} \cdot [\tau_{\text{но}} - (T_1 + T_T)] \text{ при } \frac{S_{\text{пож}}}{S_{\text{пом}}} \geq 1 \quad (4)$$

$$l_3 \leq \frac{\vartheta_{\text{сл}}}{60} \cdot \left[\sqrt{T_3 \cdot \left(\tau_{\text{но}} + \frac{T_3}{4} - T_0 \right)} - \left(T_1 + \frac{T_2}{2} \right) \right] \quad (5)$$

где l_i – максимально допустимое расстояние от пожарного депо до объекта предполагаемого пожара, км; $\vartheta_{\text{сл}}$ – средняя скорость следования дежурного караула на пожар, км/ч; τ_T – интервал времени от момента подачи огнетушащего средства в очаг пожара до момента его ликвидации (время тушения), мин; $\tau_{\text{но}}$ – интервал времени от момента возникновения пожара до момента наступления предела огнестойкости строительных конструкций, мин; $\tau_{\text{но}}$ – необходимое время эвакуации людей из помещения (здания, сооружения) при пожаре, мин; $S_{\text{пож}}$ – площадь возможного пожара на момент подачи огнетушащего средства, м²; $S_{\text{пом}}$ – площадь помещения пожара, м²; T_0 , T_1 , T_2 , T_3 – характерное время, мин; T_T – время тушения пожара на площади равной площади помещения, мин.

По данным формулам определяется максимально допустимое расстояние по дорогам населенного пункта от места размещения пожарного подразделения (пожарного депо) до здания (сооружения) дислоцированного в населенном пункте. При этом учитываются конструктивные особенности зданий (сооружений), их пожарная опасность и реализованные меры противопожарной защиты, а также особенности транспортной сети населенного пункта и тактические возможности выезжающего на пожар дежурного караула. В дальнейшем, с учетом всех полученных максимально допустимых расстояний для каждого здания (сооружения) определяются области пересечения пространственных зон размещения пожарных депо на территории населенного пункта, тем самым определяются число и места дислокации пожарных подразделений в населенных пунктах. Методика данного размещения описана в нормативном документе [7].

3. Автоматизированная геоинформационная система организационного проектирования деятельности и ресурсной оснащенности оперативных подразделений пожарной охраны населенных пунктов

На основе описанного выше подхода к определению необходимого числа пожарных частей для защиты населенных пунктов от пожаров и чрезвычайных ситуаций была разработана автоматизированная геоинформационная система организационного проектирования деятельности и ресурсной оснащенности оперативных подразделений пожарной охраны населенных пунктов (далее – ГИС АСОП-ПО) [8-9].

ГИС АСОП-ПО позволяет: создавать цифровой образ населенного пункта; проводить оценку эффективности организации деятельности действующих гарнизонов пожарной охраны; обосновывать необходимость строительства новых пожарных депо на территории населенных пунктов, с определением их конкретного места дислокации; определять границы зон обслуживания пожарных частей на территории населенных пунктов; проводить имитацию действий оперативных подразделений пожарной охраны; обосновывать требования к расписанию выездов на пожар в зависимости от особенностей пожарной опасности зданий (сооружений) и др.

Разработка ГИС АСОП-ПО осуществлена с использованием функциональных возможностей платформы ESRI ArcGIS.

В общем виде ГИС АСОП-ПО состоит из следующих программных модулей (см. рис. 1):

- управляющий модуль (предназначен для предоставления пользователю интерфейса доступа к функциям расчетных и имитационных задач системы);
- модуль работы с геоинформационными базами данных (предназначен для организации взаимодействия элементов системы с геоинформационными данными для формирования цифровой послойной электронной карты населенного пункта и отражения на ней результатов решения расчетных и имитационных задач);
- модуль работы с реляционной базой данных (предназначен для выполнения функций ввода, хранения и редактирования общетехнических данных о зданиях (сооружениях) населенного пункта, характеристик их пожарной опасности и параметров противопожарной защиты, а также данных по силам и средствам пожарной охраны);
- модуль “цель – расстояние” (предназначен для решения расчетной задачи определения макси-

мально допустимого расстояния от здания (сооружения) предполагаемого пожара до места дислокации оперативного подразделения пожарной охраны (пожарных депо) при различных целях выезда оперативных подразделений пожарной охраны и схем пожаров в зданиях (сооружениях) населенного пункта);

- модуль “дислокация” (предназначен для определения мест дислокаций оперативных подразделений пожарной охраны (пожарных депо) на территории населенного пункта);
- модуль “зоны обслуживания” (предназначен для осуществления процедуры разбиения территории населенного пункта на зоны обслуживания, закрепленные за оперативными подразделениями пожарной охраны);
- модуль “маршрут следования” (предназначен для решения задачи определения оптимального маршрута следования к месту вызова);
- модуль “имитация действий оперативных подразделений” (предназначен для проведения имитационных экспериментов и расчетов на средствах вычислительной техники с целью отражения процессов свойственные оперативной деятельности пожарной охраны).

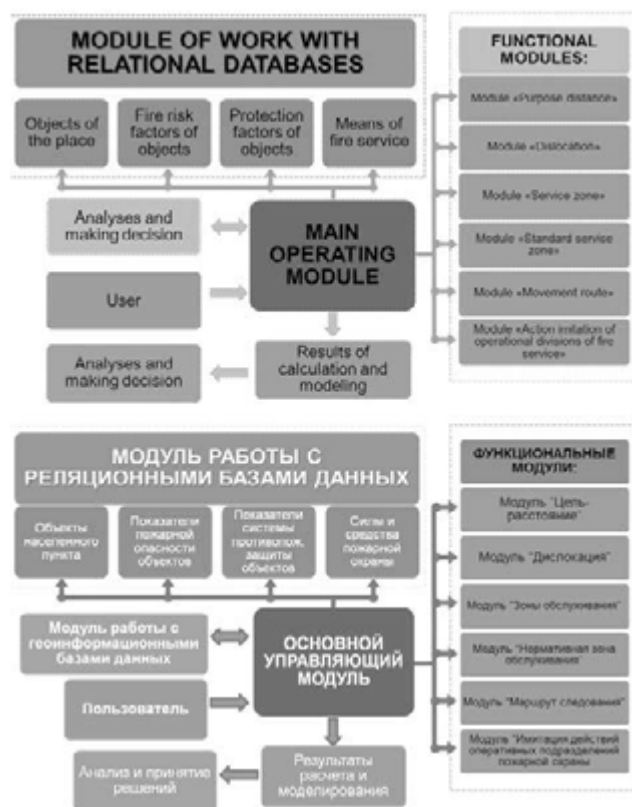


Рис. 1. Общая структура управления и взаимодействия модулей ГИС АСОП-ПО
Fig. 1. The overall structure of administration and interaction between modules of Geographic Information System aimed at planning of activities and resource equipment for operational fire departments in settlements

Общий вид основного окна ГИС АСОП-ПО представлен на рис. 2.

Цифровой образ населенного пункта формируется посредством задания множества параметров зданий (сооружений) населенного пункта, элементов системы противопожарной защиты (автоматические системы сигнализации и пожаротушения, огнестойкость строительных конструкций, наличие сухотрубов и т.д.), его транспортной сети и др. Также при описании объектов населенного пункта используются параметры сил и средств пожарной охраны (типы и характеристики зданий пожарных депо с соответствующим количеством выездов, типаж и характеристики пожарных автомобилей основного и специального назначения др.).

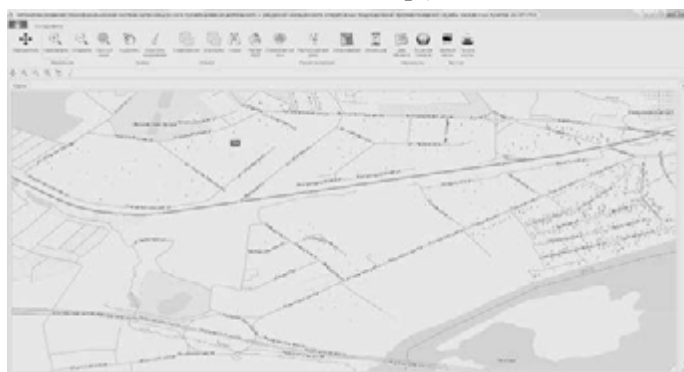


Рис. 2. Общий вид основного окна ГИС АСОП-ПО
Fig. 2. The general view of the Geographic Information System application main window

Программный модуль “Цель – расстояние” обеспечивает отображение на электронной карте населенного пункта зону возможного расположения пожарного депо для анализируемого здания (рис. 3). Данная зона представляется в виде неправильного полигона, рассчитанного на основе транспортной сети населенного пункта.

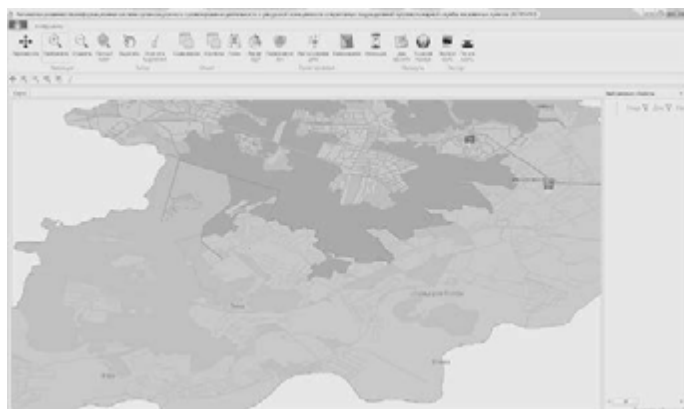


Рис. 3. Расчетная зона расположения пожарного депо для выбранного здания
Fig. 3. Calculated area of location of fire departments for a particular building

Программный модуль “Дислокация” предназначен для определения мест дислокаций опе-

ративных подразделений пожарной охраны на территории населенного пункта исходя из совокупности максимально допустимых расстояний от зданий (сооружений) предполагаемого пожара до места дислокации оперативного подразделения пожарной охраны. Входной информацией для данного модуля является набор анализируемых зданий (сооружений), для которых рассчитаны максимально допустимые расстояния. Выходной информацией данного модуля являются пространственные области на территории населенного пункта, в которых следует разместить оперативные подразделения пожарной охраны (здания пожарных депо). Полученные пространственные области описывают варианты размещения оперативных подразделений пожарной охраны на территории населенного пункта (рис. 4).

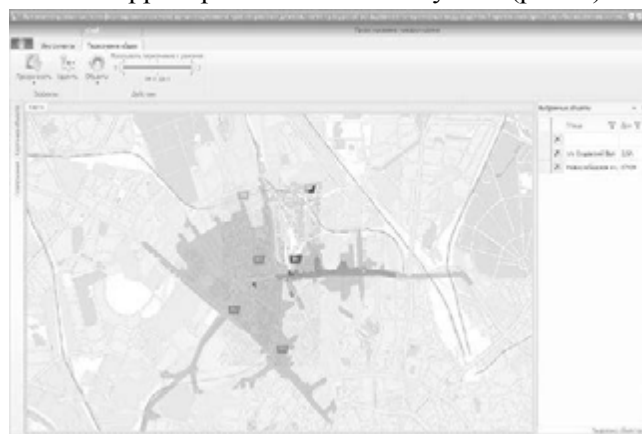


Рис. 4. Пересечения зон покрытия объектов
Fig. 4. Intersections of the areas served by fire departments

Программный модуль “Дислокация” обеспечивает отображение на электронной карте населенного пункта варианты размещения оперативных подразделений пожарной охраны (зданий пожарных депо).

При определении количества и размещении пожарных депо учитывается территориальное распределение зданий с различными характеристиками по пожарной опасности, а также конфигурация и параметры транспортной сети, которые накладывают ограничения на время проезда от депо к местам возникновения пожара.

Программный модуль “Зоны обслуживания” обеспечивает разбиение территории населенного пункта на зоны обслуживания, закрепленные за оперативными подразделениями (рис. 5). Под зоной обслуживания понимается участок территории населенного пункта, с соответствующим набором зданий (сооружений), закрепленный за оперативным подразделением пожарной охраны в качестве зоны первоочередного обслуживания вызовов о пожаре. При этом в каждой зоне обслуживания отражается месторасположение пожарной части (здания пожарного депо).

Зона обслуживания депо может быть представлена как в виде полигональной оболочки, охватывающей депо и отнесенные к нему здания, так и в виде множества элементов полигональной сетки (регулярной или квартальной), включающих названные элементы.

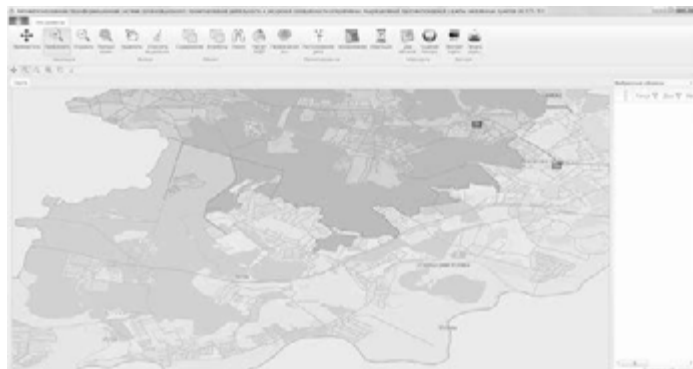


Рис. 5. Результат определения зон обслуживания пожарных депо

Fig. 5. The outcome of determining which areas are served by fire departments

4. Заключение

С использованием положений модели обоснования необходимого числа пожарных подразделений для защиты населенных пунктов от пожаров и чрезвычайных ситуаций разработана автоматизированная геоинформационная система ГИС АСОП-ПО. Данная система позволяет проводить экспертизу эффективности организации деятельности оперативных подразделений пожарной охраны, формировать требования к расписанию выездов на пожар в зависимости от особенностей пожарной опасности зданий (сооружений), обосновывать необходимость строительства пожарных депо в населенных пунктах, определять границы зон обслуживания пожарных частей на территории населенных пунктов, определять необходимый состав сил и средств пожарной охраны населенного пункта.

Литература

1. Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А. Зарубежный опыт обоснования мест дислокации оперативных подразделений пожарной охраны // Пожарная безопасность. – 2005. – №2. – с.74-82.
2. Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А. Отечественный опыт расчетного обоснования ресурсов оперативных подразделений пожарной охраны и мест их дислокации в населенных пунктах // Пожарная безопасность. – 2005. – №3. – С. 61-74.
3. Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А. Методологические основы определения необходимого числа оперативных подразделений пожарной охраны для защиты городских и сельских поселений от пожаров (новый взгляд на старую проблему) // Пожарная безопасность. – 2005. – №3. – С. 45-52
4. Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А. Проблемы и пути решения задачи обоснования мест дислокации оперативных подразделений пожарной охраны // Пожарная безопасность многофункциональных и высотных зданий и сооружений: Материалы XIX науч.-практ. конф. – Ч.2. – М.: ВНИИПО, 2005. С. 271-275
5. Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А. Научные основы методологии дислокации подразделений пожарной охраны // Обеспечение пожарной безопасности на территории Российской Федерации: Методическое пособие / С.П. Амельчугов, И.А. Болодьян, Г.В. Боков и др.; Под общ. ред. Ю.Л. Воробьева. – М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2006. – С. 330-339..
6. Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А., Кондашов А.А. Методология определения максимально допустимого расстояния между пожарным депо и объектом предполагаемого пожара // Исторические и современные аспекты решения проблем горения, тушения и обеспечения безопасности людей при пожарах: Материалы XX Международной науч.-практ. Конф., посвященной 70-летию создания института. – секция 3. – М.: ВНИИПО, 2007. – С. 59-66
7. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения. Свод правил. СП 11.13130.2009. М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2009.
8. А.В. Матюшин, А.А. Порошин, А.А. Кондашов, Ю.А. Матюшин, Е.В. Бобринев, А.В. Терехов Автоматизированная система организационного проектирования деятельности и ресурсной оснащенности оперативных подразделений пожарной охраны // Юбилейный сборник трудов ФГБУ ВНИИПО МЧС России/под общ. ред. В.И. Климкина. – М.: ВНИИПО, 2012. – С. 523-542.
9. А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Е.В. Бобринев, А.А. Кондашов, Ю.А. Матюшин, А.В. Терехов Современные геоинформационные технологии в проектировании гарнизонов пожарной охраны // Пожарная безопасность – 2012.- №3.- С. 107.-119.

Порошин Александр Алексеевич, полковник внутренней службы, д-р технических наук, академик НАНПБ, начальник научно-исследовательского Центра организационно-управленческих проблем пожарной безопасности ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Область научных интересов: разработка методов и математических моделей вариантного проектирования систем обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, разработка моделей обоснования ресурсной обеспеченности, мест дислокации пожарной охраны в населенных пунктах и на объектах промышленности. Автор (соавтор) более 180 научных публикаций.

Матюшин Юрий Александрович, майор внутренней службы, кандидат технических наук, начальник сектора отдела ресурсов пожарной охраны и психологических исследований ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Специализируется в области обоснования ресурсного обеспечения пожарной охраны. Автор более 30 научных статей. Член совета молодых ученых и специалистов ФГБУ ВНИИПО МЧС России.

Бобринёв Евгений Васильевич, полковник внутренней службы, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела ресурсов пожарной охраны и психологических исследований ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Специализируется в области разработки математических моделей ресурсного обеспечения пожарной охраны, проблем кадрового и психологического обеспечения деятельности личного состава МЧС России. Автор более 80 научных статей.

Кондашов Андрей Александрович, кандидат физико-математических наук, ведущий научный сотрудник отдела ресурсов пожарной охраны и психологических исследований ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Специализируется в области ресурсного обеспечения пожарной охраны. Занимается созданием математических моделей и программных продуктов для разработки автоматизированных систем расчета ресурсной обеспеченности пожарной охраны. Автор более 60 научных статей.

mgr inż. **Wiesław LESZKO**¹
dr inż. **Patryk ZRADZIŃSKI**²

Przyjęty/Accepted: 23.04.2013; **Zrecenzowany/Reviewed:** 27.08.2013; **Opublikowany/Published:** 30.09.2013

BADANIE NARAŻENIA FUNKCJONARIUSZY PAŃSTWOWEJ STRAŻY POŻARNEJ NA POLE ELEKTROMAGNETYCZNE PROFESJONALNYCH URZĄDZEŃ ŁĄCZNOŚCI BEZPRZEWODOWEJ*

The Studies of the State Fire Service Officers Exposure to Electromagnetic Fields of Professional Wireless Communication Devices

Streszczenie

Do prowadzenia skutecznych działań ratunkowych, gaśniczych i ochrony ludności strażacy potrzebują łączności z jednostkami koordynującymi oraz między sobą. W tym celu wykorzystywane są różnego typu profesjonalne urządzenia łączności bezprzewodowej (radiotelefony przenośne i przewoźne) oraz telefony komórkowe. W opracowaniu przedstawiono charakterystykę tych urządzeń oraz wyniki badań emitowanego przez nie pola elektromagnetycznego, na które narażeni są pracownicy podczas wykonywania zadań służbowych.

Absorpcja energii radiofaleowego pola elektromagnetycznego, którego źródłem są m.in. radiotelefony oraz telefony komórkowe, może spowodować w organizmach żywych podwyższenie temperatury tkanek i płynów ustrojowych. Wiele badań wskazuje na możliwość wystąpienia negatywnych skutków zdrowotnych związanych z użytkowaniem tego rodzaju źródeł pola elektromagnetycznego.

Z przeprowadzonych przez CIOP-PIB badań ankietowych wynika, że w realizacji zadań służbowych strażacy wykorzystują 2 profesjonalne systemy łączności: konwencjonalnej (pasmo 147–174MHz) oraz trunkingowej (pasmo 380–450MHz). Korzystają także z 3 publicznych systemów telefonii komórkowej: GSM 900, DCS 1800, UMTS 2140.

System łączności konwencjonalnej jest dostępny dla funkcjonariuszy pracujących zarówno w dużych jednostkach miejskich, jak i w jednostkach podmiejskich, natomiast system łączności trunkingowej jest obecnie spotykany głównie w dużych aglomeracjach miejskich. Systemy GSM 900, DCS 1800 oraz UMTS są używane nie tylko przez pracowników PSP, ale też przez ogół ludności.

Ocenę narażenia pracowników PSP wykonano w oparciu o pomiary wartości chwilowych natężeń pola elektrycznego oraz magnetycznego. Dla wszystkich używanych typów radiotelefonów pomiary wykonano w typowych, rzeczywistych warunkach pracy obejmujących nadawanie i odbieranie informacji. Przeprowadzone pomiary i ocena pól elektrycznych i magnetycznych wytwarzanych przez radiotelefony przenośne oraz przewoźne wykazały, że w czasie nadawania radiotelefonów w otoczeniu występują pola o poziomie ekspozycji zawodowej tj. takiej, w której dozwolone jest przebywanie jedynie pracowników przeszkolonych nt. zasad bezpiecznej pracy przy źródłach pola, niemających przeciwwskazań zdrowotnych do narażenia na pola elektromagnetyczne. W przypadku użycia radiotelefonów stacjonarnych mamy do czynienia ze słabszą ekspozycją pozazawodową na pola, tj. w tym przypadku nie ma ograniczeń dotyczących ekspozycji pracowników i ludności.

Summary

Firefighters require communications with coordinating units and between other officers to carry out effective rescue, fire and civil protection operations. For this purpose different types of wireless professional communication devices (handset,

¹ Pracownia Zagrożeń Elektromagnetycznych, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Czerniakowska 16, 01-701 Warszawa, Polska; wiles@ciop.pl; wkład merytoryczny – 50%; Central Institute for Labor Protection – National Research Institute; Poland; percentage contribution – 50%

² Pracownia Zagrożeń Elektromagnetycznych, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, ul. Czerniakowska 16, 01-701 Warszawa, Polska; pazra@ciop.pl; wkład merytoryczny – 50%; Central Institute for Labor Protection – National Research Institute; Poland; percentage contribution – 50%

* Artykuł wyróżniony przez Komitet Redakcyjny/The article honoured by Editorial Committee

transportable) and mobile phones are used. This article presents the characteristics of these devices, and discusses the related electromagnetic fields to which workers are exposed.

Exposure to electromagnetic fields from handsets and mobile phones causes thermal effects inside the body as tissues and body fluids temperature increase due to absorption of electromagnetic field energy. A number of studies show that negative health effects related to use of such type of electromagnetic field sources may occur.

Questionnaire studies realized by CIOP-PIB show that the firefighters use two professional communication systems: conventional (frequency band 147-174MHz) and trunked (380-450MHz). They also use three public communication systems: GSM 900, DCS 1800 and UMTS 2140.

The conventional communication system is available for officers working in large urban and suburban units while the trunked communication system is actually available only in large urban areas. GSM 900, DCS 1800 and UMTS systems are used not only by the general public but also by the firefighters.

Electromagnetic field exposure assessment of firefighters was carried out on the basis of the measurements of actual value of the electric and magnetic fields strength. Measurements were made in typical, realistic operating conditions including transmission and reception of information for all types of handsets used. The measurements and assessment of electric and magnetic fields generated by the professional wireless communication devices (handsets, transportable) showed that during transmission electric and magnetic fields of strength values of occupational exposure level (i.e. in which workers trained in safety principles related to work in the vicinity of field sources and who do not have health contraindication to work in such fields may remain) might be present in the vicinity of device. In the case of stationary professional wireless communication devices only electric and magnetic field strength values of the general public exposure (without limits for the general public and workers exposure) were found.

Słowa kluczowe: radiotelefony, pola elektromagnetyczne, łączność konwencjonalna, łączność rankingowa;

Keywords: wireless communication handsets, electromagnetic fields, conventional communication, trunked communication;

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy;

Type of article: original scientific article;

1. Wstęp

Szybki rozwój telekomunikacji przyczynił się m.in. do dużego rozpowszechniania łączności bezprzewodowej opartej na przesyłaniu informacji za pomocą promieniowania elektromagnetycznego. Jest ona ważnym narzędziem pracy m.in. Straży Pożarnej, ponieważ w związku z wykonywaniem obowiązków służbowych pracownicy jednostek biorących udział w zdarzeniach muszą pozostawać w stałym kontakcie z jednostkami koordynującymi.

Wiele badań naukowych wskazuje na negatywne skutki zdrowotne występujące ze zwiększoną częstotliwością wśród osób długotrwale narażonych na pola elektromagnetyczne radiofalowe, w tym długoletnich użytkowników urządzeń łączności bezprzewodowej – telefonów komórkowych [1][2][3][11][14]. W maju 2011 roku grupa robocza IARC (Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem) na podstawie analizy wyników badań epidemiologicznych i laboratoryjnych stwierdziła, że istnieją powiązania między oddziaływaniem pól elektromagnetycznych o częstotliwościach radiowych (RF), emitowanych m.in. przez urządzenia łączności bezprzewodowej, a występowaniem chorób nowotworowych i uznała za zasadne zaklasyfikowanie pól RF do grupy 2B, czyli czynników środowiskowych prawdopodobnie rakotwórczych dla ludzi [13]. W związku z tym istotne jest monitorowanie charakterystyki narażenia zawodowego na ten czynnik, szczególnie pracowników, którzy podlegają jego oddziaływaniu długotrwale. Skutki narażenia na pola, które występują wewnątrz organizmu, zależą od częstotliwości

i natężenia pola elektromagnetycznego oraz od warunków, w jakich ono oddziałuje. W przypadku wielkich częstotliwości, do których zaliczają się częstotliwości pracy profesjonalnych systemów łączności bezprzewodowej oraz publicznych systemów telefonii komórkowej, mamy do czynienia z termicznymi skutkami oddziaływania pola, polegającymi na podwyższaniu temperatury tkanek i płynów ustrojowych organizmów żywych wskutek absorpcji energii promieniowania pola elektromagnetycznego. Zgodnie z powszechnie akceptowanymi wymaganiami międzynarodowymi miarą służącą powiązaniu zagrożenia skutkami termicznymi z parametrami pola elektromagnetycznego oddziałującego na organizm, ocenianą na podstawie obliczeń modelowych, jest szybkość pochłaniania właściwego energii wyrażana przez współczynnik SAR [4][5]. Natomiast miarami narażenia pracowników są: natężenie pola elektrycznego i magnetycznego, zmierzone w miejscu ich przebywania przy źródle pola, ale bez obecności ludzi w tym miejscu.

W opracowaniu przedstawiono charakterystykę profesjonalnych systemów łączności bezprzewodowej (radiotelefonów) wykorzystywanych w Polsce przez jednostki Państwowej Straży Pożarnej (PSP) oraz omówiono wyniki badań emitowanego przez nie pola elektromagnetycznego, na które narażeni są pracownicy użytkujący radiotelefony podczas wykonywania zadań służbowych.

1. Urządzenia łączności wykorzystywane przez jednostki PSP

Profesjonalne radiotelefony mobilne i telefony komórkowe są urządzeniami łączności osobistej, które stanowią podstawowe wyposażenie z zakresu łączności bezprzewodowej używanej przez PSP.

Publiczne systemy telefonii komórkowej wymagają nadajników pośredniczących (stacji bazowych), ale dzięki nim możliwe jest komunikowanie się na nieograniczonym obszarze. Natomiast tradycyjne radiotelefony komunikują się bezpośrednio między sobą i nie wymagają infrastruktury pośredniczącej. Konsekwencją takiej struktury jest ograniczony zasięg działania. Jednak coraz częściej stosuje się systemy, w których radiotelefony mobilne umożliwiają nawiązywanie łączności pomiędzy operatorami na większych odległościach za pomocą specjalnych stacji przekaźnikowych.

Omawiane profesjonalne radiotelefony łączności bezprzewodowej można podzielić na 3 podstawowe grupy:

- radiotelefony przenośne – inaczej zwane nasobnymi. Urządzenie takie zapewnia łączność na niewielkim obszarze działania, do około 5 km. Ze względu na to, że w czasie pełnienia zadań terenowych niemalże każdy funkcjonariusz wyposażony jest w radiotelefon przenośny, stanowią one najliczniejszą grupę urządzeń wykorzystywanych przez PSP.
- radiotelefony przewoźne – są to nieduże urządzenia o konstrukcji pozwalającej na montaż w pojazdach. Ze względu na to, że niemalże każdy pojazd PSP jest wyposażony w taki radiotelefon, to stanowią one drugą co do liczebności grupę urządzeń łączności bezprzewodowej użytkowanej w jednostkach PSP. Zapewniają one łączność na obszarze do 15–20 km.
- radiotelefony stacjonarne – Urządzenia tego typu charakteryzują się dużą mocą wyjściową oraz dużym obszarem działania do 20–30 km. Jednak ze względu na swoje duże wymiary i masę są rzadko eksploatowane.

Konstrukcja radiotelefonów przewoźnych oraz ich nieduże wymiary sprawiają, że bardzo często instaluje się je na stanowiskach kierowania oraz w punktach alarmowania i pełnią one funkcję radiotelefonów stacjonarnych. W związku z powyższym do grupy urządzeń stacjonarnych w prezentowanych badaniach zaliczono również urządzenia przewoźne na stałe instalowane w wyżej wymienionych miejscach. W przypadku tej grupy urządzeń, instalowanych zarówno w pojazdach, jak i na stanowiskach kierowania, nie są one zintegrowane z anteną, lecz połączone kablem, co umożliwia umieszczenie anteny w znacznej odległości od stanowiska pracy. Najczęściej spotykanymi przypadkami lokalizacji ante-

ny są dach pojazdu lub budynku, albo samodzielny maszt, który może być zlokalizowany w znacznej odległości od budynku [10].

2. Systemy łączności bezprzewodowej wykorzystywane w jednostkach PSP

Celem rozpoznania charakterystyki systemów łączności bezprzewodowej wykorzystywanych w jednostkach PSP Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy przeprowadził badania ankietowe dotyczące profesjonalnych urządzeń łączności bezprzewodowej. Wzięło w nich udział 54 przedstawicieli 25 miejskich i powiatowych jednostek PSP. Zadeklarowali oni wykorzystywanie pięciu pasm częstotliwości na potrzeby realizacji zadań służbowych (Ryc. 1):

- pasmo 147–174 MHz – łączność konwencjonalna umożliwiająca transmisję głosu na niewielkim obszarze działania, charakteryzuje się ona tym, że każdy kanał jest przeznaczony dla konkretnej grupy użytkowników,
- pasmo 380–450 MHz – łączność trunkingowa umożliwiająca transmisję głosu i danych na dowolnym obszarze działania za pomocą stacji pośredniczących, charakteryzująca się dynamicznym zarządzaniem kanałami, co ma wpływ m.in. na skrócenie czasu oczekiwania na połączenia,
- GSM 900 – standard publicznej telefonii komórkowej umożliwiający transmisję głosu i danych w paśmie częstotliwości 880–960 MHz, najczęściej spotykany na obszarach podmiejskich,
- DCS 1800 – standard publicznej telefonii komórkowej umożliwiający transmisję głosu i danych w paśmie częstotliwości 1710–1880 MHz, najczęściej spotykany na obszarach wielkomiejskich,
- UMTS 2140 – standard umożliwiający transmisję głosu i danych z dużą przepustowością oraz prowadzenie wideopołączeń, występujący na obszarach wielkomiejskich oraz wzdłuż głównych krajowych szlaków komunikacji drogowej.

Podstawowymi systemami, które realizują połączenia pomiędzy omawianymi profesjonalnymi radiotelefonami mobilnymi są systemy łączności konwencjonalnej i trunkingowej PSP. System łączności konwencjonalnej jest dostępny wśród funkcjonariuszy pracujących zarówno w dużych jednostkach miejskich, jak i w jednostkach podmiejskich. System łączności trunkingowej jest obecnie spotykany głównie w dużych aglomeracjach miejskich. Natomiast systemy GSM 900, DCS 1800 oraz UMTS są na co dzień używane nie tylko przez pracowników PSP, ale i przez ogół ludności.

Profesjonalne urządzenia łączności bezprzewodowej (radiotelefony) są urządzeniami znacznie różniącymi się od aparatów pracujących w publicznych systemach telefonii komórkowej, powszechnie

nie używanych przez ludność. Mogą one pracować przy większych poziomach emisji pola elektromagnetycznego zapewniających większy zasięg i z innymi częstotliwościami. Radiotelefony stacjonarne i przewoźne są urządzeniami pracującymi z mocami z zakresu od 10–25 W. W przypadku radiotelefonów przenośnych mamy do czynienia z mocą wyjściową z zakresu od 1–5 W, natomiast telefony komórkowe charakteryzują się dużo mniejszą mocą z przedziału od 0,25–2 W, w zależności od generacji systemu łączności.

3. Metodyka badań pól elektromagnetycznych

Ocenę narażenia pracowników PSP na pola elektromagnetyczne wykonano w oparciu o pomiary wartości chwilowych natężeń pola elektrycznego (E , wyrażonego w voltach na metr, V/m) oraz magnetycznego (H , wyrażonego w amperach na metr, A/m). Pomiary tych wielkości dotyczyły typowych, rzeczywistych warunków pracy obejmujących nadawanie i odbieranie informacji dla wszystkich używanych typów radiotelefonów. Zostały one wykonane zgodnie z metodyką określoną w polskiej normie [12].

Zgodnie z wymaganiami normy sesje pomiarowe obejmowały:

- identyfikację częstotliwości pola elektromagnetycznego wytwarzanego przez urządzenie mobilnej łączności bezprzewodowej z zastosowaniem selektywnego miernika SRM-3000 prod. Narda, z anteną izotropową typu P/N 3501/01 do pomiaru wartości skutecznej pola elektrycznego z pasma częstotliwości 27 MHz – 3 GHz, w zakresie od 0,25 mV/m do 435 V/m, z funkcją analizatora widma,
- szerokopasmowe pomiary punktowe pierwotnego pola elektrycznego (niezaburzonego obecnością pracowników lub innych osób) wokół mobilnych urządzeń łączności bezprzewodowej z zastosowaniem miernika EMR-300 Radiation Meter prod. Wandel & Goltermann z izotropową sondą typu 8.2 do pomiaru wartości skutecznej natężenia pola elektrycznego z pasma częstotliwości 100 kHz – 3 GHz, w zakresie od 0,4 do 800 V/m,
- szerokopasmowe pomiary punktowe pierwotnego pola magnetycznego wokół mobilnych urządzeń łączności bezprzewodowej z zastosowaniem miernika EMR-300 Radiation Meter prod. Wandel & Goltermann z izotropową sondą typu 10.2 do pomiaru wartości skutecznej natężenia pola magnetycznego z pasma częstotliwości 27 MHz – 1 GHz, w zakresie od 0,02 do 16 A/m.

Mierniki wzorcowano w laboratorium Głównego Urzędu Miar (GUM) oraz w akredytowanym laboratorium wzorcującym CIOP-PIB (certyfikat Pol-

skiego Centrum Akredytacji nr AP 061). Również powszechnie akceptowane zalecenia międzynarodowe wskazują podobnie do polskiej normy, że miarą narażenia na pola elektromagnetyczne jest natężenie pierwotnego pola elektrycznego i magnetycznego w miejscu przebywania człowieka [4][5].

Ze względu na różne rodzaje radiotelefonów wykorzystywanych przez jednostki PSP (radiotelefony przenośne, przewoźne i stacjonarne), a co za tym idzie różny charakter narażenia funkcjonariuszy, sesjami pomiarowymi objęto:

- rozkład przestrzenny pola elektromagnetycznego wokół różnych radiotelefonów przenośnych (nasobnych),
- natężenie pola elektrycznego i magnetycznego we wnętrzu pojazdów interwencyjnych wyposażonych w radiotelefon przewoźny i antenę mocowaną do karoserii poza kabiną pasażerską,
- natężenie pola elektrycznego w punktach alarmowania i na stanowiskach kierowania wyposażonych w radiotelefon stacjonarny i antenę instalowaną na maszcie znajdującym się na zewnątrz budynku.

Pomiary rozkładu przestrzennego pola elektromagnetycznego, wytwarzanego przez radiotelefon odsunięty od ciała użytkownika na odległość wyciągniętej ręki wykonano z użyciem miernika umieszczonego na drewnianym statywie. Pomiar polegał na zdalnym odczycie wyniku pomiaru z miernika przez separujące łącze optyczne, przy zwiększaniu odległości pomiędzy anteną radiotelefonu a sondą pomiarową (od 10 do 70 cm), i został wykonany dla wszystkich dostępnych trybów pracy, z jakimi pracowały badane radiotelefony.

4. Zasady oceny poziomu narażenia pracowników na pole elektromagnetyczne

Zgodnie z wymaganiami prawa pracy pracownicy w trakcie wykonywania zadań służbowych narażeni na pola elektromagnetyczne mogą podlegać [7][8][15][17]:

- **ekspozycji pozazawodowej**, kiedy podlegają oddziaływaniu słabego pola, w którym nie ma ograniczeń ekspozycji ludności i pracowników, tj. przebywają w polach tzw. strefy bezpiecznej (SB). W przypadku częstotliwości wykorzystywanych przez łączność konwencjonalną i trunkingową są to pola o wartości natężenia pola elektrycznego poniżej 6,7 V/m, a magnetycznego poniżej 0,02 A/m.
- **ekspozycji zawodowej**, kiedy są narażeni na silniejsze pola, w których wolno przebywać jedynie pracownikom przeszkolonym nt. zasad bezpiecznej pracy przy źródłach pola i został potwierdzony brak przeciwwskazań zdrowotnych do narażenia tych pracowników na pola elektromagnetyczne, tj. prze-

bywają w polach tzw. strefy pośredniej lub zagrożenia (SP + SZ). Są to pola o natężeniach przewyższających granicę ekspozycji pozazawodowej, a nie przekraczających granicy ekspozycji zabronionej.

- **ekspozycji zabronionej**, kiedy są narażeni na silne pola tzw. strefy niebezpiecznej (SN), tj. podlegają narażeniu zabronionemu przez prawo pracy (zadania w takich polach powinny być wykonywane jedynie przez pracowników ubranych w specjalne kombinezony ochronne). Dla omawianych systemów łączności strefa niebezpieczna to pola elektryczne o natężeniu przekraczającym 200V/m, lub pola magnetyczne przekraczające 0,53A/m.

6. Wyniki badań

6.1. Radiotelefony przenośne

Źródłem pola elektromagnetycznego w przypadku radiotelefonów przenośnych są anteny będące zintegrowanym elementem urządzenia. Zastosowanie akcesoriów dodatkowych, typu zestawu mikrofono-słuchawkowe, pozwala na trwały montaż terminala w wybranym miejscu i zwolnienie rąk w czasie rozmowy. Zazwyczaj montuje się je przy paskach lub wkłada do kieszeni kurtki. Jednak nie przyczynia się to do całkowitej eliminacji narażenia na pola elektromagnetyczne. Rozwiązania te mogą co najwyżej przyczynić się do zmiany rozkładu przestrzennego narażenia wybranych części ciała [10].

Na rycinach 2–5 przedstawiono natężenia pola elektrycznego i magnetycznego zmierzonego w jednostkach PSP podczas standardowych warunków pracy w czasie nadawania, z uwzględnieniem trybów pracy LOW i HIGH, w otoczeniu przenośnych profesjonalnych urządzeń łączności bezprzewodowej. Pomiary przeprowadzono przy 12 radiotelefonach systemu konwencjonalnego pracujących w trybie LOW oraz przy 20 radiotelefonach pracujących w trybie HIGH, oraz przy 6 radiotelefonach systemu trunkingowego pracujących w ręcznie wybranym trybie LOW i HIGH w standardzie EDACS.

Urządzenia z grupy przenośnych stanowią najliczniejszą grupę radiotelefonów użytkowanych przez funkcjonariuszy PSP zapewniających łączność pomiędzy jednostkami prowadzącymi działania w terenie. W urządzeniach pracujących w systemie konwencjonalnym oraz w standardzie EDACS w systemie trunkingowym istnieje możliwość wyboru trybu pracy LOW i HIGH oznaczających odpowiednio pracę z mniejszą (1W) lub większą mocą wyjściową (4W), co przekłada się na różny zasięg działania. Z wykonanych badań w jednostkach PSP wynika, że w związku z powyższym, aby zapewnić funkcjonariuszom niezawodność i skuteczność połączeń na możliwie największym obszarze działania

radiotelefony przenośne mają niejednokrotnie zaprogramowany na stałe tylko tryb pracy HIGH.

Przeprowadzone pomiary i ocena pola elektrycznego i magnetycznego o częstotliwości z pasma 147–174MHz i z pasma 380–450MHz wytwarzanych przez radiotelefony przenośne (nasobne) wykazała, że w czasie nadawania w otoczeniu radiotelefonów występuje pole elektromagnetyczne ekspozycji zawodowej (wg wspomnianych wymagań prawa pracy). Zasięgi pola elektromagnetycznego ekspozycji zawodowej we wszystkich dostępnych trybach pracy zostały zaprezentowane w tabeli 1.

Nie stwierdzono ekspozycji zabronionej. Jednak użytkownik radiotelefonu znajdujący się w odległości od anteny nieprzekraczającej długości wyciągniętej ręki narażony jest na pola elektromagnetyczne ekspozycji zawodowej strefy zagrożenia lub pośredniej (Ryc 2-5). Maksymalne stwierdzone zasięgi pól elektromagnetycznych ekspozycji zawodowej wynosiły 80 i 100cm odpowiednio dla radiotelefonów w systemie konwencjonalnym oraz trunkingowym w standardzie EDACS (Tabela 1). Wynika stąd, że również osoby znajdujące się w pobliżu użytkownika radiotelefonu mogą znajdować się w polach stref ochronnych.

6.2. Radiotelefony przewoźne

Głównym źródłem pola elektromagnetycznego w przypadku radiotelefonów przewoźnych są anteny, które są zamocowane na stałe lub za pomocą magnesowych podstaw do karoserii pojazdów. Anteny te nie są zintegrowane z radiotelefonami, lecz połączone za pomocą przewodu ekranowanego, dzięki czemu radiotelefon znajduje się wewnątrz pojazdu, w pewnej odległości od anteny.

Rycina 6 prezentuje natężenia pola elektrycznego zmierzonego w pojazdach interwencyjnych wyposażonych w profesjonalne radiotelefony mobilne z grupy przewoźnych. Pomiary wykonano w 15 różnych typach pojazdów interwencyjnych użytkowanych w różnych warunkach otoczenia przez miejskie oraz powiatowe jednostki PSP.

Przeprowadzone pomiary i analiza pól elektrycznych oraz magnetycznych o częstotliwości ok. 147–174MHz, wytwarzanych przez radiotelefony przewoźne znajdujące się w pojazdach interwencyjnych wykazała możliwość występowania podczas pracy radiotelefonu w trybie „nadawania” wewnątrz pojazdów pola elektrycznego o natężeniach odpowiadających ekspozycjom pozazawodowej i zawodowej [15] na wszystkich ocenianych miejscach (kierowcy, dowódcy oraz za nimi). Na miejscach tych nie stwierdzono występowania ekspozycji zabronionej. Użytkownik radiotelefonu znajduje się wewnątrz pojazdu (oddalony od anteny umieszczonej w różnych miejscach karoserii) i narażony jest jedynie na pola elektryczne odpowiadające ekspozycji

pozazawodowej lub zawodowej (Ryc. 6). W przypadku pola magnetycznego stwierdzono występowanie pól ekspozycji pozazawodowej tj. o natężeniach ze strefy bezpiecznej.

6.3. Radiotelefony stacjonarne

Na stanowiskach alarmowania może być zainstalowanych wiele radiotelefonów stacjonarnych. Na stanowisku takim obowiązki służbowe wykonuje zazwyczaj jeden lub dwóch pracowników w ciągu trwania zmiany roboczej.

Rycina 7 prezentuje zakres zmienności wartości maksymalnych, średnich i median chwilowego natężenia pola elektrycznego zarejestrowanych w czasie 10 minut (1500 próbek) na stanowiskach dyspozytorów w punktach alarmowania 25 jednostek miejskich i powiatowych (łącznie 50 stanowisk). Pomiary wykonano dla 3-4 sekwencji obejmujących włączanie przez pracownika kolejnych radiotelefonów stacjonarnych będących wyposażeniem danego punktu alarmowania.

W przypadku korzystania z radiotelefonów stacjonarnych eksploatowanych w punktach alarmowania zmierzono natężenia pola elektrycznego o war-

tościach odpowiadających strefie bezpiecznej (ekspozycja pozazawodowa) [9]. Maksymalna zmierzona wartość natężenia pola elektrycznego wyniosła 5,4V/m (Ryc. 7). Wynika stąd, że dyżurni pełniący obowiązki na stanowiskach alarmowania nie są narażeni na pola elektromagnetyczne stref ochronnych.

7. Podsumowanie

Przeprowadzone pomiary oraz ocena pól elektrycznych i magnetycznych z pasma częstotliwości 147–174MHz (łączność konwencjonalna) oraz 380–450MHz (łączność trunkingowa) wytwarzanych przez radiotelefony przenośne oraz przewoźne wykazały, że w czasie nadawania w otoczeniu radiotelefonów występują pola o poziomie ekspozycji zawodowej tj. takiej, w których dozwolone jest przebywanie jedynie pracowników, których przeszkolono nt. zasad bezpiecznej pracy przy źródłach pola i którzy nie mają przeciwwskazań zdrowotnych do narażenia na pola elektromagnetyczne. W przypadku użycia radiotelefonów stacjonarnych mamy do czynienia ze słabszą ekspozycją pozazawodową na pola, tj. w tym przypadku nie ma ograniczeń dotyczących ekspozycji pracowników i ludności.

Tabela 1

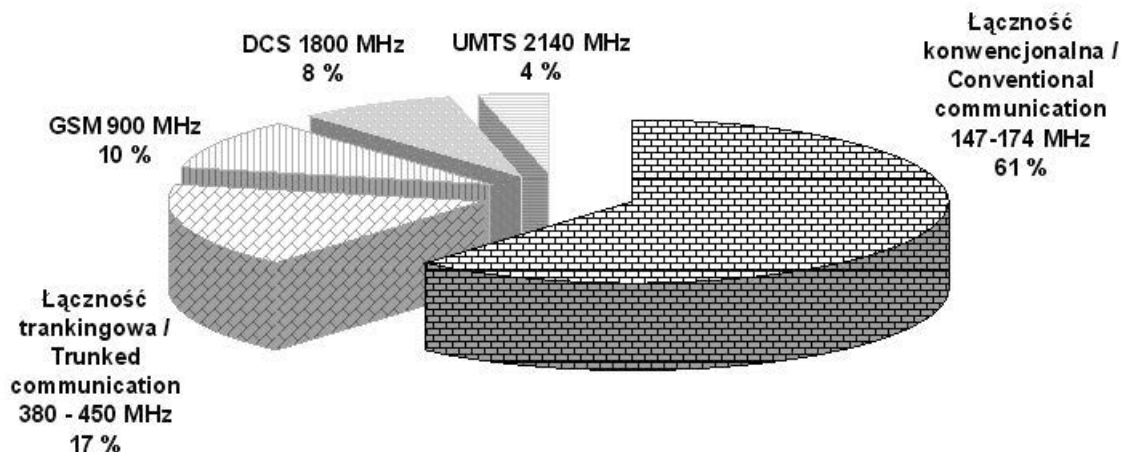
Zasięgi pola elektrycznego i magnetycznego o natężeniach ekspozycji pozazawodowej występujące wokół radiotelefonów przenośnych

Table 1

Ranges of electric and magnetic field of general public permissible exposure level in the vicinity of wireless communication handsets

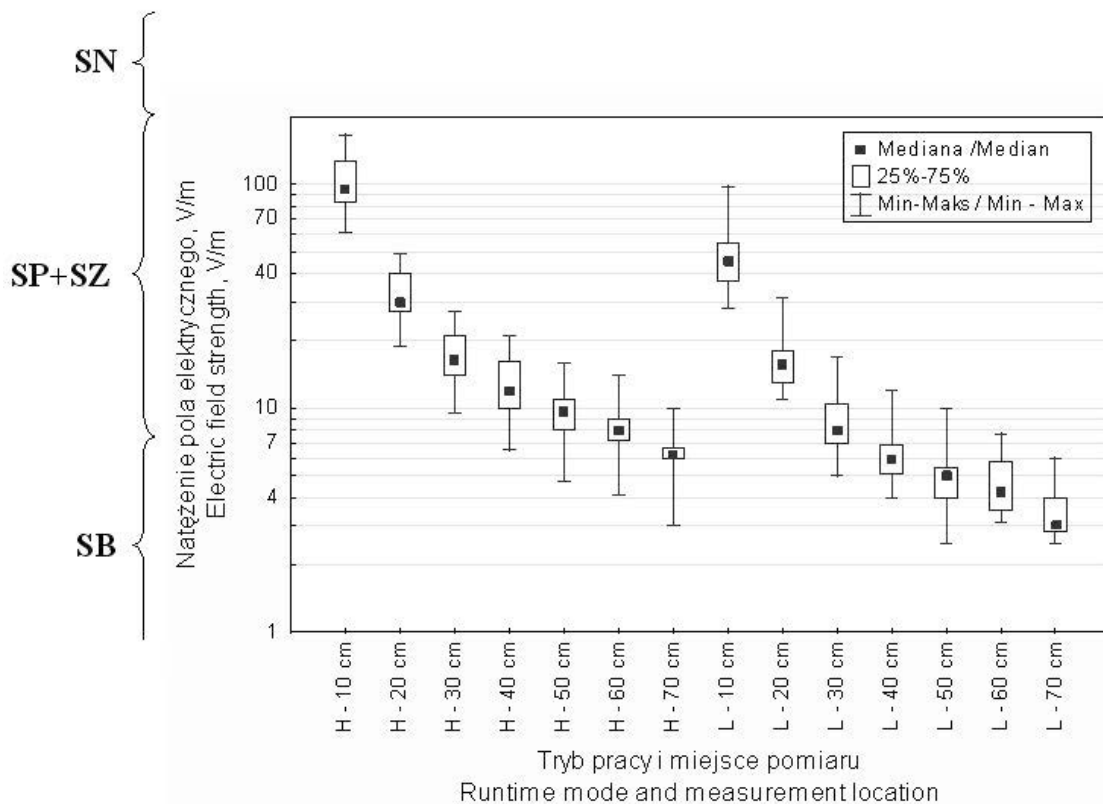
System łączności / communication system	Odległość od anteny / Distance from antenna [cm]			
	Pole elektryczne/ Electric field		Pole magnetyczne/ Magnetic field	
	Mediana	Min–Max	Mediana	Min–Max
konwencjonalny / conventional	65	40–80	40	30–55
trunkingowy /trunked EDACS	90	85–100	50	40–80

Urządzenia łączności bezprzewodowej w jednostkach PSP
Wireless communications devices in State Fire Service units



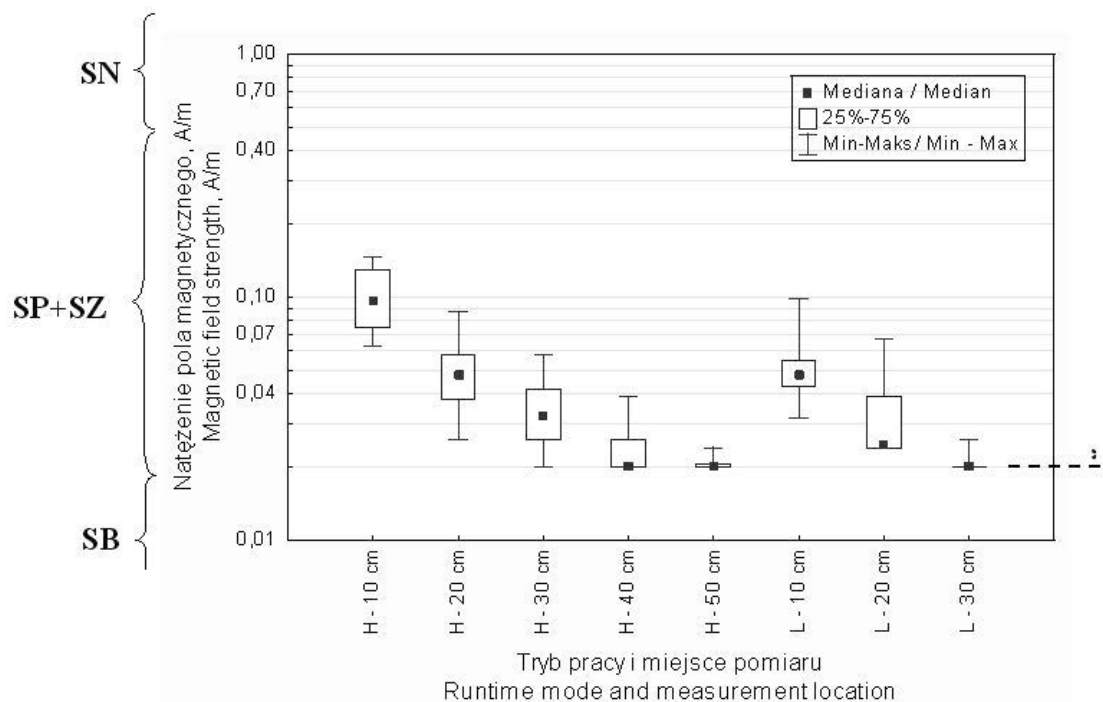
Ryc. 1. Wykorzystywane przez funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej urządzenia łączności bezprzewodowej (wyniki badań ankietowych CIOP-PIB)

Fig. 1. Wireless communication devices used by State Fire Service officers (results of questionnaire studies of CIOP-PIB)



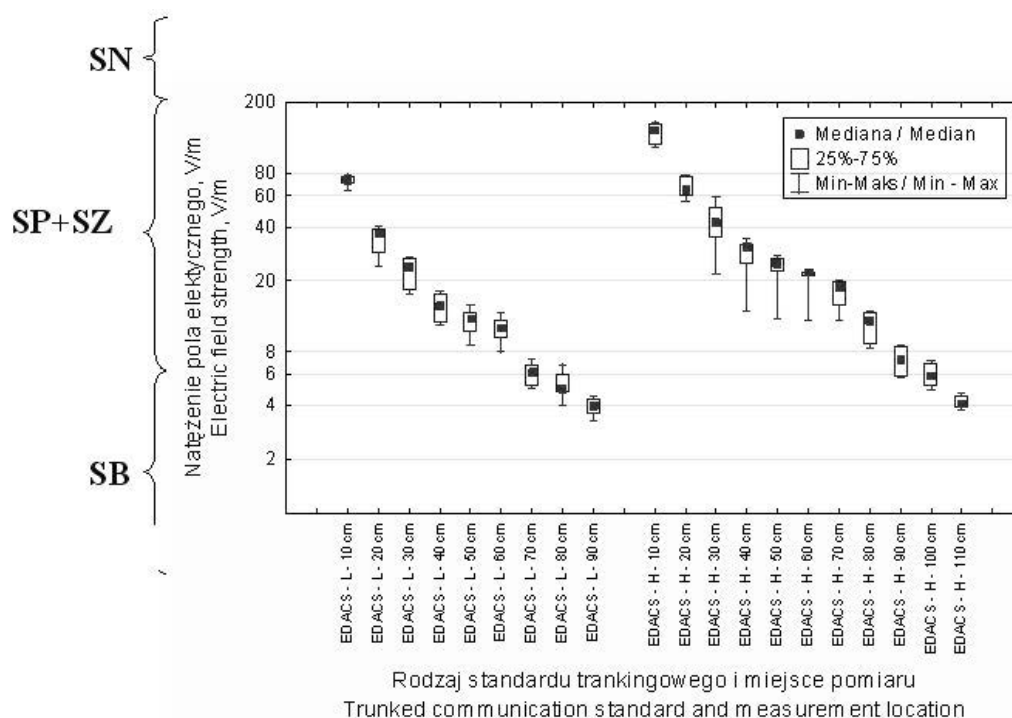
Ryc. 2 Wyniki pomiarów natężenia pola elektrycznego w funkcji odległości od anten profesjonalnych urządzeń łączności bezprzewodowej pracujących w systemie konwencjonalnym (H – tryb pracy HIGH; L – tryb pracy LOW; SB – ekspozycja pozazawodowa; SP+SZ – ekspozycja zawodowa; SN – ekspozycja zabroniona)

Fig. 2 Electric field strength measurement results in the function of distance from the antennas of conventional system professional wireless communication devices (H – runtime mode HIGH; L – runtime mode LOW; SB – general public permissible exposure; SP+SZ – occupational exposure; SN – prohibited exposure)



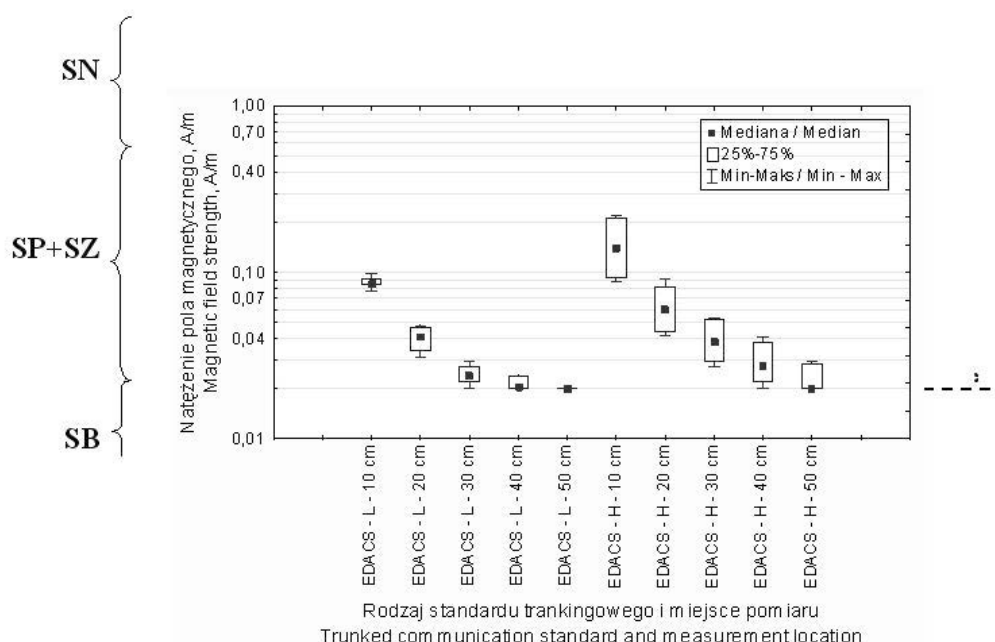
Ryc. 3. Wyniki pomiarów natężenia pola magnetycznego w funkcji odległości od anten profesjonalnych urządzeń łączności bezprzewodowej pracujących w systemie konwencjonalnym (H – tryb pracy HIGH; L – tryb pracy LOW; SB – ekspozycja pozazawodowa; SP+SZ – ekspozycja zawodowa; SN – ekspozycja zabroniona; * – czułość miernika)

Fig. 3. Magnetic field strength measurement results in the function of distance from the antennas of conventional system professional wireless communication devices (H – runtime mode HIGH; L – runtime mode LOW; SB – general public permissible exposure; SP+SZ – occupational exposure; SN – prohibited exposure; * – sensitivity of measurement device)



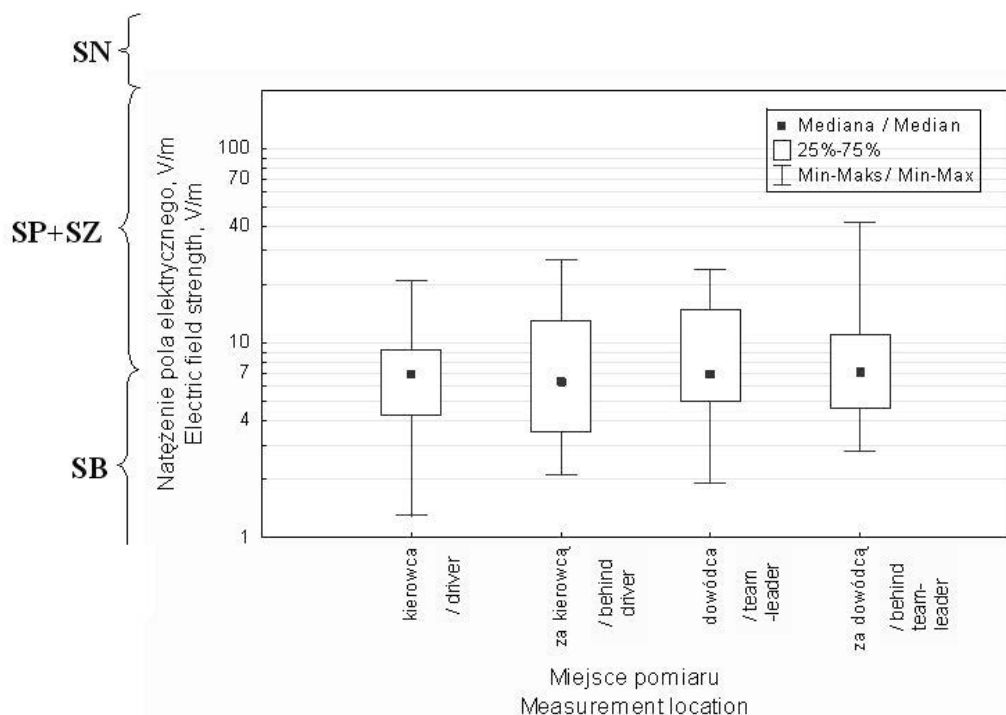
Ryc. 4. Wyniki pomiarów natężenia pola elektrycznego w funkcji odległości od anten profesjonalnych urządzeń łączności bezprzewodowej pracujących w systemie trunkingowym (EDACS – L – standard EDACS i tryb pracy LOW; EDACS – H – standard EDACS i tryb pracy HIGH; SB – ekspozycja pozazawodowa; SP+SZ – ekspozycja zawodowa; SN – ekspozycja zabroniona)

Fig. 4. Electric field strength measurement results in the function of distance from the antennas of trunked system professional wireless communication devices (EDACS – L – standard EDACS and runtime mode LOW; EDACS – H – standard EDACS and runtime mode HIGH; SB – general public permissible exposure; SP+SZ – occupational exposure; SN – prohibited exposure)



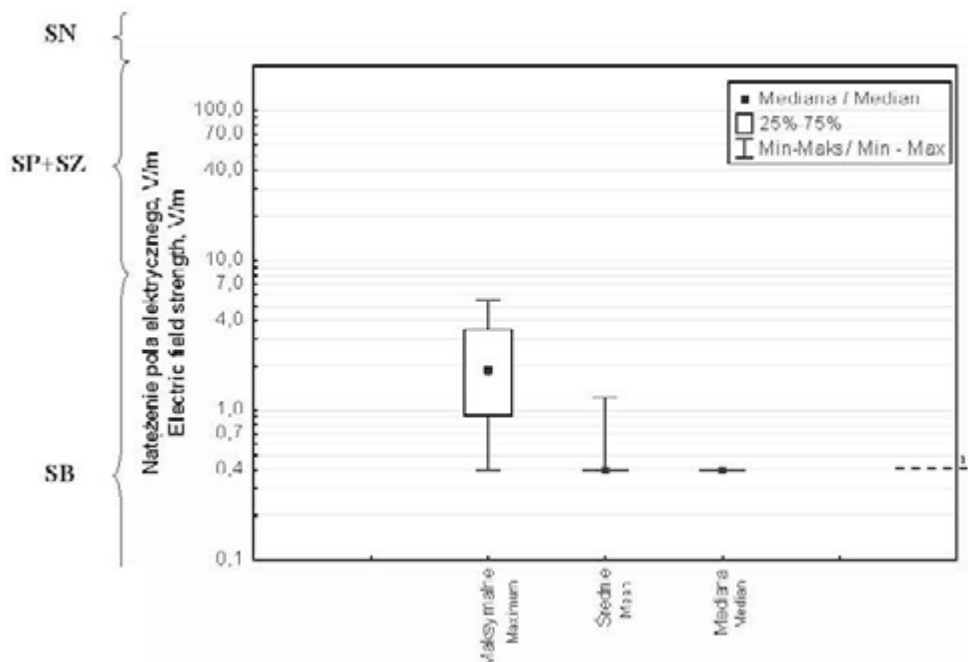
Ryc. 5. Wyniki pomiarów natężenia pola magnetycznego w funkcji odległości od anten profesjonalnych urządzeń łączności bezprzewodowej pracujących w systemie trunkingowym (EDACS – L – standard EDACS i tryb pracy LOW; EDACS – H – standard EDACS i tryb pracy HIGH; SB – ekspozycja pozazawodowa; SP+SZ – ekspozycja zawodowa; SN – ekspozycja zabroniona; * – czułość miernika)

Fig. 5. Magnetic field strength measurement results in the function of distance from the antennas of trunked system professional wireless communication devices (EDACS – L – standard EDACS and runtime mode LOW; EDACS – H – standard EDACS and runtime mode HIGH; SB – general public permissible exposure; SP+SZ – occupational exposure; SN – prohibited exposure; * – sensitivity of measurement device)



Ryc. 6. Wyniki pomiarów natężenia pola elektrycznego wewnątrz pojazdów interwencyjnych używanych przez PSP z anteną montowaną na stałe do karoserii pojazdu (SB – ekspozycja pozazawodowa; SP+SZ – ekspozycja zawodowa; SN – ekspozycja zabroniona)

Fig. 6. Results of electric field strength measurement inside interventional vehicles used by State Fire Service with an antenna permanently mounted to the vehicle's body (SB – general public exposure; SP+SZ – occupational exposure; SN – prohibited exposure)



Ryc. 7. Wartości maksymalne, średnie i mediany 10 minutowej rejestracji natężenia pola elektrycznego na stanowiskach dyspozytorów w punktach alarmowania wyposażonych w urządzenia łączności bezprzewodowej (SB – ekspozycja pozazawodowa; SP+SZ – ekspozycja zawodowa; SN – ekspozycja zabroniona; * – czułość miernika)

Fig. 7. Maximum, mean and median values of 10 minutes records of electric field strength on operators worksites in emergency points with wireless communication devices installed (SB – general public exposure; SP+SZ – occupational exposure; SN – prohibited exposure; * – sensitivity of measurement device)

Publikacja opracowana na podstawie wyników II etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2011-2013 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Literatura

1. Bąk M., Zmysłony M., *Wpływ pola elektromagnetycznego dorecznych telefonów komórkowych na wybrane funkcje ośrodkowego układu nerwowego – przegląd literatury*, „Medycyna Pracy”, 2010, 61(6), 671–683.
 2. Bortkiewicz A., *Skutki zdrowotne działania pól elektromagnetycznych – przegląd badań*, „Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy”, 2008, 4(58), s. 67–87.
 3. Bortkiewicz A., Gadzicka E., Szymczak W., Zmysłony M., *Ekspozycja na pola elektromagnetyczne a funkcjonowanie układu krążenia – badania własne*, „Bezpieczeństwo Pracy”, 2013, 9(504), s. 30–32.
 4. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2013/35/UE z dnia 26 czerwca 2013 r. w sprawie minimalnych wymagań w zakresie ochrony zdrowia i bezpieczeństwa dotyczących narażenia pracowników na zagrożenia spowodowane czynnikami fizycznymi (polami elektromagnetycznymi), Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej L 179/1.
 5. ICNIRP, *Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)*, „Health Physics”, 1998, 74(4), s. 494–522.
 6. IEC 62209-1 ed1.0-2005 Human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-mounted wireless communication devices – Human models, instrumentation, and procedures – Part 1: Procedure to determine the specific absorption rate (SAR) for hand-held devices used in close proximity to the ear (frequency range of 300 MHz to 3 GHz). International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland, 2005.
 7. Karpowicz J., Gryz K., *Ograniczanie ryzyka zawodowego przy źródłach pól elektromagnetycznych – wybrane źródła pól i charakterystyka odzieży ochronnej*, „Bezpieczeństwo Pracy” 2009, 2(449), s. 2–5.
 8. Karpowicz J., Gryz K., *Pola i promieniowanie elektromagnetyczne*, rozdział w pracy zbiorowej, (red.) D. Augustyńskiej i M. Pośniak, *Czynniki szkodliwe w środowisku pracy. Wartości dopuszczalne 2012*, CIOP-PIB, Warszawa, 2012.
 9. Leszko W., Gryz K., *Ocena zagrożeń elektromagnetycznych na stanowiskach dyspozytorów punktów alarmowania jednostek ratowniczo-gaśniczych Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie*, „Bezpieczeństwo Pracy”, 2009, 9(456), s. 13–16.
 10. Leszko W., Zradziński P., *Profesjonalna łączność mobilna i związane z nią zagrożenia elektromagnetyczne*, „Bezpieczeństwo Pracy”, 2012, 4(487), s. 15–17.
 11. Mild H., Hardell L., Carlberg M., *Użytkowanie telefonów komórkowych i bezprzewodowych a ryzyko występowania guzów mózgu zdiagnozowanych w latach 1997–2003*, „Bezpieczeństwo Pracy”, 2007, 4, s. 22–26.
 12. PN-T-06580:2002, Ochrona pracy w polach i promieniowaniu elektromagnetycznym w zakresie częstotliwości od 0Hz do 300GHz. Arkusz 01. Terminologia. Arkusz 03. Metody pomiaru i oceny pola na stanowisku pracy.
 13. Praca zbiorowa, *Classifies Radiofrequency Electromagnetic Fields As Possibly Carcinogenic To Humans*, The WHO/International Agency for Research on Cancer (IARC), Press Release nr 208; Lyon, France 2011.
 14. Non-Ionizing Radiation, part 2: Radiofrequency electromagnetic fields, Volume 102, IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans, 2013.
 15. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29.11.2002 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń (NDS) i natężeń (NDN) czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy, DzU nr 217, poz. 1833, 2002.
 16. Schmid G., Boltz T., Uberbacher R., Escorihuela-Navarro A., Bahr A., Dorn H., Sauter C., Eggert T., Danker-Hopfe H., *Design and Dosimetric Analysis of a 385 MHz TETRA Head Exposure System for Use in Human Provocation Studies*, Bioelectromagnetics 2012, 33(7), s. 594–603.
 17. Serwis Bezpieczniej, <http://www.ciop.pl/26001.html>;
- dr inż. Patryk Zradziński** – w 2011 obronił doktorat w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym. Obecnie jest zatrudniony jako adiunkt w Pracowni Zagrożeń Elektromagnetycznych tego Instytutu. Specjalizuje się w modelowaniu numerycznym oddziaływania pól elektromagnetycznych – ciało człowieka.
- mgr inż. Wiesław Leszko** ukończył Szkołę Główną Służby Pożarniczej w 2007 roku. Obecnie jest zatrudniony w Pracowni Zagrożeń Elektromagnetycznych w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym.

ppłk dr inż. **Marcin KŁOSKE**¹
mgr inż. **Marzena PEPCZYŃSKA**²

Przyjęty/Accepted: 24.07.2013; Zrecenzowany/Reviewed: 04.09.2013; Opublikowany/Published: 30.09.2013

NAHELMOWE WYŚWIETLACZE INFORMACYJNE I AUTOMATYCZNE UKŁADY OCHRONY WZROKU

Helmet-mounted Displays and Automatic Systems of Sight Protection

Streszczenie

W pracy opisano możliwości zastosowania zaawansowanych technologii ciekłokrystalicznych w hełmach ochronnych ratowników. Zasadnicza część artykułu jest poświęcona nahełmowym wyświetlaczom informacyjnym HMD. Urządzenia tego rodzaju umożliwiają, w zależności od stopnia zaawansowania, wyświetlenie informacji alfanumerycznej, graficznej lub wideo przed twarzą ratownika. Ma to szczególne znaczenie w przypadku silnie ograniczonej widoczności w trakcie akcji ratunkowo-gaśniczej, np. w warunkach znacznego zadymienia. Wyświetlana informacja może dotyczyć rozkładu pomieszczeń w budynku, lokalizacji źródeł ognia, położenia osób poszkodowanych, a także ogólnego przebiegu akcji i komend ze stanowiska dowodzenia akcją. Dzięki temu ratownik jest znacznie lepiej zorientowany w sytuacji i może prowadzić skuteczniejsze działania. Ważnymi cechami HMD są: przezierność elementu wyświetlającego, umożliwiająca niezakłóconą obserwację wzrokową otoczenia przy jednoczesnym odczytywaniu przekazywanej informacji oraz niska masa zapewniająca komfort użytkowania hełmu. Omówiono podstawowe typy konstrukcji HMD stosowanych obecnie na świecie z uwzględnieniem układów rzutujących i mikrowyświetlaczy. Sformułowano możliwe niedogodności stosowania różnych rozwiązań HMD z punktu widzenia osobniczych cech wzroku ratownika. Zaproponowano wyposażenie co najmniej jednego członka zespołu ratowniczo-gaśniczego w hełm ochronny zawierający HMD. Wspomniano o możliwości wykorzystania HMD w układach тренаżerów wykorzystujących rzeczywistość wirtualną. W drugiej części artykułu omówiono wykorzystanie efektów elektrooptycznych występujących w ciekłych kryształach do budowy automatycznych systemów ochrony wzroku ratownika przed promieniowaniem świetlnym o dużym natężeniu, jakie może zaistnieć np. w wyniku wybuchu substancji pirotechnicznych lub palnych oraz na skutek celowego działania osób trzecich. Przedstawiono podstawy działania takich systemów oraz nowe możliwości ich konstrukcji w oparciu o najnowsze wyniki badań. Podkreślono możliwość opracowania obu dyskutowanych układów nahełmowych w warunkach krajowych.

Summary

This paper describes possibilities of an application of advanced liquid-crystal technologies in rescuer protective helmets. The main part of the paper is devoted to helmet-mounted-displays – HMD. Such devices make able, depending on the advancement level, visualization of alphanumerical, graphic or video information directly in front of the user face. This is especially important in case of extremely limited visibility during rescue and fire extinguishing action, e.g., under conditions of severe smoke. Visualized information may contain location of rooms and victims in the building, fire sources, moreover the general course of the action and orders from the commanding point. For this reason the rescuer is much better oriented in situation and can act more effectively. The important features of HMD are its transparency enabling undisturbed visual observation of the environment with reading of obtained information at the same time as well as low weight providing the comfort of helmet usage. The article describes the main types of HMD construction including projecting systems and microdisplays used worldwide nowadays. The possible disadvantages of different HMD types are presented from a rescuer's individual vision features point of view. The authors proposed to equip at least one member of the rescue team in helmet with HMD. Furthermore, it is also mentioned adopting HMD in training systems using virtual reality. The second part of the article discusses an application of electrooptical effects observed in liquid crystals for construction of automatic sight protection systems against radiation of high intensity light. Such flash can be caused by the explosion of pyrotechnic combustible materials moreover as the effect of third person action. The paper presents the principle of action of such systems as well as new possibilities based on the latest research results. The possibility of development of both discussed systems by Polish teams is underlined.

¹ Centralny Ośrodek Analizy Skażeń, ul. Radiowa 49, 01-499 Warszawa, Polska; wkład merytoryczny – 50% / Contamination Analysis Centre [editor's own translation]; Poland; the authors contributed equally to this work

² Instytut Fizyki Technicznej Wojskowej Akademii Technicznej, 00-908 Warszawa, Polska, tel. 22-683-9731, mpepczynska@wat.edu.pl; wkład merytoryczny – 50% / Military University of Technology; Poland;

Słowa kluczowe: wyświetlacze informacyjne, akcja ratowniczo-gaśnicza, ochrona wzroku;

Keywords: information displays, rescue and fire extinguishing action, sight protection;

Typ artykułu: artykuł przeglądowy;

Type of article: review article;

1. Wstęp

Wyspecjalizowane wyświetlacze informacyjne indywidualnego użytku: projekcyjne (*head-up displays* – HUD) i nakładowe (*helmet-mounted displays* – HMD) pojawiły się najpierw w wojskowej technice lotniczej, a następnie w lotnictwie cywilnym i pojazdach samochodowych [1]. Powodem ich powstania była konieczność ciągłego dostarczania szczególnie ważnej informacji wizualnej pilotom, którzy jednocześnie musieli obserwować wzrokowo otoczenie. Inaczej mówiąc, pilot wyposażony w te urządzenia nie jest zmuszony do ciągłego zwracania wzroku w kierunku tablicy przyrządów. W wielu współczesnych samolotach bojowych, np. F/A-18, F-22, Eurofighter) używane są zarówno wyświetlacze typu HUD, jak i HMD, aczkolwiek najnowocześniejszy myśliwiec amerykański F-35 Lightning II zaprojektowano z wykorzystaniem wyłącznie HMD pilota. Przykładowe rozwiązania wyświetlaczy HUD i HMD pokazano na ryc. 1.

Tego typu systemy są również bardzo interesujące z punktu widzenia służb ratowniczych, ze względu na konieczność sprawnego działania w warunkach ograniczonej widoczności, np. silnego zadymienia, a zatem ograniczenia możliwości wzrokowego rozpoznania sytuacji.



Ryc. 1. Przykładowe rozwiązania wyświetlaczy informacyjnych typu HUD (po lewej) i HMD, stosowanych w samolotach F-16 i F-18 [2,3]

Fig. 1. The examples of HUD (left) and HMD information displays used in F-16 and F-18 fighters

Nawet w tak trudnych warunkach wyczerpujące informacje o otoczeniu i aktualnej sytuacji oraz rozkazy przełożonego powinny docierać do wykonawcy natychmiast i bez zakłóceń. Jedną z najważniejszych możliwości realizacji tego zadania jest właśnie zastosowanie wyświetlaczy HMD, dzięki którym operator ma możliwość uzyskania informacji nie tylko akustycznej, ale także wzrokowej, dotyczącej istotnych warunków wykonywanego zadania (np. rozkładu pomieszczeń w budynku) oraz sytuacji taktycznej (przyczyn i zakresu zagrożenia, szkód, obecności i położenia poszkodowanych itp.).

Z drugiej strony uczestnik akcji ratowniczej może być narażony na działanie silnych źródeł promieniowania świetlnego, np. podczas wybuchów substancji palnych i pirotechnicznych, co może w istotny sposób zaburzyć proces wzrokowej percepcji sytuacji taktycznej. Wynika stąd potrzeba zastosowania rozwiązań chroniących ratownika przed takim zagrożeniem.

2. Wyświetlacze HMD

Konstrukcję urządzeń zobrazowania informacji zintegrowanych z hełmem bądź okularami ochronnymi poprzedziło wprowadzenie systemów wyświetlających informację na powierzchni przezroczystej (HUD) – w szczególności na przedniej szybie statków powietrznych – zwłaszcza samolotów bojowych, a nawet samochodów wyższej klasy. Umożliwiały one obserwację otoczenia przy jednoczesnym dostarczeniu informacji szczególnie istotnych dla użytkownika. Rozwój technologii pozwolił na zastosowanie podobnego rozwiązania, początkowo dla pojedynczego żołnierza, a następnie również strażaków i pracowników (członków) innych służb ratowniczych, w postaci systemu wizualizacji informacji stanowiącego integralną część hełmu ochronnego i zwanego w skrócie wyświetlaczem HMD.

Celem wyświetlaczy HMD jest natychmiastowe dostarczenie użytkownikowi danych o znaczeniu krytycznym dla wykonania zadania w postaci wizualnej przy jednoczesnym zachowaniu możliwie pełnej zdolności wzrokowej obserwacji otoczenia. We wspomnianym przykładzie pilot ma przed oczami dane o np. prędkości, wysokości, położeniu względem horyzontu czy obecności celu, a jednocześnie w niezakłócony sposób może obserwować otoczenie.

Ratownik wchodzący do zadymionego lub pozbawionego oświetlenia obiektu często nie ma pełnej orientacji co do rozkładu pomieszczeń, dróg przeemieszczania i ewakuacji, miejsc prawdopodobnego

pobytu poszkodowanych oraz ewentualnych zagrożeń. Tę informację w postaci głosowej może pozyskać drogą radiową, ale rodzi to zagrożenie powstawania zniekształceń informacji, w postaci błędnego odsłuchania lub niepełnego zrozumienia, zwłaszcza w sytuacjach krytycznych, a także konieczność polegania w znacznym stopniu na wyobraźni, która w takiej sytuacji może nie być najlepszą podstawą do podjęcia właściwej decyzji. Właśnie z tego powodu dodatkowa informacja wizualna jest bardzo pożądana, gdyż pozwala na obiektywny przekaz i odczyt danych wymaganych do prowadzenia skutecznej akcji ratowniczej.

Nahelmowe systemy wizualizacji informacji – HMD mogą odbierać i przetwarzać zarówno informacje i rozkazy od dowódcy akcji, jak i zbierać dane z czujników, które mogą być umieszczone na kombinezonie ratownika (np. z detektorów substancji niebezpiecznych) lub w innych miejscach (np. z kamer). Te informacje przetworzone przez procesor są wizualizowane przed oczami użytkownika – proces ten może być zrealizowany na kilka sposobów.

Pierwszym z nich jest rzutowanie obrazu na przezroczystą osłonę hełmu (przyłbicę), która powinna odbijać wyłącznie światło o określonej barwie, tej właśnie, która ma nieść informację dla użytkownika. Ten system, zaczerpnięty z wyświetlaczy HUD, pozwala na ogół na wyświetlenie informacji monobarwnej, a ponadto o niezbyt wysokiej rozdzielczości. Nadaje się zatem do przekazywania prostych informacji alfanumerycznych i graficznych, czyli tekstu, piktogramów i innych znaków bądź schematów. Zaletą takiego rozwiązania jest natomiast możliwość jego implementacji w dotychczas stosowanych hełmach ochronnych.

Drugim rozwiązaniem, obecnie coraz częściej stosowanym, jest zastosowanie przeziernego mikrowyświetlacza informacyjnego umieszczonego przed jednym z oczu użytkownika lub nawet przed oboma z nich. W tym przypadku możliwe jest zobrazowanie barwne o wysokiej rozdzielczości, a zatem przekazanie użytkownikowi znacznie bardziej złożonej informacji, np. krótkich plików filmowych obrazujących konstrukcję obiektu czy obrazów pozyskanych za pomocą kamery pracującej w zakresie podczerwieni, która również może być zintegrowana z hełmem. Obraz barwny pozwala ponadto na wyróżnienie informacji szczególnie istotnych z punktu widzenia bezpieczeństwa ratownika i skuteczności akcji ratunkowej.

Od wielu lat prowadzone są także badania nad dostarczeniem informacji bezpośrednio na soczewkę oka za pomocą wiązek laserowych małej mocy. Wydaje się jednak, że ten sposób może być źródłem istotnych zaburzeń percepcji [4,5] wzrokowej użyt-

kownika i, jak na razie, nie jest powszechnie stosowany.

Na chwilę obecną jedynie dwa rozwiązania mogą posłużyć do konstrukcji wyświetlaczy HMD: technologia ciekłokrystaliczna (*Liquid Crystal Display* – LCD) oraz świecące diody organiczne (*Organic Luminescence Diodes* – OLED). Zdecydowana większość obecnie produkowanych urządzeń wykorzystuje ten pierwszy wariant. Jego zaletami są niski pobór mocy, bardzo dobra jakość zobrazowania, pomijalny wpływ na wzrok i samopoczucie użytkownika oraz stosunkowo niska cena. Należy jednak podkreślić, że wyświetlacze OLED są również perspektywiczne, gdyż wymagają mniej złożonego układu optycznego ze względu na to, iż działają w trybie aktywnym (emitują światło), podczas gdy przetworniki ciekłokrystaliczne są jedynie modulatorami światła.

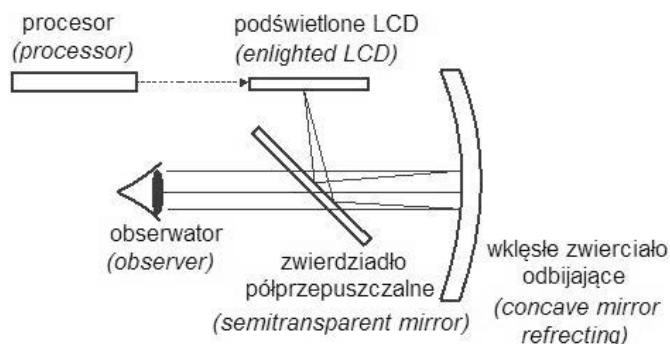
Warto tu wspomnieć, że prototyp hełmu dla ratowników zaopatrzony w HMD z wyświetlaczem ciekłokrystalicznym opracowano w ramach unijnego projektu HEMIND, w którym uczestniczyli również naukowcy z Wojskowej Akademii Technicznej [6].

Typowy ciekłokrystaliczny system HMD składa się z trzech elementów głównych (Ryc. 2 i 3), stosowanych we wszystkich dotychczasowych generacjach tych urządzeń:

- procesor wbudowany w konstrukcję hełmu ochronnego ma za zadanie pozyskiwanie i przetwarzanie danych z centrum kierowania akcją i z ewentualnych czujników oraz generowanie przetworzonego obrazu (informacji) na ekranie,
- przezierny ekran, który może mieć formę płaskiej lub wygiętej przezroczystej szyby, ewentualnie mikrowyświetlacza informacyjnego (okularu) umieszczonego przed okiem; umożliwia on wyświetlenie informacji, przy jednoczesnej niezakłóconej obserwacji wzrokowej otoczenia, może jednocześnie pełnić rolę ochrony wzroku użytkownika, przed ewentualnymi zagrożeniami zewnętrznymi, np. omówionym dalej bliskim światłem.
- system zobrazowania, którym może być układ rzutowania obrazu na ekran, działający w trybie odbiciowym, stosowany jedynie w przypadku generowania informacji na szybie ochronnej hełmu, lub modulator światła wykorzystywany w przypadku mikrowyświetlaczy.

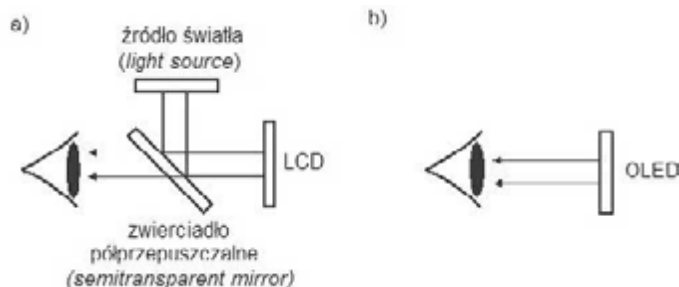
Dzięki niewielkiej masie HMD komfort użytkownika hełmu przez ratownika nie odbiega od normy. W szczególnych przypadkach stosuje się jedynie okulary ochronne, które dodatkowo mogą być wyposażone w układ optyczny powiększający obraz. W obu przypadkach daje to możliwość obserwacji informacji nie tylko cyfrowych lub tekstowych (al-

fanumerycznych), ale również wyświetlenia obrazu z kamer, plików filmowych czy animacji, prezentujących np. rozkład pomieszczeń w budynku z możliwością obrotu trójwymiarowego z jednoczesnym zobrazowaniem położenia użytkownika i lokalizacji osób poszkodowanych, źródeł ognia itp.



Ryc. 2. Schemat konstrukcji typowego wyświetlacza HMD
Fig. 2. The scheme of a construction of typical HMD

Zaawansowane wyświetlacze HMD mogą być wyposażone w systemy śledzenia ruchów gałek ocznych użytkownika wykorzystywane do sterowania położeniem kamer lub innych urządzeń, a także systemy wzmacniania obrazu w warunkach obniżonej widoczności, np. w nocy. Obecnie rozważa się wykorzystanie technik holograficznych dla uzyskania pełnego zobrazowania trójwymiarowego.



Ryc. 3. Zasada działania mikrowyświetlaczy:
a) modulujący z przetwornikiem LCD,
b) emisyjny z przetwornikiem OLED

Fig. 3. The principle of microdisplay action
a) modulating with LCD transducer,
b) emissive with OLED transducer

Zasadniczą cechą współczesnych wyświetlaczy HMD jest mały ciężar i konstrukcja nieutrudniająca użytkownikowi wykonywanie ruchów głowy.

Szczególnie istotnymi z punktu widzenia użytkownika parametrami wyświetlaczy HMD są: kąt widzenia determinujący pole obserwacji, który nie powinien być niższy niż 50 stopni kątowych w poziomie oraz kątowa rozdzielczość widzenia, która z kolei powinna wynosić co najmniej 4,4 minuty kątowe na piksel (najmniejszy element informacyjny) wyświetlacza. Ta ostatnia wartość jest równoważna obserwacji monitora o przekątnej 17 cali i rozdzielczości 800 x 600 z odległości 65 cm.

Warto tu zauważyć, że przyjmuje się, iż obserwator może poprawnie ocenić głębię obrazu, jeżeli kąt widzenia jest większy niż 20 stopni, aczkolwiek stopień percepcji jest cechą osobniczą. Typowa zdolność rozdzielcza oka ludzkiego wynosi około 1 minuty kątowej na najmniejszy rozróżnialny element obrazu (piksel), dla konkretnego użytkownika wartość ta może jednak różnić się o kilkadziesiąt procent.

Z punktu widzenia użytkownika istnieją trzy sposoby wyświetlenia obrazu w HMD:

- monoskopowy, gdy informacja jest obserwowana tylko jednym okiem; ten sposób jest stosowany w szczególności w przypadku okularów z pojedynczym mikrowyświetlaczem.
- biskopowy, gdy obydwie oczy widzi tę samą informację; rozwiązanie takie jest typowe dla rzutowania obrazu na szybę hełmu lub okularów ochronnych z dwoma mikrowyświetlaczami,
- biskopowy, gdy obrazy obserwowane przez oczy są nieznacznie różne, co umożliwia realizację obrazu trójwymiarowego – 3D, a zatem stereoskopową ocenę głębi obrazu; ten rodzaj wyświetlenia informacji jest obecnie intensywnie badany ze względu na najbardziej realistyczne przedstawienie informacji wzrokowej.

Istotnym problemem dla użytkowników HMD jest to, że ustalona konstrukcyjnie odległość widzenia nie zawsze zgadza się z rzeczywistymi właściwościami wzroku konkretnej osoby, tzw. bodźcem konwergencyjnym wzroku spowodowanym przez krótko- lub długowzroczność. Nawet osoby pozbawione wad wzroku mogą mieć początkowo trudności z poprawnym odczytem informacji, co jest spowodowane akomodacją (dostosowaniem ostrości widzenia) oraz konwergencją (pozycją gałek ocznych) wzroku. Te zjawiska mogą powodować zdecydowane obniżenie ostrości widzenia, a nawet zaburzenia neurologiczne związane z brakiem korelacji między rzeczywistym obrazem a reakcją mózgu na sygnał wzrokowy. Uzyskanie poprawnej akomodacji jest zazwyczaj możliwe na drodze systematycznego treningu [7], jednak często obserwuje się zmęczenie akomodacyjne utrudniające dalszą obserwację w trakcie długotrwałego użytkowania wyświetlaczy stereoskopowych [8].

Warto podkreślić, że wyświetlacze HMD obecnie szeroko wykorzystuje się do zobrazowania sytuacji wirtualnej w systemach тренаżerów. W tym przypadku znalazła już zastosowanie technika zobrazowania trójwymiarowego. Dzięki temu ratownik działający podczas ćwiczeń w realnych warunkach terenowych widzi hipotetyczną sytuację, jaką mogłaby zaistnieć w czasie rzeczywistej akcji ratowniczej i podejmować odpowiednie decyzje oraz ćwiczyć właściwe zachowania [9]. W tym przypad-

ku obserwacja wzrokowa otoczenia jest zablokowana, a użytkownik widzi jedynie obraz wirtualny, wzbogacony o bodźce słuchowe przy zachowaniu rzeczywistych wrażeń dotykowych.

3. Automatyczne układy ochrony wzroku

Silny impuls świetlny wywołany wybuchem materiałów wysokoenergetycznych lub np. promieniowaniem lasera może spowodować czasowe, a w drastycznych przypadkach nawet trwale uszkodzenie wzroku ratownika. Innymi słowy może co najmniej na pewien czas wyłączyć ratownika z akcji lub znacznie ograniczyć sprawność jego działania. W celu uniknięcia takiego zagrożenia stosuje się automatyczne środki ochrony wzroku reagujące na pojawienie się zagrożenia (błysku świetlnego) w czasie umożliwiającym ochronę narządu wzroku [10].

Urządzenia tego rodzaju pojawiły się najpierw w wojskach krajów rozwiniętych w celu ochrony przed impulsem świetlnym wybuchu jądrowego czy konwencjonalnego ładunku, w szczególności przeznaczonego do porażenia wzroku, a następnie przed promieniowaniem laserowym. W ostatnich latach wzrosło zagrożenie działaniami terrorystycznymi, pojawia się zatem możliwość prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczych w takich warunkach. Coraz częściej donosi się o wypadkach porażenia przez „dowcipnisiów” wzroku pilotów i kierowców promieniowaniem laserowym [11], co może przeło-

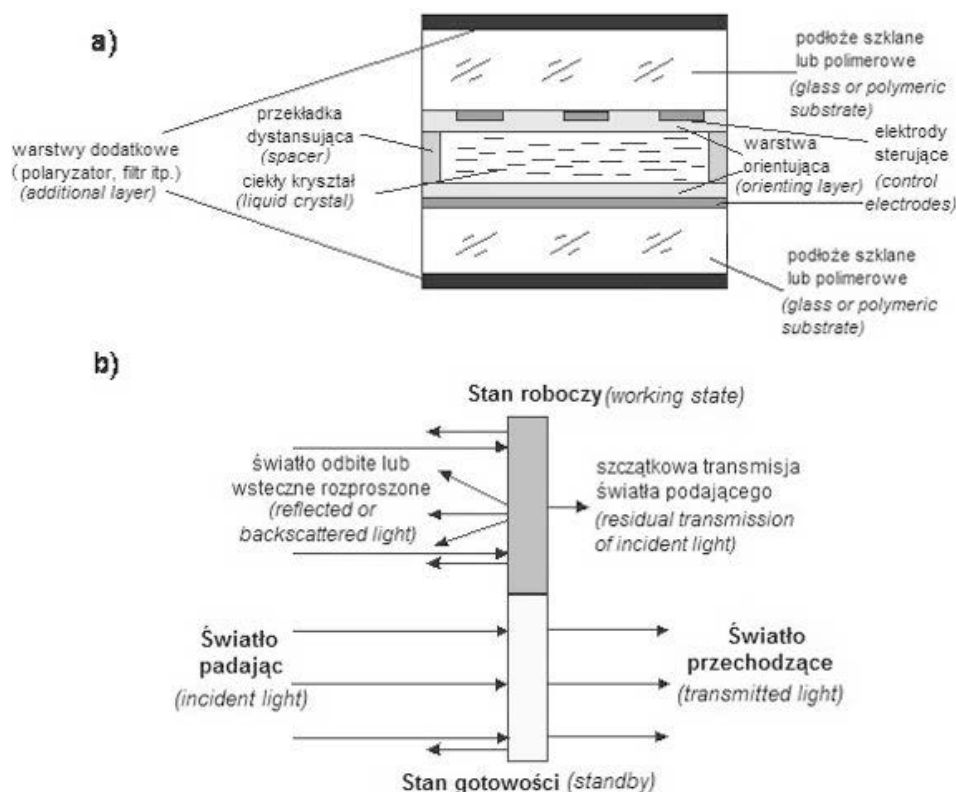
żyć się na działania sabotażowe, zwłaszcza w warunkach akcji ratunkowej po akcie terrorystycznym. Wydaje się zatem, że problem ochrony wzroku ratownika przed promieniowaniem świetlnym o nadmiernej energii staje się bardzo istotny.

Początkowo w tym celu stosowano przesłony mechaniczne, które jednak nie spełniały wymagań, gdyż były albo zbyt wolne, albo jednorazowego użytku, co oznaczało przynajmniej chwilową utratę zdolności obserwacji otoczenia do czasu usunięcia przesłony.

Obecnie jako elementy czynne automatycznych środków ochrony wzroku stosuje się przede wszystkim przetworniki ciekłokrystaliczne wykorzystujące różne efekty elektrooptyczne występujące w ciekłych kryształach. Pewną odmianą urządzeń tego rodzaju są automatyczne przyłbice spawalnicze przeznaczone do ochrony wzroku podczas spawania elektrycznego.

Przetwornik tego rodzaju ma za zadanie zapewnić dobrą widzialność otoczenia w sytuacji normalnej, bez zagrożenia oraz maksymalne zaciemnienie pola widzenia w przypadku wystąpienia błysku świetlnego o natężeniu zagrażającym ratownikowi. Ze względów ergonomicznych powinien być on zintegrowany z szybą hełmu lub okularów ochronnych.

W zależności od zastosowanego efektu elektrooptycznego światło padające o natężeniu przekraczającym założoną wartość jest tłumione, odbijane



Ryc. 4. a) Budowa przetwornika ciekłokrystalicznego stosowanego w filtrze optycznym do ochrony wzroku, b) zasada działania filtra ciekłokrystalicznego

Fig. 4. a) Construction of liquid-crystal transducer used in optical filter for sight protection, b) the principle of action of liquid-crystal filter

lub rozpraszane wstecznie. Nie wnikając w szczególności fizyczne tych efektów elektrooptycznych można stwierdzić, że wszystkie one wykorzystują możliwość sterowania właściwościami optycznymi cienkiej ($\sim 10 \mu\text{m}$) warstwy ciekłego kryształu za pomocą napięcia o wartości kilku woltów. Pozwala to na przełączenie od transparentnego stanu gotowości (wyłączonego) do nieprzezroczystego stanu roboczego w czasie rzędu co najmniej pojedynczych milisekund po otrzymaniu sygnału alarmowego z czujnika natężenia światła. Na ryc. 4 przedstawiony jest schemat budowy i zasada działania takiego urządzenia.

Istotnym ograniczeniem pierwszych generacji ciekłokrystalicznych układów ochrony wzroku było wykorzystanie klasycznych efektów elektrooptycznych wymagających światła spolaryzowanego, takich jak wykorzystywane w monitorach ciekłokrystalicznych, gdzie jednak stosuje się silne podświetlenie. Zastosowanie polaryzatorów powoduje bowiem zmniejszenie transparentności przetworników przeciwnych o ponad połowę, co oznacza, że w stanie gotowości widzialność jest znacznie ograniczona. Dopiero w ostatnim czasie odkryto nowe zjawiska elektrooptyczne, niewymagające stosowania polaryzatorów, które wkrótce staną się podstawą konstrukcji kolejnej generacji automatycznych układów ochrony wzroku działających w czasie rzędu mikrosekund.

4. Wnioski

Postęp technologii w latach ostatnich umożliwił konstrukcję hełmów ochronnych przeznaczonych dla ratowników, wyposażonych w zaawansowane systemy zobrazowania informacji, a także automatyczne systemy ochrony wzroku przed silnym impulsem promieniowania świetlnego, przy zachowaniu możliwości obserwacji wzrokowej otoczenia oraz komfortu użytkowania hełmu.

Urządzenia tego rodzaju umożliwiają dostarczenie użytkownikowi dodatkowej informacji wizualnej ułatwiającej skuteczne prowadzenie akcji ratowniczej.

Celowe jest wyposażenie przynajmniej niektórych członków zespołów ratowniczych w sprzęt tego rodzaju, przydatny do działania w warunkach silnego zadymienia lub innych czynników utrudniających lub uniemożliwiających obserwację wzrokową.

Wydaje się możliwe opracowanie krajowego rozwiązania nahełmowych wyświetlaczy informacyjnych oraz automatycznych systemów ochrony wzroku w oparciu o technologię ciekłokrystaliczną. Opracowanie i produkcja krajowych rozwiązań HMD są możliwe ze względu na dobrze rozwiniętą bazę badawczą w Wojskowej Akademii Technicznej i doświadczenia technologiczne Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów oraz firmy Maskpol S.A., związane z konstrukcją hełmów zawierających przetworniki ciekłokrystaliczne.

Literatura

1. Burch D. P., Braasch M.S., *Enhanced head-up display for general aviation aircraft*, Proceedings of AIAA/IEEE Digital Avionics Systems Conference, 2002, Vol. 2, 11C61-11C611.
2. http://en.wikipedia.org/wiki/File:HUD_view.jpg.
3. http://en.wikipedia.org/wiki/File:Joint_Helmet_Mounted_Cueing_System.jpg.
4. Schor C. M., Task L., *Effects of Overlay Symbolology in Night Vision Goggles on Accommodation and Attention Shift Reaction Time*, Aviation, „Space and Environmental Medicine”, 1996, 67, 1039-1047.
5. Inoue T., Ohzu H., *Accommodation and Convergence When Looking at Binocular 3D Images*, [in] *Human Factors in Organizational Design and Management III*, K. Noro and O. Brown, Jr. (eds), Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 1990, 249-252.
6. http://cordis.europa.eu/projects/rcn/63972_en.html.
7. Swanson E. A., Izatt A., Hee, M. R., Huang D., Lin P., Schuman J. S., Puliafito C. A. *In vivo retinal imaging by optical coherence tomography*, „Optics Letters”, 1993, 1 (21), 1864-1866.
8. Liang J., Williams D. R., Miller D. T., *Supernormal vision and high-resolution retinal imaging through adaptive optics*, J. Opt. Soc. Am. A, Vol. 14, No. 11, November 1997 2884-2892.
9. Hua H., Gao Ch., *A compact eyetracked optical see-through head-mounted display*, Proc. SPIE 8288, Stereoscopic Displays and Applications XXIII, 82881F (February 9, 2012); doi:10.1117/12.909523; <http://dx.doi.org/10.1117/12.909523>.
10. Kloske M., Kłosowicz S. J., *Modern battlefield and new materials for eye protection*, Biuletyn Wojskowej Akademii Technicznej, 2010, (3), 355-374.
11. *JetBlue pilot's eye damaged in laser pointer attack on cockpit while he was landing... as blinding flashes from the ground grow at alarming rate*, „Daily Mail Online”, July, 17, 2012.

pplk dr inż. Marcin Kloske ukończył Wojskową Akademię Techniczną w 1996 roku, a następnie obronił doktorat przed radą Wydziału Inżynierii, Chemii i Fizyki Technicznej WAT w 2003 r. Aktualnie pełni służbę wojskową na stanowisku Szefa Wydziału Reagowania Centralnego Ośrodka Analizy Skazań. Zainteresowania naukowe obejmują ciekłe kryształy i ich zastosowania oraz nowoczesne metody analizy instrumentalnej do identyfikacji skażeń.

mgr inż. Marzena Pępczyńska ukończyła studia na Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim w Olsztynie. Obecnie jest doktorantką na Wydziale Nowych Technologii i Chemii Wojskowej Akademii Technicznej. Jej zainteresowania obejmują kompozyty polimerowe i ich aplikacje oraz nanotechnologię.

dr inż. **Rafał POROWSKI**¹
mgr inż. **Wojciech RUDY**²
prof. dr hab. inż. **Andrzej TEODORCZYK**²

Przyjęty/Accepted: 08.04.2013; Zrecenzowany/Reviewed: 11.09.2013; Opublikowany/Published: 30.09.2013

BADANIA DOŚWIADCZALNE I NUMERYCZNE TEMPERATURY ZAPŁONU WYBRANYCH MIESZANIN CIECZY PALNYCH

Experimental and Numerical Study on Flash Point for Selected Liquid Fuel Blends

Streszczenie

Artykuł zawiera rezultaty badań doświadczalnych oraz obliczenia numeryczne wyznaczenia wartości temperatury zapłonu (*flash point*) dla wybranych mieszanin cieczy palnych. Badania doświadczone przeprowadzono w standardowym urządzeniu badawczym firmy Walter Herzog GmbH, typ HFP-339, działający w oparciu o metodę Pensky-Martens [5]. Badania numeryczne zrealizowano w opracowanym przez autorów kodzie numerycznym przy wykorzystaniu MS Excell i Visual Basic, z wykorzystaniem modeli dla mieszanin idealnych i nieidealnych. Wykonano również analizę porównawczą uzyskanych wyników.

Summary

This paper presents results on the experimental and numerical study on flash point for selected liquid fuel blends. The experimental part was done with the use of testing apparatus from Walter Herzog GmbH, type HFP-339 for Pensky-Martens methodology. The numerical study was conducted by our home-made software using MS Excell and Visual Basic scripts for ideal and non-ideal mixtures. As a conclusion the analysis of both experimental and numerical results was reported.

Słowa kluczowe: temperatura zapłonu, ciecze palne, spalanie cieczy, wybuchowość;

Keywords: flash point, flammable liquids, combustion of liquids, explosibility;

Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy;

Type of article: original scientific article;

1. Wstęp

Odkrycie ropy naftowej oraz narastające w XIX wieku wykorzystywanie do oświetlenia i ogrzewania palnych destylatów w miejsce tłuszczów roślinnych i zwierzęcych doprowadziło do występowania dużej ilości wybuchów oraz pożarów związanych z niewłaściwym stosowaniem tych substancji [1]. Z uwagi na bezpieczeństwo transportu i magazynowania substancji palnych parametry wybuchowości takie jak granice wybuchowości, minimalna energia zapłonu, czy minimalna temperatura zapłonu są od

wielu lat badane przez instytuty badawcze na całym świecie, a także stosowane jako kryteria bezpieczeństwa w kartach charakterystyk ciekłych paliw samochodowych oraz lotniczych. Obowiązek posiadania przez producentów i dystrybutorów kart charakterystyk substancji niebezpiecznych dla paliw samochodowych i lotniczych zapewnia odbiorcom tych paliw wiedzę o potencjalnych zagrożeniach pożarowo-wybuchowych, a także ułatwia proces projektowania i doboru technicznych systemów zabezpieczeń związanych z transportem oraz magazynowaniem tych paliw. Brak wiedzy na ten temat zwiększa ryzyko wystąpienia zdarzeń niepożądanych, niejednokrotnie o katastroficznych skutkach, tj. pożarów, czy wybuchów, do których może dojść podczas niewłaściwego magazynowania, użytkowania, czy też transportu tych paliw.

Głównym zagrożeniem związanym z magazynowaniem i transportem cieczy palnych jest możliwość ich odparowania i tym samym powstanie atmosfery wybuchowej w postaci par cieczy z powietrzem, w stężeniu pomiędzy dolną a górną granicą

¹ Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi Państwowy Instytut Badawczy, ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów, Polska; rporowski@cnbop.pl / Combustion Processes and Explosion Laboratory at Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Poland;

² Instytut Techniki Ciepłej, Wydział Mechaniczny Energetyki i Lotnictwa, Politechnika Warszawska, ul. Nowowiejska 21/25, 00-665 Warszawa, Polska/ Institute of Heat Engineering, Warsaw University of Technology, Poland;

wybuchowości [2]. Jednym z parametrów wybuchowości, którego wartości z uwagi na bezpieczeństwo transportu standardowo podawane są w kartach charakterystyk dla paliw ciekłych, jest tzw. flash point, tj. temperatura zapłonu. Parametr ten definiuje się jako minimalną temperaturę cieczy, w której tworzy się atmosfera wybuchowa par cieczy z powietrzem, w pobliżu powierzchni cieczy lub wewnątrz urządzenia badawczego (w zależności od stanowiska badawczego) [3].

2. Badania doświadczalne

Badania doświadczalne określenia temperatury zapłonu (inaczej flash point) przeprowadzono w standardowym urządzeniu badawczym firmy Walter Herzog GmbH, typ HFP 339, działający w oparciu o metodę Pensky-Martens, tj. metodę ZT [5]. Badania polegały na umieszczeniu badanej próbki w tyglu do określonego normą znaku. Próbka w tyglu była następnie podgrzewana ze stałą prędkością przy ciągłym mieszaniu. W regularnych odstępach czasu do tygla wkładany był niewielki płomień gazowy lub elektryczny zapłonnik, przy jednoczesnym przerywaniu procesu mieszania. Na Ryc. 1 przedstawiono stanowisko badawcze do pomiarów parametru flash point wraz z opisem poszczególnych elementów składowych stanowiska.

Blok grzejny z tygłem są umieszczone w dolnej części urządzenia. Tygiel wraz z pokrywą jest zgodny z wymaganiami znormalizowanych metod badawczych. Do obudowy urządzenia jest przymo-

cowany pojemnik na tygiel. Terminale elektryczne i gniazda połączeniowe urządzeń peryferyjnych (np. drukarka) znajdują się z tyłu urządzenia badawczego. W urządzeniu badawczym zastosowano zapłonnik elektryczny. Zapłon jest rejestrowany termicznie poprzez czujnik zapłonu.

Najniższa temperatura, w której przyłożenie źródła zapłonu spowoduje zapłon par badanej cieczy i szerzenie się płomienia ponad powierzchnią cieczy, rejestrowana jest przez urządzenie jako temperatura zapłonu pod ciśnieniem atmosferycznym otoczenia, czyli wartość parametru flash point. Temperaturę tę koryguje się na normalne ciśnienie atmosferyczne, stosując odpowiednie równanie.

Badania doświadczalne przeprowadzono w temperaturze otoczenia oraz przy ciśnieniu atmosferycznym. Badania przeprowadzono dla mieszanin następujących cieczy palnych:

- 1-butanol + alkohol metylowy (50% / 50%),
- 2-butanol + alkohol etylowy (50% / 50%),
- heptan + 1-butanol (50% / 50%),
- heptan + 2-butanol (50% / 50%).

W Tabeli 1 przedstawiono zebrane dane literaturowe [3], a w Tabeli 2 wyniki badań dla temperatur zapłonu cieczy palnych i ich mieszanin.

Przeprowadzone badania doświadczalne wskazują na fakt, że mieszaniny cieczy palnych zawierające ciecze o ujemnych wartościach parametru flash point drastycznie obniżają wartość tego parametru dla całej mieszaniny.



Ryc. 1. Stanowisko badawcze HFP 339 firmy Walter Herzog GmbH wraz z poszczególnymi elementami składowymi

Fig. 1. Experimental set-up of HFP 339 by Walter Herzog GmbH including apparatus components

Tabela 1.
Literaturowe wartości temperatury zapłonu dla
czystych cieczy palnych [3]

Table 1.
Literature flash point data for pure flammable
liquids [3]

Ciecz palna Flammable liquid	Literaturowa wartość flash point [°C] Literature value of flash point [°C]
heptan	-4
1-butanol	36
2-butanol	20
alkohol metylowy	11
alkohol etylowy	11-12

Tabela 2.
Eksperymentalne wartości temperatury zapłonu
dla badanych mieszanin cieczy palnych

Table 2.
Experimental results on flash points for tested
liquid fuel blends

Mieszanina cieczy palnych Flammable liquid mixture	Doświadczalna wartość flash point [°C] Experimental value of flash point [°C]
1-butanol + metanol (50% / 50%)	20,1
2-butanol + etanol (50% / 50%)	15,3
heptan + 1-butanol (50% / 50%)	5,1
heptan + 2-butanol (50% / 50%)	3,8

3. Obliczenia numeryczne

3.1. Podstawy teoretyczne

W dalszej części artykułu opisano opracowany program obliczeniowy do szacowania temperatury zapłonu mieszanin dwuskładnikowych, oraz przybliżenie podstaw teoretycznych, na których opierają się obliczenia. Autorzy dokonali również analizy opisanych w tej części artykułu modeli numerycznych, co było przedmiotem wcześniejszej publikacji [6]. Niemniej jednak, ze względu na potrzebę zachowania układu logicznego tego artykułu, wspomniane wyżej modele zostaną tu ponownie przedstawione.

Równanie Le Chateliera dla mieszanin wyraża się poprzez zależność [3]:

$$1 = \sum \frac{y_i}{LFL_i} \quad (1)$$

gdzie, y_i – udział molowy składnika i w mieszaninie w fazie gazowej, LFL_i – dolna granica palności

dla czystego składnika i w powietrzu wyrażona jako udział molowy w mieszaninie z powietrzem.

Równanie Le Chateliera dla mieszaniny dwuskładnikowej przyjmie postać [7]:

$$1 = \frac{y_1}{LFL_1} + \frac{y_2}{LFL_2} \quad (2)$$

Dolne granice palności dla poszczególnych składników można wyrazić również jako stosunek prężności pary nasyconej składnika i w temperaturze zapłonu $P_{i,fp}^{sat}$ oraz ciśnienia otoczenia P [3, 8]:

$$LFL_i = \frac{P_{i,fp}^{sat}}{P} \quad (3)$$

Zakładając, że ciecz i jej pary są w stanie równowagi, wartość udziału molowego składnika i w fazie gazowej można obliczyć z równania równowagi para-ciecz (ang. *vapour-liquid equilibrium – VLE*) dla tej samej temperatury T i ciśnienia P [3]:

$$y_i \cdot \Phi_i \cdot P = x_i \cdot \gamma_i \cdot f_i \quad (i=1,2,...,N) \quad (4)$$

gdzie, x_i – udział molowy składnika i w mieszaninie w fazie ciekłej, Φ_i – wskaźnik lotności, f_i – lotność składnika ciekłego, γ_i – współczynnik aktywności składnika i w fazie ciekłej.

Dla niskich ciśnień można założyć, że faza gazowa zachowuje się jak gaz doskonały, przez co wskaźnik lotności Φ_i może być zredukowany do jedności. Natomiast lotność składnika ciekłego f_i może być uproszczona do wartości ciśnienia nasycenia tego składnika P_i^{sat} [9]:

$$f_i \cong P_i^{sat} \quad (5)$$

Stosując powyższe założenia, równanie równowagowe para-ciecz przybierze postać:

$$y_i \cdot P = x_i \cdot \gamma_i \cdot P_i^{sat} \quad (6)$$

Przekształcając równanie (6) otrzymamy wzór na udział molowy składnika i w fazie gazowej:

$$y_i = \frac{x_i \cdot \gamma_i \cdot P_i^{sat}}{P} \quad (7)$$

Otrzymaną wartość y_i (7) oraz LFL_i (3) wstawiamy do równania Le Chateliera (1), otrzymując zależność dla mieszaniny dwuskładnikowej:

$$1 = \sum \frac{y_i}{LFL_i} = \frac{y_1}{LFL_1} + \frac{y_2}{LFL_2} = \frac{x_1 \cdot \gamma_1 \cdot P_1^{sat}}{P_{i,fp}^{sat}} + \frac{x_2 \cdot \gamma_2 \cdot P_2^{sat}}{P_{2,fp}^{sat}} \quad (8)$$

Zmiany ciśnienia nasycenia poszczególnych składników P_i^{sat} wraz z temperaturą może być oszacowane przez równanie Antoine'a [3, 10]:

$$\log P_i^{sat} = A_i - \frac{B_i}{T + C_i} \quad (9)$$

gdzie: A_i , B_i , C_i – stałe empiryczne, T – temperatura [K]

Innym, bardziej dokładnym modelem opisującym zmianę ciśnienia nasycenia danego składnika jest równanie Wagnera [3]:

$$\log P_i^{sat} = \frac{a\tau + b\tau^{1.5} + c\tau^2 + d\tau^6}{T_r} \quad (10)$$

gdzie: $\tau = 1 - T_r$, T_r – temperatura zredukowana równa

$T_r = \frac{T}{T_c}$, T_c – temperatura krytyczna, a , b , c , d – stałe empiryczne.

Powyższe równanie daje wyniki z dokładnością do 0,5% w stosunku do wyników badań eksperymentalnych dla $T_r \in \{0,5; 1\}$ [3].

Współczynnik aktywności γ_i może być szacowany przez różne równania [3]. Obecnie istnieją 4 główne modele (w nawiasach podano grupy substancji modelowane z największą dokładnością) [3]:

- równanie Margulesa,
- równanie Wilsona (alkohole, fenole, węglowodory alifatyczne),
- równanie NRTL (wodne roztwory organiczne),
- równanie UNIQUAC (węglowodory, ketony, estry, woda, aminy, alkohole).

Dla tzw. roztworów idealnych tzn. takich, które spełniają prawo Raoult'a w całym zakresie składu, od czystego składnika 1 do czystego składnika 2, wartości współczynników aktywności γ_i wynoszą 1, przez co równanie Le Chatelier redukuje się do postaci [11]:

$$1 = \frac{x_1 \cdot P_1^{sat}}{P_{1,fp}^{sat}} + \frac{x_2 \cdot P_2^{sat}}{P_{2,fp}^{sat}} \quad (11)$$

co w połączeniu z równaniem Antoine'a (10) lub Wagnera (11) daje relatywnie prosty obliczeniowo model. White i in. [3] porównali powyższy model z danymi eksperymentalnymi uzyskanymi metodą Pensky-Martens zgodnie z normą PN-EN ISO 2719 [5]. Przebadane mieszaniny to mieszaniny paliw lotniczych JP-4/JP-8 oraz JP-8/JP-5.

Niestety nie wszystkie roztwory są idealne. Część z nich zachowuje się „prawie idealnie”, przez

co powyższy model może być stosowany w pewnym zakresie, a część wykazuje całkiem odmienne zachowanie w zależności od stężenia poszczególnych składników. Istnieją również roztwory, których temperatura zapłonu zmienia się w funkcji zawartości jednego składnika w ten sposób, że wykazuje ekstremum. Jeśli tym ekstremum jest maksimum, to taka mieszanina dla pewnego stężenia składników wykazuje wyższe wartości temperatury zapłonu niż dla poszczególnych składników. Ma to istotne znaczenie dla bezpieczeństwa użytkowania takich mieszanin, gdyż zmniejsza się niebezpieczeństwo zapłonu ich par. Jest to również metoda na zwiększenie bezpieczeństwa przechowywania określonych substancji, których temperatura zapłonu może być istotnie podwyższona poprzez dodanie innej substancji. Istnienie maksimum temperatury zapłonu mieszaniny oznacza, że mieszanina wykazuje tzw. ujemne odchylenie od roztworu idealnego ($\gamma_i < 1$), tzn. że ciśnienia cząstkowe par poszczególnych składników w mieszaninie są mniejsze niż przewiduje to prawo Raoult'a dla składników w czystej formie. Niższe ciśnienie cząstkowe skutkuje tym, że mieszanina musi być podgrzana do wyższej temperatury, żeby pary były w stanie stworzyć mieszaninę z powietrzem w stężeniu odpowiadającym dolnej granicy palności. Jeśli jednak tym ekstremum jest minimum, mamy wtedy do czynienia z mieszaniną, która jest mniej bezpieczna niż poszczególne jej składniki w formie czystej. Mieszaniny alkoholi i węglowodórów należą do takich mieszanin. Istnienie minimum temperatury zapłonu oznacza, że mieszanina wykazuje tzw. dodatnie odchylenie od roztworu idealnego ($\gamma_i > 1$), czyli ciśnienia cząstkowe par poszczególnych składników w mieszaninie są większe niż przewiduje to prawo Raoult'a dla składników w czystej formie. Przykładem jest tutaj mieszanina oktanu i etanolu, której temperatura zapłonu wynosi ok. 278 K dla stężeń objętościowych oktanu w mieszaninie będącej w zakresie (0,1–0,9), podczas gdy temperatura zapłonu dla czystego oktanu i etanolu wynosi odpowiednio 286 K i 288 K, więc rzeczywista temperatura zapłonu jest mniejsza o ok. 8 K, niż przewidywałoby to tzw. „podejście inżynierskie” opisane we wstępie niniejszej pracy.

3.2. Opis programu obliczeniowego

Program obliczeniowy stworzono przy pomocy arkusza kalkulacyjnego MS Excel. Wyboru tego dokonano ze względu na prostotę obsługi programu oraz jego powszechną dostępność. Nie bez znaczenia jest również możliwość rozbudowy programu i bazy danych. W celu wprowadzenia automatyzacji obliczeń wykorzystano funkcje napisane w języku skryptowym Visual Basic dostępnym z oprogramowaniem MS Excel. Program umożliwia prowadzenie obliczeń przy założeniu, że mieszanina jest ide-

alna lub nieidealna. W przypadku obliczeń prowadzonych przy założeniu, że mieszanina jest idealna, obliczenia programu opierają się na danych wejściowych dla czystych składników tzn.:

- 2 temperatury zapłonu czystych składników, T_{FP} [K],
- 3 współczynniki do równania Antoine'a A , B , C opisującego ciśnienie nasycenia par [Pa] cieczy w funkcji temperatury [K] poszczególnych składników.

Wartości temperatury zapłonu można znaleźć w kartach charakterystyk substancji lub w literaturze przedmiotu [3]. Program zawiera w sobie bazę danych powyższych parametrów dla wybranych substancji. Użytkownik może wybrać z nich odpowiednie składniki mieszaniny z listy rozwijalnej lub dodać własną substancję oraz zdefiniować jej właściwości. Zależność, jaką program rozwiązuje, to kombinacja równania Le Chateliera (1) i równań Antoine'a (9). Niewiadomą w równaniach jest temperatura zapłonu mieszaniny T_{FP} . Ze względu na złożoność równania nie może być ono rozwiązane jawnie. Najprostszym sposobem jest znalezienie temperatury zapłonu metodami iteracyjnymi, do czego wykorzystano język Visual Basic zawarty w programie Excel.

W przypadku obliczeń prowadzonych przy założeniu, że mieszanina nie jest idealna, program wymaga dodatkowo danych dotyczących współczynników aktywności poszczególnych składników, których wartości zależą od aktualnego składu mieszaniny. Uzyskanie ich może być kłopotliwe i wymaga znajomości dodatkowej ilości danych wejściowych. Na tym etapie rozwoju, program ma możliwości modelowania mieszanin nieidealnych w oparciu o model NRTL (Non Random Two Liquid) [3]. Model ten wymaga dodatkowo trzech współczynników zależnych od składników mieszaniny [12].

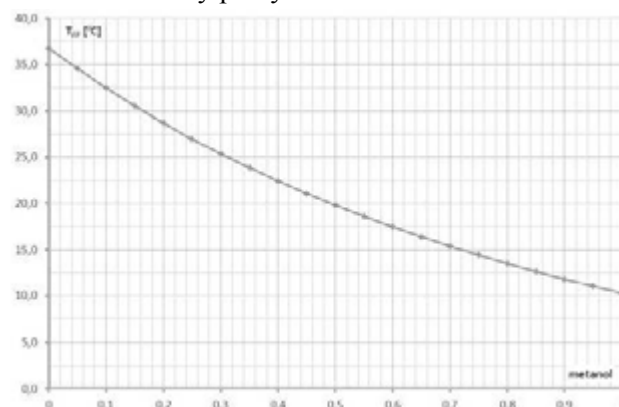
Program stanowi plik typu .xslm tzn. standardowy plik w formacie MS Excell z włączoną obsługą makr (w języku Visual Basic). Arkusz kalkulacyjny zawiera 4 główne zakładki o nazwach:

- Obliczenia – w tej zakładce użytkownik wybiera składniki mieszaniny,
- Wykres T_{fp} K – zawiera wykres z wynikami T_{FP} w K w funkcji udziału objętościowego pierwszego składnika mieszaniny,
- Wykres T_{fp} C – zawiera wykres z wynikami T_{FP} w °C w funkcji udziału objętościowego pierwszego składnika mieszaniny,
- WM – zawiera dane dotyczące właściwości poszczególnych substancji.

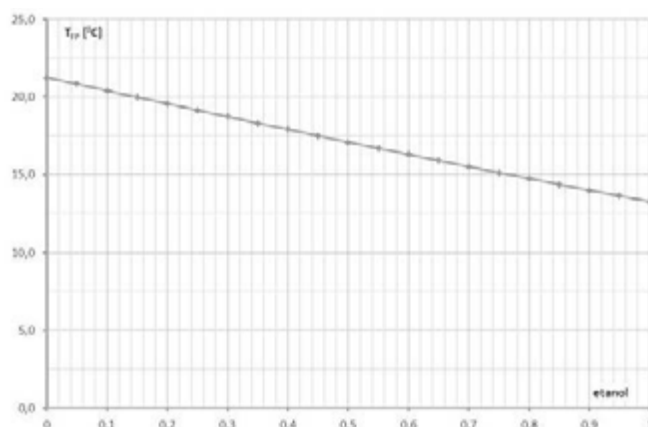
3.3. Wyniki obliczeń

Na rycinach od 2 do 5 znajdują się wyniki przeprowadzonych obliczeń numerycznych przy uży-

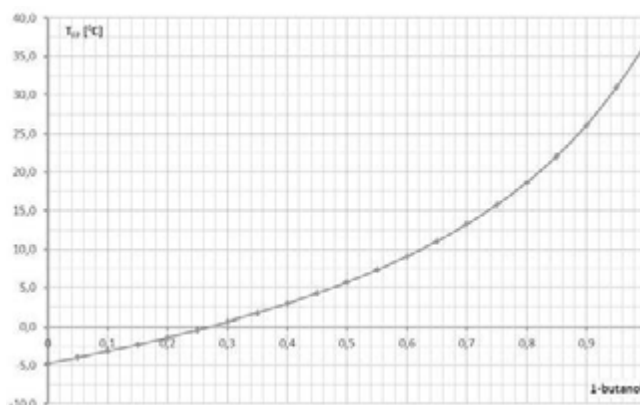
ciu modeli dla mieszanin idealnych w zakresie określenia wartości parametru flash point dla badanych mieszanin cieczy palnych.



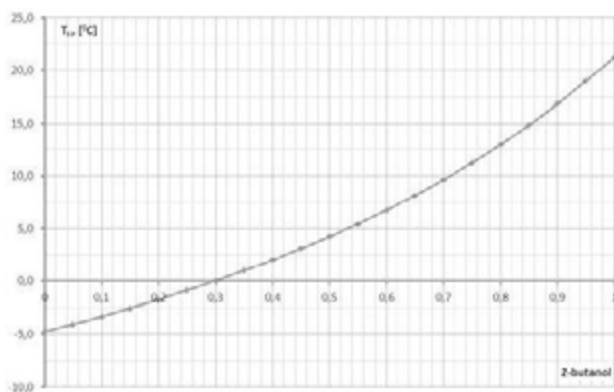
Ryc. 2. Wyniki obliczeń numerycznych w zakresie określenia temperatury zapłonu dla mieszaniny 1-butanolu z alkoholem metylowym (mieszanina idealna)
Fig. 2. Numerical results of flash point data for liquid fuel blends of 1-butanol and methanol (ideal mixture)



Ryc. 3. Wyniki obliczeń numerycznych w zakresie określenia wartości temperatury zapłonu dla mieszaniny 2-butanolu z alkoholem etylowym (mieszanina idealna)
Fig. 3. Numerical results of flash point data for liquid fuel blends of 2-butanol and ethanol (ideal mixture)



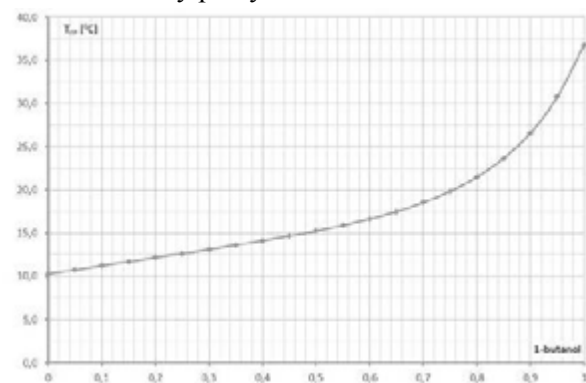
Ryc. 4. Wyniki obliczeń numerycznych w zakresie określenia wartości temperatury zapłonu dla mieszaniny 1-butanolu z heptanem (mieszanina idealna)
Fig. 4. Numerical results of flash point data for liquid fuel blends of 1-butanol and heptane (ideal mixture)



Ryc. 5. Wyniki obliczeń numerycznych w zakresie określenia wartości temperatury zapłonu dla mieszaniny 2-butanolu z alkoholem metylowym (mieszanina idealna)

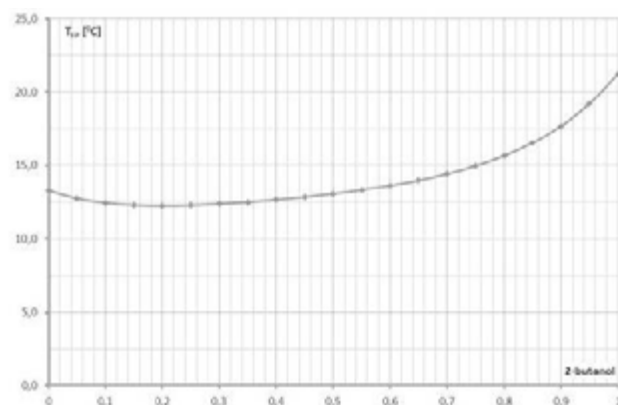
Fig. 5. Numerical results of flash point data for liquid fuel blends of 2-butanol and methanol (ideal mixture)

Na rycinach od 6 do 9 znajdują się wyniki przeprowadzonych obliczeń numerycznych przy użyciu modeli dla mieszanin nieidealnych w zakresie określenia wartości temperatury zapłonu dla badanych mieszanin cieczy palnych.



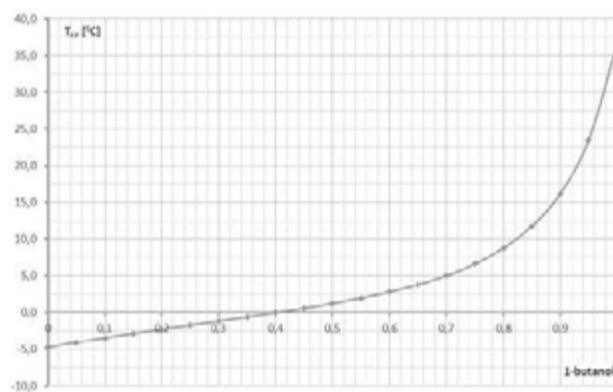
Ryc. 6. Wyniki obliczeń numerycznych w zakresie określenia wartości temperatury zapłonu dla mieszaniny 1-butanolu z alkoholem metylowym (mieszanina nieidealna)

Fig. 6. Numerical results of flash point data for liquid fuel blends of 1-butanol and methanol (non-ideal mixture)



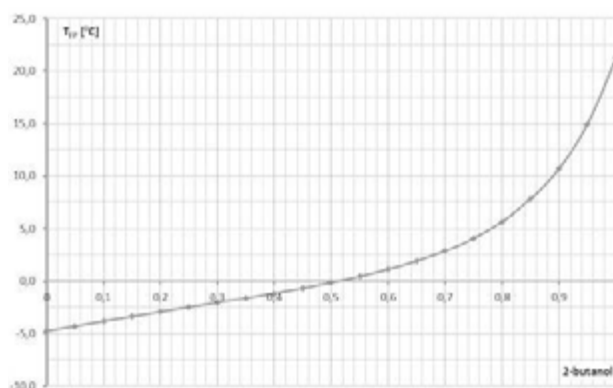
Ryc. 7. Wyniki obliczeń numerycznych w zakresie określenia wartości temperatury zapłonu dla mieszaniny 2-butanolu z alkoholem etylowym (mieszanina nieidealna)

Fig. 7. Numerical results of flash point data for liquid fuel blends of 2-butanol and ethanol (non-ideal mixture)



Ryc. 8. Wyniki obliczeń numerycznych w zakresie określenia wartości temperatury zapłonu dla mieszaniny 1-butanolu z heptanem (mieszanina nieidealna)

Fig. 8. Numerical results of flash point data for liquid fuel blends of 1-butanol and heptane (non-ideal mixture)



Ryc. 9. Wyniki obliczeń numerycznych w zakresie określenia wartości temperatury zapłonu dla mieszaniny 2-butanolu z alkoholem metylowym (mieszanina nieidealna)

Fig. 9. Numerical results of flash point data for liquid fuel blends of 2-butanol and methanol (non-ideal mixture)

W Tabeli 3 przedstawiono zbiorcze zestawienie wartości temperatury zapłonu, uzyskane na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych i obliczeń numerycznych z podziałem na modele dla mieszanin idealnych oraz nieidealnych.

4. Wnioski

Przeprowadzone badania doświadczalne oraz obliczenia numeryczne w zakresie określenia temperatury zapłonu dla wybranych mieszanin cieczy palnych wskazują na fakt, że występują pewne różnice pomiędzy wynikami badań, a obliczeniami. Różnice te zawierają się w zakresie kilku °C, co należy uznać za akceptowalne. Obliczenia w zakresie parametru flash point przy użyciu modeli numerycznych dla mieszanin idealnych są jednak bardziej zbliżone do wyników badań doświadczalnych, co należy uznać za rekomendację do dalszych obliczeń oraz do wstępnego szacowania tego parametru w warunkach

Tabela 3.

Zestawienie eksperymentalnych i obliczeniowych temperatury zapłonu badanych mieszanin cieczy palnych dla składu 50% / 50%

Table 3.

Experimental and numerical results of flash point for tested fuel liquid blend (50% / 50%)

Mieszanina cieczy palnych Flammable liquid mixture	Doświadczalna temperatura zapłonu [°C] Experimental value of flash point [°C]	Obliczeniowa temperatura zapłonu (mieszanina idealna) [°C] Numerical value of flash point [°C]	Obliczeniowa temperatura zapłonu (mieszanina nieidealna) [°C] Numerical value of flash point [°C]
1-butanol + metanol (50% / 50%)	20,1	19,8	15,2
2-butanol+etanol (50% / 50%)	15,3	17	13,4
heptan + 1-butanol (50% / 50%)	5,1	5,7	1,2
heptan + 2-butanol (50% / 50%)	3,8	4,2	-0,1

przemysłowych, jeśli zaistnieje potrzeba mieszania dwóch nieznanymi dotąd cieczy palnych.

Literatura

1. Kletz T., *Learning from accidents*, Third edition, Gulf Professional Publishing, 2001.
2. Kletz T., *What went wrong – Case histories of process plant disasters*, Fourth edition, Gulf Professional Publishing, 1999.
3. Babrauskas V., *Ignition handbook*, Society of Fire Protection Engineers, 2003.
4. PKN-CEN/TR 15138, Produkty naftowe i inne ciecze. Przewodnik oznaczania temperatury zapłonu, PKN, 2009.
5. PN-EN ISO 2719, Oznaczanie temperatury zapłonu. Metoda zamkniętego tygla Pensky'ego-Martensa, PKN, 2007.
6. Rudy W., Porowski R., Teodorczyk A., *Metody określania temperatury zapłonu ciekłych substancji palnych i ich mieszanin*, „Archiwum Spalania”, 11(1-2), 2011.
7. Liaw H.-J., Lee Y.-H., Tang Ch.-L., Hsu H.-H., Liu J.-H., *A mathematical model for predicting the flash point of binary solutions*, „Journal of Loss Prevention in the Process Industries”, 15, 2002.
8. Liaw H.-J., Lin S.-Ch., *Binary mixtures exhibiting maximum flash-point behavior*, „Journal of Hazardous Materials”, 140, 2007.
9. Liaw H.-J., Lee T.-P., Tsai J.-S., Hsiao W.-H., Chen M.-H., Hsu T.-T., *Binary liquid solutions exhibiting minimum flash-point behavior*, „Journal of loss Prevention in the Process Industries”, 16, 2003.
10. Liaw H.-J., Tang Ch.-L., Lai J.-S., *A model for predicting the flash point of ternary flammable solutions of liquid*, „Combustion and Flame” 138, 2004.
11. Liaw H.-J., Chen Ch.-T., Cheng Ch.-Ch., Yang Y.-T., *Elimination of minimum flash-point behavior by addition of a specified third component*,

„Journal of Loss Prevention in the Process Industries”, 21, 2008, s. 82-100.

12. Kim S.Y., Lee B., *A prediction model for the flash point of binary liquid mixtures*, „Journal of Loss Prevention in the Process Industries”, 23, 2010.

Praca została sfinansowana w ramach projektu rozwojowego NCBiR nr NR10-0002-10/2010 pt. „Określenie parametrów flash point i explosion point dla wybranych paliw ciekłych oraz ich wpływu na bezpieczeństwo magazynowania i transportu tych paliw”.

dr inż. Rafał Porowski – absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. W latach 2008-2009 był uczestnikiem studiów podyplomowych z inżynierii bezpieczeństwa wodorowego w University of Ulster w Irlandii Północnej. W roku 2010 ukończył studia doktoranckie na Wydziale Mechanicznym, Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. Temat rozprawy doktorskiej dotyczył badań doświadczalnych i symulacji numerycznych przejścia do detonacji w mieszaninach gazowych. W latach 2009–2010 w ramach stypendium Fulbrighta pracował w California Institute of Technology, gdzie w Explosion Dynamics Laboratory zajmował się badaniami doświadczalnymi propagacji fali uderzeniowych. Obecnie pełni funkcję kierownika Zespołu Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowodziowej PIB w Józefowie.

mgr inż. Wojciech Rudy – absolwent Wydziału Mechanicznego, Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. W latach 2008-2009 był uczestnikiem studiów podyplomowych z inżynierii bezpieczeństwa wodorowego w University of Ulster w Irlandii Północnej. Obecnie jest doktorantem w Instytucie Techniki Ciepłej Wydziału MEiL Politechniki Warszawskiej. Tematyka badawcza związana ze spalaniem i wybuchowością mieszanin gazowych.

prof. dr hab. inż. Andrzej Teodorczyk – pracownik Instytutu Techniki Ciepłej Wydziału MEiL Politechniki Warszawskiej, uznany ekspert międzynarodowy w dziedzinie wybuchów i detonacji mieszanin gazowo-powietrznych oraz spalania paliw, prezes Polskiego Instytutu Spalania, członek międzynarodowego stowarzyszenia International Association for Hydrogen Safety oraz Institute for Dynamics of Explosions and Reactive Systems.

mł. bryg. mgr inż. **Jacek ZBOINA**¹
st. kpt. mgr inż. **Grzegorz MROCZKO**^{1,2}

Przyjęty/Accepted: 15.04.2013; Zrecenzowany/Reviewed: 04.09.2013; Opublikowany/Published: 30.09.2013

DOSTAWA ENERGII ELEKTRYCZNEJ DO URZĄDZEŃ PRZECIWPÓŻAROWYCH³

Power supply to fire protection devices

Streszczenie

W artykule autorzy przedstawiają zagadnienia związane z ciągłością dostawy energii i przekazu sygnału do urządzeń przeciwpożarowych. W pierwszej części artykułu wskazują, jak istotne jest zachowanie ciągłości dostawy energii i sygnału do urządzeń przeciwpożarowych dla bezpieczeństwa pożarowego i warunków bezpiecznej ewakuacji z obiektów budowlanych. W dalszej części skupiają się na definicji zespołu kablowego i wymagań stawianych zespołom kablowym, jak również elementów wchodzących w skład zespołów kablowych. Dalej opisują dostępne na polskim rynku rodzaje kabli stosowanych w ochronie przeciwpożarowej oraz oznaczenia kabli związane z odpornością ogniową. Następnym elementem jest prezentacja konstrukcji nośnych do kabli wraz ze wskazaniem ich charakterystycznych parametrów oraz sposobem klasyfikacji wg normy DIN 4102-12 oraz podstawowymi wymaganiami przy instalacji kabli i zespołów kablowych. W podsumowaniu autorzy wskazują na istotną rolę i obowiązek przeprowadzenia przez producentów/dostawców oceny zgodności wyrobów i uzyskania odpowiednich dokumentów potwierdzających spełnienie przez wyroby stawianych im wymagań.

Summary

In this article the authors present information concerning continuity of power and signal supply to fire protection devices. In the first part of the paper the authors indicate how it is important to maintain the continuity of power and signal supply to fire protection devices for fire safety and safe evacuation from buildings. Following that, the authors focus on the definition of a cable system and the requirements established for cable systems and their parts. Next, the authors present the information about cables for fire protection which are available on Polish market and describe cable markings connected with fire resistance. Presentation of cable bearing systems, together with pointing out their specific parameters and classification according to DIN 4102-12 standard, constitutes the following part of the article. Moreover, general requirements for installation of cable and cable systems are presented. In their summary, the authors indicate the importance of performing necessary conformity assessment of products and acquiring of specific documents which confirm product fulfillment of specific requirements.

Słowa kluczowe: kable, zespoły kablowe, ciągłość dostawy energii, ocena zgodności, badania kabli;

Keywords: cables, cable systems, maintenance of circuit integrity, conformity assessment, cable testing;

Typ artykułu: artykuł przeglądowy;

Type of article: review article;

1. Wprowadzenie

Techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych odgrywają ważną rolę w obiektach budowlanych. Mają przede wszystkim zapewnić bezpie-

czeństwo pożarowe obiektu budowlanego, co oznacza między innymi zapewnienie bezpiecznych warunków ewakuacji osób przebywających w obiekcie na wypadek zagrożenia, jak również ograniczenie strat materialnych powodowanych przez dane zdarzenia pożarowe. Wykonanie tego zadania wymaga współdziałania i często integracji różnych urządzeń przeciwpożarowych. Do najczęściej stosowanych zaliczyć należy m.in. systemy sygnalizacji pożarowej, dźwiękowe systemy ostrzegawcze, systemy wentylacji pożarowej, stałe urządzenia gaśnicze. Prawidłowe działanie i praca technicznych syste-

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

² gmroczko@cnbop.pl;

³ autorzy wnieśli równy wkład w powstanie artykułu / the authors contributed equally to this work

mów zabezpieczeń przeciwpożarowych jest uzależniona od wielu czynników, na przykład takich jak:

- rodzaj i typ zastosowanych urządzeń - przede wszystkim istotne jest czy wyroby spełniają wymagania, jakie są im stawiane w przepisach prawa i specyfikacjach technicznych, oraz czy producent lub dostawca wyrobu posiada odpowiednie dokumenty, które to potwierdzają (certyfikaty zgodności, deklaracje zgodności i/lub świadectwa dopuszczenia, itp.),
- poprawność doboru zabezpieczeń oraz ich integracja,
- poprawność wykonania projektu (projektowanie), z uwzględnieniem odpowiednich założeń projektowych,
- poprawność wykonania instalacji systemu w obiekcie (instalowanie),
- częstotliwość i poprawność prowadzenia konserwacji instalacji (eksploatacja i konserwacja),
- poprawność przyjętego scenariusza pożarowego i z tym związanych wysterowań poszczególnych systemów i ich wzajemnej współpracy.

Istotna jest również kwestia współpracy zarówno połączeń systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych, jak i poszczególnych elementów w ramach danego systemu. Na tym zagadnieniu w odniesieniu do elektrycznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych autorzy skupili się w tym artykule.

Połączenia elementów elektrycznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych najczęściej wykonuje się za pomocą kabli lub przewodów elektrycznych, elektroenergetycznych lub światłowodowych układanych na kablowych konstrukcjach nośnych zwanych również trasami kablowymi. Zestaw elementów tj. kable + kablowa konstrukcja nośna nazywany jest „zespołem kablowym”. Wymagania, jakie powinny spełniać kable i zespoły kablowe w zakresie zapewnienia ciągłości dostawy energii elektrycznej lub przekazu sygnału do urządzeń przeciwpożarowych, określone są w §187 [Przewody i kable elektryczne] rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. Nr 75, poz. 690 z późn. zm.) [5]:

„1. Przewody i kable elektryczne należy prowadzić w sposób umożliwiający ich wymianę bez potrzeby naruszania konstrukcji budynku.

2. Dopuszcza się prowadzenie przewodów elektrycznych wtynkowych, pod warunkiem pokrycia ich warstwą tynku o grubości co najmniej 5 mm.

3. Przewody i kable elektryczne oraz światłowodowe wraz z ich zamocowaniami, zwane dalej „zespołami kablowymi”, stosowane w systemach zasilania i sterowania urządzeniami służącymi ochronie przeciwpożarowej, powinny zapewniać ciągłość dostawy energii elektrycznej lub przekazu sygnału przez

czas wymagany do uruchomienia i działania urządzenia, z zastrzeżeniem ust. 7. Ocena zespołów kablowych w zakresie ciągłości dostawy energii elektrycznej lub przekazu sygnału, z uwzględnieniem rodzaju podłoża i przewidywanego sposobu mocowania do niego, powinna być wykonana zgodnie z warunkami określonymi w Polskiej Normie dotyczącej badania odporności ogniowej.

4. Zespoły kablowe umieszczone w pomieszczeniach chronionych stałymi wodnymi urządzeniami gaśniczymi powinny być odporne na oddziaływanie wody. Jeżeli przewody i kable ułożone są w ognioochronnych kanałach kablowych, to wówczas wymaganie odporności na działanie wody uznaje się za spełnione.

5. Przewody i kable elektryczne w obwodach urządzeń alarmu pożaru, oświetlenia awaryjnego i łączności powinny mieć klasę PH odpowiednią do czasu wymaganego do działania tych urządzeń, zgodnie z wymaganiami Polskiej Normy dotyczącej metody badań palności cienkich przewodów i kabli bez ochrony specjalnej stosowanych w obwodach zabezpieczających.

6. Zespoły kablowe powinny być tak zaprojektowane i wykonane, aby w wymaganym czasie, o którym mowa w ust. 3 i 5, nie nastąpiła przerwa w dostawie energii elektrycznej lub przekazie sygnału spowodowana oddziaływaniami elementów budynku lub wyposażenia.

7. Czas zapewnienia ciągłości dostawy energii elektrycznej lub sygnału do urządzeń, o których mowa w ust. 3, może być ograniczony do 30 minut, o ile zespoły kablowe znajdują się w obrębie przestrzeni chronionych stałymi samoczynnymi urządzeniami gaśniczymi wodnymi”.

Aby właściwie stosować się do powyższych wytycznych niezbędna jest również znajomość wymagań dotyczących dostawy energii elektrycznej lub przekazu sygnału do urządzeń przeciwpożarowych, jak również wymagań, jakie w tym zakresie powinny spełniać zespoły kablowe oraz kable. Na rynku dostępnych jest wiele typów kabli przeznaczonych do stosowania w ochronie przeciwpożarowej oraz mających określone cechy – odpowiednio zdefiniowane w aprobaty technicznych i potwierdzone w krajowych certyfikatach zgodności, a także poprzez świadectwa dopuszczenia wydawane przez Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy (CNBOP-PIB). Niestety w sprzedaży można znaleźć również kable, których właściwości nie są potwierdzone wymaganymi przez przepisy dokumentami.

Podstawowym zagadnieniem przy projektowaniu instalacji kablowej dla technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych jest stosowanie odpowiednich wyrobów w tym kabli, których pro-

ducenci czy dostawcy przeprowadzili ocenę zgodności i posiadają certyfikaty zgodności z aprobatą techniczną oraz świadectwa dopuszczenia CNBOP-PIB. Jednak pamiętać należy, iż sam wyrób, nawet najlepiej sprawdzony, nie zagwarantuje zadziałania całego systemu, jeżeli nie będzie on poprawnie zaprojektowany, wykonany i konserwowany. Dlatego bardzo ważne również w przypadku kabli stosowanych do zasilania i/lub sterowania urządzeń przeciwpożarowych jest, aby:

- stosować odpowiednie typy kabli do danej instalacji,
- projektować i wykonywać instalacje zgodnie z przepisami, dokumentami normatywnymi (normami), wytycznymi i zasadami wiedzy technicznej,
- odpowiednio dobierać przekroje kabli,
- w prawidłowy sposób mocować kable na kablowych konstrukcjach nośnych, co zapewni poprawną pracę zespołu kablowego.

Tylko zagwarantowanie powyższych warunków umożliwi poprawną pracę systemu zarówno w warunkach normalnych użytkowania, jak i w warunkach pożaru w obiekcie budowlanym. W dalszej części artykułu przedstawiono podstawowe informacje w zakresie: rodzaju stosowanych kabli i ich przeznaczenia, rodzaju stosowanych kablowych konstrukcji nośnych, zasad projektowania i instalowania kabli oraz zasad projektowania i instalowania zespołów kablowych.

2. Rodzaje stosowanych kabli i ich przeznaczenie

Na polskim rynku na potrzeby ochrony przeciwpożarowej dostępnych jest wiele rodzajów kabli produkowanych przez producentów krajowych i zagranicznych. Przy doborze przewodów i kabli do danej aplikacji należy kierować się przede wszystkim poniższymi aspektami:

- wymagania formalno-prawne dla wyrobów wprowadzanych na rynek (wymagane deklaracje, certyfikaty i świadectwa dopuszczenia CNBOP-PIB dla przewodów i kabli – legalność ich stosowania),
- funkcja w systemie (zasilanie/przesyłanie sygnału, wymagany czas dostawy energii przesyłania sygnału),
- parametry techniczne (napięcie znamionowe, temperatura pracy, odporność ogniowa etc.),
- warunki środowiska pracy, (temperatury pracy, wilgoć, zastosowane zewnętrzne, etc.),
- wymagania w zakresie odporności ogniowej pojedynczego kabla (wymagane PH) lub w zespole kablowym (klasyfikacja E) – tam gdzie ma to zastosowanie.

Niezależnie oczywistym jest, iż inne ważne aspekty to cena, dostępność, dodatkowe wymagania funkcjonalne i/lub użytkowe.

Zestawienie rodzajów kabli stosowanych w ochronie przeciwpożarowej i ich przeznaczenia przedstawia poniższa tabela 1.

Tabela 1.

Zestawienie rodzajów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej kabli i ich przeznaczenie

Table 1.

List of types of cables used in fire protection

Oznaczenie (Marking)	Opis (Description)	Przeznaczenie (Application)
YnTKSY	Telekomunikacyjny (T), kabel (K), stacyjny (S), o żyłach miedzianych jednodrutowych, o izolacji polwinitowej (Y) i o powłoce z polwinitu nierozprzestrzeniającego płomienia (Yn)/ Telecommunication (T), switchboard (S), cable (K) with a single-core copper conductors, PVC insulated (Y) and a sheath made of flame retardant PVC (Yn)	Tory transmisji i zasilania urządzeń liniowych (czujki, moduły liniowe) w dozorowych liniach systemów sygnalizacji pożarowej, autonomicznych systemach sterowania gaszeniem i autonomicznych systemach kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła/
YnTKSY(ekw)	Telekomunikacyjny (T), kabel (K), stacyjny (S), o żyłach miedzianych jednodrutowych, o izolacji polwinitowej (Y) i o powłoce z polwinitu nierozprzestrzeniającego płomienia (Yn) oraz o wspólnym ekranie na ośrodku (ekw)/ Telecommunication (T), switchboard (S), cable (K) with a single-core copper conductors, PVC insulated (Y) and a sheath made of flame retardant PVC (Yn) and a common screen on the center (ekw)	Transmission and power tracks for line devices (sensors, linear modules) in surveillance lines of fire alarm systems, autonomous extinguishing systems and autonomous smoke and heat control systems
YnTKSX(ekw)	Telekomunikacyjny (T), kabel (K), stacyjny (S), o żyłach miedzianych jednodrutowych, o izolacji polietylenowej (X) i o powłoce z polwinitu nierozprzestrzeniającego płomienia (Yn) oraz o wspólnym ekranie na ośrodku/ Telecommunication (T), switchboard (S), cable (K) with a single-core copper conductors, polyethylene insulated (X) and a sheath made of flame retardant PVC (Yn) and a common screen on the center (ekw)	

Oznaczenie (Marking)	Opis (Description)	Przeznaczenie (Application)
HTKSH	Telekomunikacyjny (T) kabel (K) stacyjny (S) nieekranowany o żyłach miedzianych jednodrutowych oraz izolacji z tworzywa bezhalogenowego nierozprzestrzeniającego płomienia o małym wydzielaniu dymu (H) i powłoce z tworzywa bezhalogenowego nierozprzestrzeniającego płomienia o małym wydzielaniu dymu (H)/ Telecommunication (T), switchboard (S), cable (K) unscreened with a single-core copper conductors, flame retardant, low smoke emission, halogen free compound insulation (H) and, flame retardant, low smoke emission, halogen free compound sheath (H)	Tory transmisji i zasilania urządzeń liniowych: (czujki, moduły liniowe) w dozorowych liniach systemów sygnalizacji pożarowej, autonomicznych systemach sterowania gaszeniem i autonomicznych systemach kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła dźwiękowych systemów ostrzegawczych, systemów sterowania zamknięciami przeciwpożarowymi, jako tory transmisji sygnału lub stanu do pomocniczych urządzeń bytowych, odłączanych w przypadku powstawania pożaru, monitorowania, współpracy i integracji systemów przeciwpożarowych, oświetlenia bezpieczeństwa i ewakuacyjnego.
HTKSHekw	Telekomunikacyjny (T) kabel (K) stacyjny (S) ekranowany (ekw) o żyłach miedzianych jednodrutowych oraz izolacji z tworzywa bezhalogenowego nierozprzestrzeniającego płomienia o małym wydzielaniu dymu (H) i powłoce z tworzywa bezhalogenowego nierozprzestrzeniającego płomienia o małym wydzielaniu dymu (H) oraz o wspólnym ekranie na ośrodku/ Telecommunication (T), switchboard (S), cable (K) screened (ekw) with a single-core copper conductors, flame retardant, low smoke emission, halogen free compound insulation (H) and, flame retardant, low smoke emission, halogen free compound sheath (H)	Transmission and power tracks for line devices: (sensors, linear modules) in surveillance lines of fire alarm systems, autonomous extinguishing systems and autonomous smoke and heat control systems, voice alarm systems, control systems for fire closures signal or state transmission to the auxiliary living devices, turned off in case of fire, monitoring, cooperation and integration of fire protection systems, safety and emergency lighting.
HDGs	Kabel o żyłach miedzianych jednodrutowych (D) o izolacji z gumy silikonowej (Gs) i powłoce z tworzywa bezhalogenowego, nierozprzestrzeniającego płomienia, o małym wydzielaniu dymu (H) na napięcie znamionowe 300/500 V Cable with single-core copper conductors (D), insulated with silicone rubber (Gs) and, flame retardant, low smoke emission, halogen free compound sheath (H) for rated voltage 300/500 V	Zasilanie urządzeń w instalacjach: sygnalizacji pożarowej, odprowadzania dymu i ciepła pożarowego, stałych urządzeń gaśniczych, dźwiękowych systemów ostrzegawczych, sygnalizacyjnych i alarmowych, ewakuacji i zamknięć przeciwpożarowych, monitorowania, współpracy i integracji systemów przeciwpożarowych, oświetlenia bezpieczeństwa i ewakuacyjnego, dźwigów dla straży pożarnej.
HDGsekw	Kabel o żyłach miedzianych jednodrutowych (D) o izolacji z gumy silikonowej (Gs) i powłoce z tworzywa bezhalogenowego, nierozprzestrzeniającego płomienia, o małym wydzielaniu dymu (H) oraz we wspólnym ekranie na ośrodku (ekw) na napięcie znamionowe 300/500 V Cable with single-core copper conductors (D), insulated with silicone rubber (Gs) and, flame retardant, low smoke emission, halogen free compound sheath (H) and a common screen on the center (ekw) for rated voltage 300/500 V	Power for equipment in installations of: fire detection and fire alarm systems, smoke and heat control systems fixed fire-fighting systems, voice alarm systems, signaling and alarm systems, evacuation and fire closure control systems, monitoring, cooperation and integration of fire protection systems, safety and emergency lighting, lifts for firefighters.
HLGs	Kabel o żyłach miedzianych wielodrutowych (L) o izolacji z gumy silikonowej (Gs) i powłoce z tworzywa bezhalogenowego, nierozprzestrzeniającego płomienia, o małym wydzielaniu dymu (H) na napięcie znamionowe 300/500 V Cable with stranded copper conductors (L), insulated with silicone rubber (Gs) and, flame retardant, low smoke emission, halogen free compound sheath (H) for rated voltage 300/500 V	
HLGsekw	Kabel o żyłach miedzianych wielodrutowych (L) o izolacji z gumy silikonowej (Gs) i powłoce z tworzywa bezhalogenowego, nierozprzestrzeniającego płomienia, o małym wydzielaniu dymu (H) oraz we wspólnym ekranie na ośrodku (ekw) na napięcie znamionowe 300/500 V Cable with stranded copper conductors (L), insulated with silicone rubber (Gs) and, flame retardant, low smoke emission, halogen free compound sheath (H) and a common screen on the center (ekw) for rated voltage 300/500 V	

Oznaczenie (Marking)	Opis (Description)	Przeznaczenie (Application)
NHXH	Kabel elektroenergetyczny (N) o żyłach miedzianych oraz o podwójnej izolacji z taśmy mikowej i z usieciowanego tworzywa bezhalogenowego nierozprzestrzeniającego płomienia, o małym wydzielaniu dymu (HX), powłoce wypełniającej i powłoce z tworzywa bezhalogenowego, nierozprzestrzeniającego płomienia, o małym wydzielaniu dymu (H) na napięcie znamionowe 0,6/1 kV Power cable(N)with copper conductors and a double insulation of mica tape and cross-linked, flame retardant, low smoke emission, halogen free compound(HX),the filling sheath and sheath made of flame retardant, low smoke emission, halogen free compound (H) for rated voltage 0.6/1 kV	Zasilanie urządzeń w instalacjach: sygnalizacji pożarowej, odprowadzania dymu i ciepła pożarowego, stałych urządzeń gaśniczych, dźwiękowych systemów ostrzegawczych, sygnalizacyjnych i alarmowych, ewakuacji i zamknięć przeciwpożarowych, monitorowania, współpracy i integracji systemów przeciwpożarowych, oświetlenia bezpieczeństwa i ewakuacyjnego, dźwigów dla straży pożarnej.
NHXCH	Kabel elektroenergetyczny (N) o żyłach miedzianych oraz o podwójnej izolacji z taśmy mikowej i z usieciowanego tworzywa bezhalogenowego nierozprzestrzeniającego płomienia, o małym wydzielaniu dymu (HX), powłoce wypełniającej i powłoce z tworzywa bezhalogenowego, nierozprzestrzeniającego płomienia, o małym wydzielaniu dymu (H), z żyłą współosiową w postaci obwoju spiralnego na powłoce wypełniającej (C) na napięcie znamionowe 0,6/1 kV Power cable (N) with copper conductors and a double insulation of mica tape and cross-linked, flame retardant, low smoke emission, halogen free compound (HX), the filling sheath and sheath made of flame retardant, low smoke emission, halogen free compound (H) with the coaxial conductor in the form of a spiral wrapping on the filling sheath (C)for rated voltage 0.6/1 kV	Power for equipment in installations of: fire detection and fire alarm systems, smoke and heat control systems fixed fire-fighting systems, voice alarm systems, signaling and alarm systems, evacuation and fire closure control systems, monitoring, cooperation and integration of fire protection systems, safety and emergency lighting, lifts for firefighters.
(N)HXH	kabel elektroenergetyczny ((N)) o żyłach miedzianych oraz o izolacji z gumy silikonowej nierozprzestrzeniającej płomienia, o zmniejszonym zadymieniu (HX), powłoce wypełniającej i powłoce z tworzywa bezhalogenowego, nierozprzestrzeniającego płomienia, o zmniejszonym zadymieniu (H) na napięcie znamionowe 0,6/1 kV Power cable ((N)) with copper conductors and flame retardant, low smoke emission, silicone rubber insulation (XH), the filling sheath and sheath made of flame retardant, low smoke emission, halogen free compound (H) for rated voltage 0.6 / 1 kV	
(N)HXCH	kabel elektroenergetyczny ((N)) o żyłach miedzianych oraz o izolacji z gumy silikonowej nierozprzestrzeniającej płomienia, o zmniejszonym zadymieniu (HX), powłoce wypełniającej i powłoce z tworzywa bezhalogenowego, nierozprzestrzeniającego płomienia, o zmniejszonym zadymieniu (H), z żyłą współosiową w postaci obwoju spiralnego na powłoce wypełniającej (C) na napięcie znamionowe 0,6/1 kV Power cable ((N)) with copper conductors and flame retardant, low smoke emission, silicone rubber insulation (XH), the filling sheath and sheath made of flame retardant, low smoke emission, halogen free compound (H) with the coaxial conductor in the form of a spiral wrapping on the filling sheath (C) for rated voltage 0.6 / 1 kV	
N2XH	Kabel elektroenergetyczny (N) o żyłach miedzianych oraz o izolacji żył z usieciowanego polietylenu (2X), powłoce wypełniającej i powłoce z tworzywa bezhalogenowego, nierozprzestrzeniającego płomienia, o małym wydzielaniu dymu (H) na napięcie znamionowe 0,6/1 kV Power cable (N) with copper conductors and crosslinked polyethylene insulation (2X), the filling sheath and sheath made of flame retardant, low smoke emission, halogen free compound (H) for rated voltage 0.6/1 kV	

Oznaczenie (Marking)	Opis (Description)	Przeznaczenie (Application)
N2XCH	Kabel elektroenergetyczny (N) o żyłach miedzianych oraz o izolacji żył z usieciowanego polietylenu (2X), powłoce wypełniającej i powłoce z tworzywa bezhalogenowego, nierozprzestrzeniającego płomienia, o małym wydzielaniu dymu (H) z żyłą współosiową w postaci obwoju spiralnego na powłoce wypełniającej (C) na napięcie znamionowe 0,6/1 kV Power cable (N) with copper conductors and Cross-linked polyethylene insulation (2X), the filling sheath and sheath made of flame retardant, low smoke emission, halogen free compound (H) with the coaxial conductor in the form of a spiral wrapping on the filling sheath (C) for rated voltage 0.6 / 1 kV	
NKGs	Kabel (K) elektroenergetyczny o żyłach miedzianych, o izolacji z gumy silikonowej (Gs) i powłoce z tworzywa bezhalogenowego (N) na napięcie znamionowe 0,6/1 kV Power cable (K) with copper conductors and silicone rubber insulation (Gs), and sheath made of halogen free compound (N) for rated voltage 0.6 / 1 kV	

Źródło: Opracowano na podstawie wydanych aprobat technicznych [13]

W kolejnej tabeli przedstawione zostały oznaczenia kabli związane z ich odpornością ogniową.

Tabela 2.

Oznaczenia kabli odnoszące się do odporności ogniowej

Table 2.

Marking of cables in the scope of fire resistance

Oznaczenie (Marking)	Opis (Description)
PH 30 PH 90	Zdolność kabla do zachowania ciągłości obwodu (rzeczywistego przewodzenia prądu lub przenoszenia sygnału) wg PN-B-02851-1 [8] wyrażana w minutach (badanie zgodnie z PN-EN 50200 [6]) The ability of the cable to the continuity of the circuit (the actual current conduction or signal transmission) according to PN-B-02851-1 [8] expressed in minutes (test according to DIN EN 50200 [6])
E 30 E 60 E 90	Zdolność zespołu kablowego (kabla wraz z określoną kablową konstrukcją nośną) do podtrzymania funkcji elektrycznych wyrażana w minutach (badanie zgodnie z DIN 4102-12 [10]) The ability of a cable system (cable with specific cable support system) for maintenance of circuit integrity expressed in minutes (test according to DIN 4102-12 [10])
FE 180	Zdolność kabla do zachowania ciągłości obwodu (rzeczywistego przewodzenia prądu lub przenoszenia sygnału) wyrażana w minutach (badanie zgodnie z PN-IEC 60331-21 [12] w warunkach statycznych przy temperaturze 750°C) The ability of the cable to the continuity of the circuit (the actual current conduction or signal transmission) is expressed in minutes (test according to IEC 60331-21 [12] under static conditions at a temperature of 750° C)

Źródło: Opracowano na podstawie norm PN-B-02851-1 [8], PN-1361-1 [9], DIN 4102-12 [10], PN-IEC 60331-21 [12]

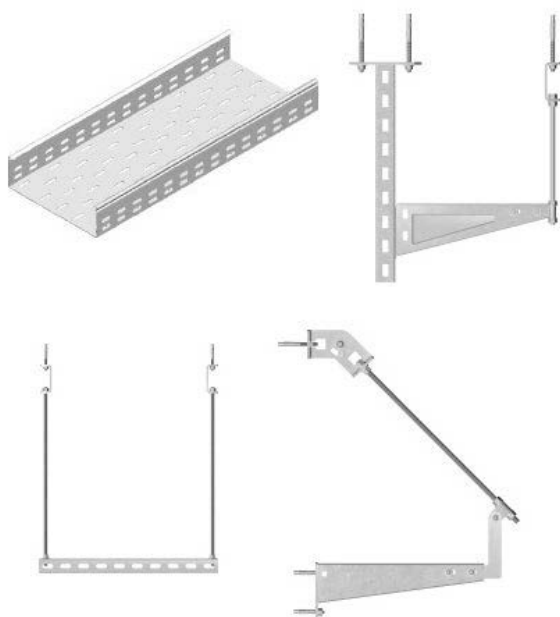
3. Rodzaj stosowanych kablowych konstrukcji nośnych

Na polskim rynku dostępnych jest także wiele rodzajów kablowych konstrukcji nośnych produkowanych przez producentów zarówno z kraju, jak i zagranicy. Przy doborze kabli i kablowych konstrukcji nośnych do danej aplikacji należy kierować się przede wszystkim poniższymi aspektami:

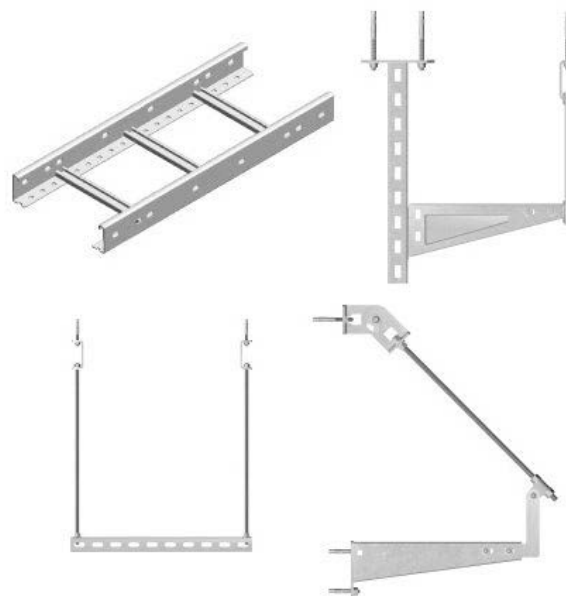
- wymagania formalno-prawne dla wyrobów wprowadzanych na rynek (wymagane deklaracje, certyfikaty i świadectwa dopuszczenia CNBOP-PIB dla konstrukcji nośnej – legalność ich stosowania),
- klasyfikacja zespołu kablowego w zakresie zapewnienia ciągłości dostawy energii elektrycznej lub przekazu sygnału przez czas wymagany do uruchomienia i działania urządzenia (klasyfikacja E wg normy DIN 4102-12),
- warunki środowiska pracy,
- dostępność rozwiązań na potrzeby aplikacji (zastosowania), dodatkowe wymagania funkcjonalne i/lub użytkowe do zasilania i/lub sterowania dla danego systemu, cena etc.

Kolejnym ważnym zagadnieniem przy omawianiu zagadnień dotyczących stosowanych kablowych konstrukcji nośnych jest ich podział. Kablowe konstrukcje nośne, które służą do budowy zespołów kablowych, można podzielić na 4 zasadnicze rodzaje:

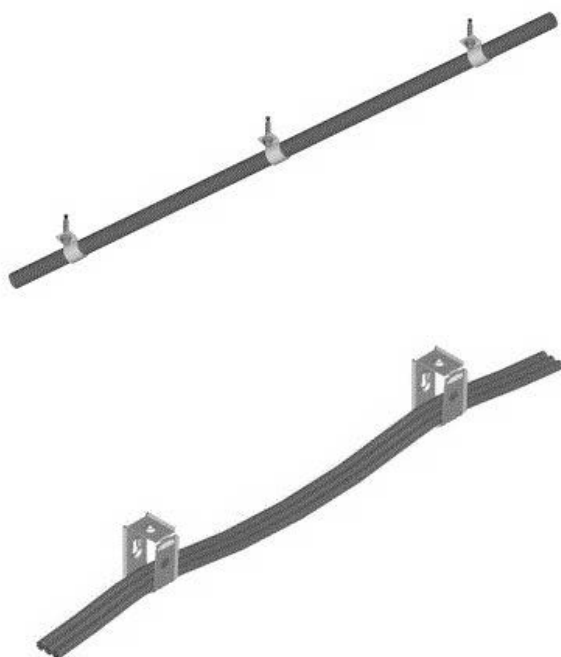
1. Prowadzenie kabli na korytkach kablowych mocowanych do stropu lub ściany – ryc. 1,
2. Prowadzenie kabli na drabinkach kablowych mocowanych do stropu lub ściany – ryc. 2,
3. Pojedyncze kable mocowane do stropu lub ściany za pomocą uchwytów i obejm instalacyjnych – ryc. 3,
4. Prowadzenie kabli w pionie na konstrukcjach pionowych (wznoszących) mocowane do ściany – ryc. 4.



Ryc. 1. Przykłady zamocowań koryt kablowych [13]
Fig. 1. Examples of cable tray bearing [13]



Ryc. 2. Przykłady zamocowań drabinek kablowych [13]
Fig. 2. Examples of cable ladder bearing [13]



Ryc. 3. Przykłady zamocowań na uchwytych i obejmach kablowych [13]
Fig. 3. Examples of cable bearing with holders and clips [13]



Ryc. 4. Przykłady zamocowań pionowych na drabince kablowej i uchwytych [13]
Fig. 4. Examples of vertical cable bearing with ladder and holders [13]

3.1. Przykład

Norma DIN 4102-12:1998 w pkt. 7.3.3.3 określa konfigurację znormalizowanej kablowej konstrukcji nośnej. Charakterystyka znormalizowanej konstrukcji nośnej przedstawia się następująco:

1. Korytka kablowe:

- szerokość korytka kablowego
- do 300 mm, grubość blachy 1,5 mm
- maksymalny stopień perforacji korytek
- $15 \pm 5\%$

- dopuszczalne obciążenie korytek
- 10 kg/m

- rozstaw między punktami zawieszenia
- 1200 mm

2. Drabinki kablowe:

- szerokość drabinki kablowej
- do 400 mm, grubość blachy 1,5 mm
- odstęp między szczeblami drabinki
- 300 mm

- dopuszczalne obciążenie drabinek
- 20 kg/m
- rozstaw między punktami zawieszenia
- 1200 mm

3. Obejmy kablowe:

- rozstaw między punktami zawieszenia (z kształtownikami C) - 600 mm
- rozstaw między punktami zawieszenia (bez kształtowników) - 300 mm

Natomiast konstrukcje posiadające inne parametry uznaje się za ponadnormatywne np. korytka siatkowe, konstrukcje z większym rozstawem punktów zawieszenia etc.

Kablowe konstrukcje nośne występują najczęściej w czterech wersjach materiałowych:

1. blacha i drut ocynkowany metodą galwaniczną wg normy PN-EN ISO 2081,
2. blacha ocynkowana metodą Sendzimira wg normy PN-EN 10346,
3. blacha stalowa cynkowana metodą zanurzeniową wg normy PN EN ISO 1461,
4. stal odporna na korozję wg normy PN-EN 10088-2.

Należy dodać, iż kablowe konstrukcje nośne, stosowane jako elementy zespołów kablowych, kwalifikowane są do klasy odporności ogniowej E30, E60 lub E90 według DIN 4102-12. Można na nich układać kable elektryczne, teletechniczne i światłowodowe – odpowiednio o klasie utrzymania funkcji E30, E60 i E90 – przeznaczone do przesyłania sygnałów i zasilania urządzeń przeciwpożarowych obiektu.

4. Projektowanie i instalowanie

Przy projektowaniu i instalowaniu linii kablowych i zespołów kablowych należy brać pod uwagę:

- wymagania formalno-prawne i normatywne,
- postanowienia aprobat technicznych, zapisy certyfikatów i świadectw dopuszczenia, (zakres stosowania, potwierdzone cechy i właściwości wyrobów, ograniczenia i dodatkowe warunki),
- zalecenia producenta,
- rzeczywiste warunki stosowania, (ograniczenia, środowisko),
- wytyczne w zakresie projektowania danego systemu zabezpieczenia przeciwpożarowego,
- zasady wiedzy technicznej.

5. Kable

Istotnym zagadnieniem jest również właściwy dobór przekrojów kabli. Należy przy tym uwzględnić ich poprawną pracę, zarówno w warunkach normalnych, jak i przede wszystkim w warunkach pożaru [15]. Dodać należy w tym miejscu, iż dla

określonych urządzeń przeciwpożarowych zakłada się (projektuje) określony czas działania w warunkach pożaru. Należy zwrócić szczególną uwagę na wzrost rezystancji powodowany wzrostem temperatury przewodów w trakcie pożaru, co bezpośrednio wpływa na właściwy dobór przekrojów przewodów gwarantujący poprawne działanie zasilanych urządzeń (np. rozruch silnika pompy pożarowej).

Zgodnie z prawem Wiedemanna-Franza, wzrost temperatury przewodu powoduje wzrost przewodnictwa cieplnego i spadek przewodnictwa elektrycznego.

$$\lambda = \gamma \cdot L \cdot T$$

gdzie:

λ – współczynnik przewodności cieplnej przewodnika [W/(m*K)]

γ – konduktywność przewodnika [m/(Ω *mm²)]

L – stała Lorentza [$L=2,44 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \Omega \cdot \text{K}^{-2}$]

T – temperatura przewodnika [K]

Oznacza to, że rezystancja przewodu rośnie wraz ze wzrostem temperatury. W praktyce obliczenia wzrostu rezystancji można wykonywać za pomocą wzoru wykładniczego [15]:

$$R_{T_k} = R_{20} \cdot \left(\frac{T_k}{293,16} \right)^{1.16}$$

gdzie:

R_{T_k} – rezystancja przewodu w temperaturze T_k [Ω],

T_k – temperatura końcowa, w której oblicza się rezystancję przewodu R_{T_k} [K],

R_{20} – rezystancja przewodu w temperaturze 20°C [Ω],

Przykładowe obliczenia wskazały, że rezystancja przewodu w warunkach pożaru może wzrosnąć 4,5-krotnie. Spowodowany przyrostem temperatury przyrost rezystancji kabla ma istotny wpływ na spadek napięcia oraz pogorszenie warunków zwarciowych przewodu. Nieuwzględnianie tego może skutkować dobozem do instalacji przewodów o zbyt małym przekroju żył, co w konsekwencji spowoduje obniżenie jakości podawanej energii do zasilanych urządzeń oraz nieskuteczność ochrony przeciwpożarowej przez samoczynne wyłączenie podczas zwarcia [15].

Nie mniej ważnym zagadnieniem jest zapewnienie ciągłości dostawy energii elektrycznej lub przekazu sygnału. W przypadku prowadzenia kabli na kablowych konstrukcjach nośnych odporność ogniowa/zdolność do zapewnienia ciągłości dostawy energii elektrycznej lub przekazu sygnału przez czas wymagany do uruchomienia i działania urządzenia (klasyfikacja E wg normy DIN 4102-12) musi być po-

twierdzona dla kompletnego zespołu kablowego tj. konkretny kabel na konkretnej konstrukcji nośnej.

Mówiąc o projektowaniu i wykonywaniu zespołów kablowych, warto przypomnieć podstawowe wymagania aprobat technicznych wydawanych przez CNBOP-PIB w zakresie instalowania kabli:

- **Podłoże.** Optymalnym materiałem stosowanym jako podłoże do mocowania i prowadzenia kabli jest beton klasy >B25 lub kamień naturalny. Dopuszcza się do stosowania również inne materiały budowlane posiadające odpowiednią wytrzymałość i atest odporności ogniowej równej co najmniej klasie podtrzymania funkcji kabla lub zespołu kablowego.
- **Kotwy i systemy prowadzenia.** Do mocowania systemów prowadzenia kabli do podłoża należy stosować odpowiednie kotwy o klasie odporności ogniowej, co najmniej równej klasie podtrzymania funkcji mocowanego systemu lub kabla. Klasa systemu mocującego określana powinna być na podstawie normy DIN 4102-12:1998 [10] jako minimum E90. Klasa odporności ogniowej może być również określana według innych ekwiwalentnych dokumentów normatywnych.
- **Ułożenie kabla na obejmach pojedynczych.** Kable należy montować na uchwytach, które przeszły pozytywnie badania zgodnie z PN-EN 50200 [6] lub zostały sklasyfikowane jako E30-E90 zgodnie z DIN 4102-12:1998 [10] w odstępach maksymalnie co 60 cm. Klasa odporności ogniowej obejm może być określana według innych ekwiwalentnych dokumentów normatywnych.
- **Konstrukcje i instalacje otaczające.** W fazie projektowania i instalowania należy przestrzegać zasady, aby elementy konstrukcji budynku lub innych instalacji nie spowodowały uszkodzenia systemu prowadzenia linii kablowej, skracając jego czas podtrzymywania funkcji. Systemy podtrzymujące powinny być oznakowane w taki sposób, aby jednoznacznie określać ich charakter oraz aby nie spowodować ich obciążenia ponad dopuszczalne. Dopuszcza się układanie kabli wraz z kablami słaboprądowymi i telekomunikacyjnymi pod warunkiem, że osprzęt mocujący spełnia ww. wymagania dotyczące kotew i systemów prowadzenia oraz ułożenia kabla na obejmach pojedynczych. Odległości od kabli silnoprądowych oraz torów w.c.z. powinny być zgodne z wymaganiami norm serii PN-EN 61000.
- **Przejścia w sufitach i ścianach.** Przejścia w sufitach i ścianach będących oddzieleniami stref pożarowych oraz innych pomieszczeń wydzielonych pożarowo, przez które są prowadzone systemy nośne i pojedyncze kable na uchwytach, należy uszczelniać odpowiednimi atestowanymi materiałami ognioodpornymi.

- **Osprzęt łączeniowy.** Stosowany wraz z kablem osprzęt łączeniowy (puszki, rozdzielnice, mufy) powinien posiadać odpowiednią funkcję ciągłości przesyłania energii PH 90, określoną zgodnie z PN-EN 50200 [6] lub E30 – E90 zgodnie z DIN 4102-12 [10]. Osprzęt ten niezależnie od kabla powinien być mocowany do podłoża za pomocą odpowiednich środków pozwalających na utrzymanie funkcji PH/E. Dotyczy to także bezpośrednich urządzeń łączeniowych (kostek zaciskowych), które niezależnie od obudowy puszki/rozdzielniczy powinny być przymocowane do podłoża.

6. Zespoły kablowe

Podstawowe wymagania aprobat technicznych w zakresie instalowania zespołów kablowych są następujące:

- Kable wraz z osprzętem zwane zespołem kablowym powinny zapewnić wymagany czas działania urządzeń przeciwpożarowych w warunkach pożaru rzeczywistego zgodnie z wymaganiami rozporządzenia Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz. U. Nr 75, poz. 690 z późn. zm.) [2]
- Zakres stosowania kablowych konstrukcji nośnych ograniczony jest do kabli o napięciu znamionowym do 1 kV.
- Kablowe konstrukcje nośne należy mocować do podłoża betonowego klasy $\geq$ B20 lub kamienia naturalnego. Dopuszczalne do stosowania są inne materiały budowlane posiadające odpowiednią wytrzymałość i atest nośności ogniowej równej co najmniej klasie R 90.
- Tuleje rozporowe, śruby mocujące do podłoża powinny być wykonane ze stali.
- Podwieszenia konstrukcji nośnych wzgl. wsporniki poziome muszą wykazywać odstęp $a \leq 1250$ mm i mają być wykonane z konstrukcji stalowych. Podwieszenia i pręty gwintowane należy tak zwymiarować, by ich obliczeniowe napięcie rozciągania przy klasie podtrzymania funkcji „E90” nie było większe niż 6 N/mm², a przy klasie podtrzymania funkcji „E30” i „E60” nie było większe niż 9 N/mm².
- Wsporniki lub wysięgniki należy mocować do litego sufitu lub ściany przy pomocy dopasowanych do podłoża stalowych kołków.
- Tuleje i kołki rozporowe M8, M10, M12 powinny być wpuszczone w beton minimum 60 mm, a M6 minimum 30 mm. Siła naciągu na kołek nie powinna przekraczać 500 N. Alternatywnie mogą być stosowane kołki, których przydatność pod względem bezpieczeństwa przeciwpożarowego została udokumentowana.

- Powinno być zagwarantowane, że kablowe konstrukcje nośne nie zostaną naruszone w swej klasie zachowania funkcjonalności przez spadające elementy budowlane.

7. Podsumowanie

Omówione w tym artykule zagadnienia mają istotne znaczenie dla ochrony przeciwpożarowej obiektów budowlanych. Ważne jest, aby wyroby stosowane do budowania zespołów kablowych posiadały potwierdzone właściwości (potwierdzone cechy i parametry). Właśnie dlatego istotne znaczenie ma ocena zgodności tych wyrobów. Dla tych wyrobów niezwykle ważnym etapem jest proces opracowywania Aprobaty Technicznej [16], w ramach którego określone są wymagania (w tym omówione w przedmiotowym artykule) dla przewodów i kabli, zamocowań oraz zespołów kablowych. Kolejne kroki w ocenie zgodności to ocena ich spełnienia na podstawie sprawozdań z badań wyrobów wykonanych w laboratoriach akredytowanych. W procesie certyfikacji

wyrobów obok weryfikacji wyników badań weryfikowane są również warunki produkcji wyrobów. Jeżeli na którymś z etapów ocena jest negatywna, dla wyrobu wynik oceny zgodności jest negatywny. Nie jest udzielana aprobata techniczna i/lub certyfikacja.

Podkreślić należy również, że aktualnie w budownictwie i ochronie przeciwpożarowej w Polsce można stosować tylko te kable, przewody, konstrukcje nośne i zespoły kablowe, dla których producenci posiadają odpowiednie dokumenty wymienione w tabeli 3. Dokumenty te potwierdzają spełnienie wymagań minimalnych odpowiednich dla ww. wyrobów – w tym m.in. określony w nich poziom zapewnienia ciągłości dostawy energii przez dany wyrób.

Na koniec warto przypomnieć, że od prawidłowego doboru, zaprojektowania, instalacji i eksploatacji kabli oraz zespołów kablowych zależy prawidłowe działanie systemu zabezpieczeń przeciwpożarowych, a w konsekwencji bezpieczeństwo obiektu i jego użytkowników. W tym kontekście niezrozu-

Tabela 3.

Dokumenty uzyskiwane w procesie oceny zgodności

Table 3.

Documents acquired in conformity assessment process

Lp. (No.)	Nazwa wyrobu (Name of product)	Krajowy certyfikat zgodności na zgodność z ... (Domestic certificate of conformity according to...)	Świadectwo dopuszczenia na zgodność z punktem... załącznika do rozporządzenia MSWiA [4] (Certificate of Admittance according to point... of annex to MSWiA decree)	Wymagane znakowanie wyrobu (Required product marking)
	Telekomunikacyjne kable stacyjne do instalacji przeciwpożarowych/ Telecommunication switchboard cable for fire protection installation	Aprobata Techniczną CNBOP-PIB/ CNBOP-PIB Technical Approval	14.1	Znak budowlany B + znak jednostki dopuszczającej CNBOP/ Construction marking B + admittance unit marking (CNBOP)
	Przewody i kable elektryczne oraz światłowodowe, stosowane do zasilania i sterowania urządzeniami służącymi ochronie przeciwpożarowej/ Electric and optical fibre cables and wires used to power and control of fire protection devices	Aprobata Techniczną CNBOP-PIB CNBOP-PIB Technical Approval	14.2	Znak budowlany B + znak jednostki dopuszczającej CNBOP/ Construction marking B + admittance unit marking (CNBOP)
	Zamocowania przewodów i kabli elektrycznych oraz światłowodowych, stosowanych do zasilania i sterowania urządzeniami służącymi ochronie przeciwpożarowej/ Support systems for electric and optical fibre cable and wire used to power and control of fire protection devices	Aprobata Techniczną CNBOP-PIB/ CNBOP-PIB Technical Approval	14.3	Znak budowlany B + znak jednostki dopuszczającej CNBOP/ Construction marking B + admittance unit marking (CNBOP)
	Zespoły kablowe/ Cable systems	Aprobata Techniczną CNBOP-PIB/ CNBOP-PIB Technical Approval	-	Znak budowlany B/ Construction marking B

miała jest praktyka stosowania na potrzeby ochrony przeciwpożarowej (w tym w celu zasilania lub sterowania urządzeń przeciwpożarowych) kabli i zespołów kablowych niespełniających wymagań stawianych przez przepisy prawa, tj. ustawę o wyrobach budowlanych i ustawę o ochronie przeciwpożarowej.

Literatura

5. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz. U. 2004 Nr 92, poz. 881 z późn. zm.).
6. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11.08.2004r w sprawie sposobów deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz. U. Nr 198 poz. 2041 z późn. zm.).
7. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. Nr 178, poz. 1380 z późn. zm.).
8. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr 143 poz. 1002 z późn. zm.).
9. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 75, poz. 690 z późn. zm.).
10. PN-EN 50200 Metoda badania palności cienkich przewodów i kabli bez ochrony specjalnej stosowanych w obwodach zabezpieczających.
11. PN-EN 50362 Metoda badania palności przewodów i kabli energetycznych i sygnalizacyjnych o większych średnicach, bez ochrony specjalnej, stosowanych w obwodach zabezpieczających.
12. PN-B-02851-1 Ochrona przeciwpożarowa budynków. Badania odporności ogniowej elementów budynków. Wymagania i klasyfikacja.
13. PN-EN 1363-1 Badania odporności ogniowej – Część 1: Wymagania ogólne.
14. DIN 4102-12 Fire behaviour of building materials and elements – Part 12: Fire resistance of electric cable systems required to maintain circuit integrity – Requirements and testing.
15. DIN 4102-2 Fire behaviour of building materials and building components - Part 2: Building components – Definitions, requirements and tests.
16. PN-IEC 60331-21 Badania kabli i przewodów elektrycznych poddanych działaniu ognia – Ciągłość obwodu – Część 21: Metody badania i wymagania – Kable i przewody na napięcie znamionowe do 0,6/1,0 kV.
17. Aprobaty Techniczne CNBOP-PIB dla kabli, kablowych konstrukcji nośnych i zespołów kablowych.
18. Wytyczne SITP WP-02:2010 Instalacje sygnalizacji pożarowej. Projektowanie.
19. Wiatr J. *Krzywe pożarowe oraz dobór przewodów do zasilania urządzeń elektrycznych, które muszą funkcjonować w czasie pożaru*, Ochrona przeciwpożarowa w instalacjach elektrycznych (zagadnienia wybrane), Elektroinfo, Warszawa 2011.
20. Mroczko G., *Znaczenie aprobat technicznych dla bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych*, BiTP, Vol. 24, Issue 4, 2011, 87-92.

ml. bryg. mgr inż. Jacek Zboina – absolwent SGSP i SGH, funkcjonariusz, oficer Państwowej Straży Pożarnej, rzeczoznawca Komendanta Głównego PSP ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych, członek KT 264 i KZ 501 Polskiego Komitetu Normalizacyjnego (PKN), Z-ca Dyrektora CNBOP-PIB ds. certyfikacji i dopuszczeń.

st. kpt. mgr inż. Grzegorz Mroczko – absolwent SGSP, funkcjonariusz, oficer Państwowej Straży Pożarnej, przedstawiciel Polski w TC 72 Europejskiego Komitetu Technicznego (CEN), członek KT 264 i KZ 501 Polskiego Komitetu Normalizacyjnego (PKN), Kierownik Zakładu Aprobat Technicznych CNBOP-PIB.

доктор техн. наук **КОПЫЛОВ С.Н./KOPYLOV S.N.¹****ЗДОР В.Л./ZDOR V.L.¹****ПОРОШИН А.А./POROSHIN A.A.¹**

Принята/Accepted: 30.04.2013; Reviewed/Рецензирована: 04.09.2013; Опубликовано/Published: 30.09.2013

СИСТЕМНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СРЕДСТВ ПОЖАРНОЙ СИГНАЛИЗАЦИИ²

System Approach to Designing of Fire Alarm Techniques

Содержание

Статья посвящена вопросам проектирования средств пожарной сигнализации с использованием системного подхода. Представлен анализ результатов ранее проведенных исследований в этой области. На основе положений действующей нормативной правовой базы по пожарной безопасности сформулированы цели обнаружения пожара. Представлены математические модели, описывающие условия достижения данных целей. С позиции обоснования пространственных параметров размещения пожарных извещателей (тепловые, тепловые дифференциального действия, извещатели пламени) рассмотрена модель горения углеводородных жидкостей в условиях наличия воздушных потоков и загрязненность атмосферы воздуха пылями и аэрозольями. Рассмотрены примеры расчетов по разработанным моделям.

Summary

The article is devoted to the issue of designing fire alarm techniques with the use of a system approach. The analysis of the results of the previous research in this area is presented. The purposes of fire detection are formulated on the basis of the provisions of the existing legal and normative base on fire safety. The mathematical models describing the conditions for achieving these objectives are submitted. The model of hydrocarbon liquids combustion under conditions of the presence of air flows and the pollution of the atmosphere with dusts and air dredges is examined from the position of justification of spatial parameters of fire detectors placement (thermal detectors, thermal detectors of differential action, flame detectors). The examples of calculations according to the developed models are considered.

Ключевые слова: системный подход, пожарная автоматика, пожарная сигнализация, цели обнаружения пожара, предел огнестойкости строительных конструкций, горение углеводородных жидкостей, воздушные потоки, загрязненность атмосферы воздуха.

Keywords: system approach, fire automatic equipment, fire alarm, fire detection, fire resistance limit, hydrocarbon liquids combustion, air flows, atmosphere pollution.

Вид статьи: с практики для практики;

Type of article: best practice in action;

1. Введение

При разработке проектных решений по противопожарной защите зданий (сооружений) не-

обходимо обосновать выбор систем пожарной автоматики и их параметры. При этом следует задать цели функционирования этих систем исходя из характеристик проектируемых зданий (сооружений) и определить взаимосвязи параметров пожарной автоматики с параметрами других элементов противопожарной защиты проектируемого здания (сооружения). Такой взгляд на процесс

¹ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий; Почтовый адрес: мкр. ВНИИПО, д. 12, г. Балашиха, Московская область, 143903; электронная почта: vniipo@mail.ru / Federal State Establishment All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and

Elimination of Consequences of Natural Disasters; Mail address: mkr. VNIIPPO, 12, Balashikha, Moscow Region, Russia, 143903; e-mail address: vniipo@mail.ru;

² Интеллектуальный вклад авторов в создание статьи (в процентах): Порошин А.А. - 70%, Копылов С.Н. - 20%, Здор В.Л. - 10%/ Percentage contribution: Poroshin - 70%, Kopylov - 20%, Zdor - 10%

проектирования определяет системный подход к разработке решений по обеспечению пожарной безопасности зданий (сооружений).

Пожарная сигнализация является первичным звеном в процессе обнаружения и тушения пожара пожарной автоматикой. Своевременное обнаружение опасных факторов пожара напрямую сказывается на продолжительности его тушения. Что соответственно влияет на возможные социальные и материальные последствия пожаров. Поэтому обоснование выбора средств пожарной сигнализации и их параметров, а также систем пожаротушения с позиции системного подхода позволит повысить эффективность противопожарной защиты зданий (сооружений) для сокращения социальных и материальных последствий пожаров. Как в зарубежной, так и российской практике сложились определенные научно-методические подходы на основе которых обосновывается время, за которое необходимо обнаружить пожар и обеспечивается взаимосвязь параметров пожаротушения и пожарной сигнализации. Также данные методы позволяют обосновать тип пожарного извещателя и пространственные параметры их размещения для своевременного обнаружения пожара и его последующей ликвидации. Однако, данные методы развивались в период 70-90 годов прошлого столетия и не лишены недостатков. Поэтому требуется рассмотреть дальнейшее развитие методологии применения системного подхода в области проектирования средств пожарной автоматики.

2. Анализ результатов исследований по применению системного подхода при проектировании средств пожарной автоматики

В российской практике вопросы использования системного подхода к обеспечению пожарной безопасности (ПБ) зданий (сооружений) системами пожарной автоматики рассмотрены в работе А.В. Матюшина [1]. На основе статистических данных проанализирована эффективность функционирования данных систем. В статье [1] говорится, что причины низкой эффективности противопожарной автоматики связаны с тем, что в нормативных документах отсутствуют регламентированные цели функционирования этих систем, критерии достижения целей и методы расчета критериев. При этом требования, предъявляемые к пожарной автоматике, не зависят от характеристик и особенностей развития пожара в помещении. Недостатки нормативных документов не позволяют установить время, за которое необходимо обнаружить пожар и обеспечить взаимосвязь противопожарных требова-

ний, предъявляемых к автоматическим установкам пожаротушения и пожарной сигнализации. В статье [1] предложен комплекс мероприятий по совершенствованию нормативных документов и приведен перечень целей функционирования средств пожарной автоматики и критерии их реализации.

Развивает положения статьи [1] публикация А.В.Матюшина, В.Н. Тимошенко, А.Н. Щеглова [2] в которой рассмотрена концепция обеспечения зданий ПБ ручными или автоматическими средствами противопожарной защиты. В основе концепции лежат положения, которые базируются на построении дерева целей (понятий). Дерево целей позволяет установить какие требования необходимо выполнить для достижения поставленной цели ПБ и показать, как отдельные элементы проектируемой системы влияют на выполнение этих целей.

Важное место в методическом обеспечении решения задач обнаружения факторов пожара занимает предложенный авторами работы [2] расчетный метод определения максимально допустимых расстояний между пожарными извещателями (ПИ). Метод обоснования требований к их размещению состоит из следующих этапов. Определяется проектный вариант развития пожара в защищаемом помещении (рассматриваются точечные модели горения твердых горючих материалов). Выбирается цель обнаружения пожара сигнализацией. Далее рассчитывается необходимое время обнаружения пожара и пороговая тепловая мощность очага для достижения поставленной цели. Определяется максимально допустимое расстояние между извещателями, при котором обеспечивается выполнение заданной цели обнаружения пожара. Выбирается тип ПИ для защиты здания или помещения от пожара.

В работе [2] определены следующие цели функционирования пожарной автоматики: обнаружение и ликвидация пожара персоналом здания с помощью огнетушителей, стволов от внутренних пожарных кранов или автоматической установкой пожаротушения (АУП) до появления в защищаемом помещении критических для жизни людей значений опасных факторов пожара (ОФП); обнаружение пожара и оповещение о нем людей за интервал времени, позволяющий людям покинуть защищаемое помещение до появления критических для их жизни значений ОФП; обнаружение пожара и приведение в действие АУП в помещении. Для каждой из вышеперечисленных целей получены расчетные формулы для определения максимально допустимых расстояний между тепловыми ПИ. Формулы получены в результате решения задачи обратной расчету температуры извещателей в притолоч-

ной струе нагретых продуктов горения в различные моменты времени. При их выводе приняты следующие допущения: передача тепла от пожара к ПИ путем теплопроводности и излучения мала по сравнению с конвективной составляющей; чувствительный элемент ПИ представляет собой физическое тело с заданными теплофизическими свойствами; неоднородность температурного поля не учитывается.

Вопросы обоснования целей функционирования пожарной автоматики с позиции ГОСТ 12.1.004-91 „Пожарная безопасность. Общие требования» и разработки расчетных методов определения максимально допустимых расстояний между точечными тепловыми и дымовыми ПИ рассмотрены в статьях Филаретова М.Б., Старшинова Б. П. и др. [3,4]. Данные статьи дополняют и развивают положения системного подхода к обеспечению ПБ, изложенного в работах [1,2].

В работе [3] отмечается, что в соответствии с ГОСТ 12.1.004-91 системы противопожарной защиты, должны обеспечивать требуемый уровень пожарной безопасности людей и материальных ценностей, а также характеризоваться экономическими критериями эффективности этих систем при защите материальных ценностей. Поэтому пожарная автоматика должна выполнять одну из следующих задач: обеспечивать пожарную безопасность людей; обеспечивать пожарную безопасность материальных ценностей; обеспечивать пожарную безопасность людей и материальных ценностей одновременно. На основе этих положений в [3] приводится структурная схема выбора типа установок пожаротушения и типа ПИ исходя из обозначенных целевых задач. Выбор состоит из следующих этапов: определение геометрических характеристик помещений и их негерметичности; определение типа горючих материалов, величины пожарной нагрузки и характера ее распределения; выбор расчетных схем развития пожара; определение зависимости повышения температуры в помещении от времени и определение времени до самовоспламенения пожарной нагрузки (объемной вспышки); определение критического времени до разрушения строительных или технологических конструкций; выбор типов ПИ; выбор типа огнетушащего вещества, совместимого с горючей нагрузкой защищаемого помещения; определение типа установки пожаротушения и ее нормативных параметров.

В состав факторов влияющих на выбор типа ПИ включено необходимое время обнаружения пожара для выполнения задач, стоящих перед пожарной автоматикой. Для этого требуется осуществить расчет выделяемых при пожаре тепла, газа, дыма в зависимости от скорости горения

и расчет времени наступления ОФП. Решающим при выборе типа ПИ является определение преобладающих ОФП, последовательность и время их появления.

Обобщенные результаты исследований по обоснованию области применения и выбора типа ПИ приведены в рекомендациях разработанных ВНИИПО [5]. В них для каждого типа ПИ определены факторы, влияющие на принятие решения по выбору типа детектора и определению области их применения. Даны методики расчета параметров при проектировании пожарной сигнализации с различными типами ПИ.

В публикации Кочкина А. Ю. и Черных И. В. [6] на основе исследования характеристики трех видов извещателей (теплого, дымового точечного зондирования, дымового лучевого зондирования, светового) приводятся данные по пороговому времени срабатывания ПИ. Отмечается, что данное время зависит от чувствительности ПИ, характеристик пожарной нагрузки, свойств окружающей среды, объема помещения, а также от особенностей размещения ПИ.

В США и странах европейского сообщества началом построения теории обеспечения пожарной безопасности зданий (сооружений) основанной на принципах системного подхода послужили работы [7-9]. В статье С. Бейлера [7] описывается расчетный метод определения требуемого числа тепловых, дымовых извещателей и расстояний между ними для эффективного обнаружения очагов пламенного горения твердых материалов в помещении. В 1984 г. данный метод был использован для разработки национального стандарта ассоциацией противопожарной защиты США (NFPA) [10].

В комплексных статьях Ж. Ньюмана изложена теория расчета времени срабатывания ПИ [8] и теория установок извещения о пожаре [9]. Согласно теоретическим представлениям о процессах горения твердых веществ и материалов, принципов функционирования извещателей время их срабатывания определяется характеристиками горящего материала, параметрами ПИ и геометрическими данными о зоне, в которой установлен ПИ. В [8] приводятся формулы для определения времени срабатывания различных типов ПИ при пожарах твердых горючих материалов. Методологические аспекты теории установок извещения о пожаре рассмотрены в статье [9]. Исследованы основные факторы, определяющие эффективную работу установок обнаружения и извещения о пожаре. Сформулировано основное условие безопасности, которому должны удовлетворять эти установки: время от начала пожара до момента создания опасных для человека значений опасных факторов пожара

должно быть больше или равно сумме четырех временных отрезков: времени движения детектируемого продукта пожара от очага до места расположения чувствительного элемента ПИ; времени развития пожара до достижения обнаруживаемого уровня детектируемого продукта пожара (температура, концентрация дыма, мощность УФ или ИК излучения пламени); времени срабатывания детектора; времени - требуемого для эффективной ответной реакции на срабатывание детектора. На основе имеющихся экспериментальных и теоретических данных выведены формулы для расчета составляющих этого условия безопасности.

В трудах членов Общества инженеров пожарной безопасности США (SFPE) Р. Кастера и Б. Мичема [11-13] приводится описание дальнейшего развития аналитической основы системного подхода к обеспечению пожарной безопасности, реализованного в стандарте NFPA-72. Разработанная Р. Кастером и Б. Мичемом методология состоит из двух этапов. Первый связан с определением целей обеспечения пожарной безопасности в зависимости от особенностей защищаемого здания (сооружения) и критериев их достижения. Второй связан с проектированием структуры и оценкой параметров системы противопожарной защиты на основе сценариев развития пожаров. На этом этапе определяются требуемые параметры системы противопожарной защиты необходимые для достижения поставленной цели.

Р. Кастером и Б. Мичемом сформулированы следующие цели пожарной безопасности: 1- обеспечение безопасности жизни людей (жильцов, работников, пожарных); 2- защита имущества (здания, сооружения, оборудование, материальные ценности); 3- обеспечение непрерывности функционирования производства (обеспечение работы заинтересованных сторон и непрерывности технологического цикла); 4- ограничение воздействия пожара на окружающую среду (ограничение выбросов токсичных и вредных веществ).

После задания целей обеспечения пожарной безопасности определяются количественно выраженные критерии их достижения. Данные критерии задают пороговые значения определенных физических величин, с помощью которых можно измерить степень выполнения поставленных целей. Количественный перевод целей в критерии включает определение различных воздействий факторов пожара на людей, имущество и окружающую среду. Критерии выражены в физических терминах: температура; видимость в дыму; поток лучистой энергии от пожара; мощность его тепловыделения; концентрация токсичных

веществ. Для каждого из этих факторов должно определяться время их достижения.

Наиболее детально разработан метод проектирования тепловых ПИ как фиксированной температуры, так и реагирующих на скорость ее изменения. Метод является результатом обширных экспериментальных исследований и математического моделирования процессов переноса тепла и вещества при пожарах. В основе метода лежат результаты построения математических моделей изменения температуры и скорости газов в пространстве помещения.

В исследованиях Хескестада Ж. и Деличатсиониса М. [14-16] описаны математические выражения для определения изменения температуры и скорости газов в месте расположения ПИ. Также вопросы моделирование передачи тепла к тепловому детектору, определение скорости газов и температуры в месте его расположения также рассмотрены в работах Р. Щифилити [17], С. Бейлера [18], С. Мариона [19]. Согласно утверждениям Ж. Хескестада и М. Деличатсиониса и других исследователей общая передача тепла к извещателю складывается из следующих составляющих: передача тепла благодаря теплопроводности вещества; конвективная передача тепла; передача тепла излучением. Однако, при выводе расчетных формул в дальнейшем полагается, что на начальных стадиях развития пожара передача тепла излучением может считаться незначительной. Поэтому все теоретические соображения строятся на том, что подавляющее большинство тепла поступает в ПИ через конвективную теплопередачу, величина которой пропорциональна квадратному корню скорости газов, проходящих через извещатель.

Резюмируя можно сказать следующее. В мировой практике в области проектирования систем пожарной автоматики на основе системного подхода наиболее теоретически проработан метод проектирования данных систем с тепловыми ИП. В основе метода лежат математические модели, описывающие изменение температуры и скорость нагретых газов в пространстве около извещателя. Получены расчетные формулы для определения изменения температуры и скорости газов в месте расположения ИП. При выводе расчетных формул полагается, что передача тепла посредством теплопроводности вещества и излучением незначительна. Поэтому все теоретические соображения строятся на том, что тепло от пожара поступает в ИП через конвективную составляющую, величина которой пропорциональна квадратному корню скорости горячих газов, проходящих через извещатель. Теория тепловых ИП строится на основе точечных моделей пожара. Сделано допущение о главенствующей роли

конвективной передачи тепла, пренебрегая при этом передачей тепла излучением.

В отличие от тепловых ИП теория проектирования дымовых извещателей не достаточно развита. Обоснование размещения дымовых ИП осуществляется на основе огневых испытаний. При ряде допущений о характере режима горения получены аналитические выражения для расчета значений максимально допустимых расстояний между извещателями и линиями струй горячих газов от пожара, на которых ожидается получение минимальной скорости потока для некоторой конвективной мощности тепловыделения пожара и высоты потолка помещения.

Для пламенных ИП аналитической основой их проектирования является теория излучения пламени. На основе этой теории разработана модель реакции пламенных извещателей на пожар. Реакция моделируется с помощью уравнения, описывающего взаимосвязь величины энергии излучения, достигающей извещателя и достаточной для его срабатывания, с величиной мощности излучения от него. Параметром для определения реакции ИП на излучение от пламени является расстояние между ним и пожаром.

При этом анализ используемых модельных представлений процессов горения различных веществ и материалов для проектирования пожарной автоматики показывает, что в основном применяются модели пожаров точечного типа и предполагается, что тепло поступает в ИП (для тепловых и дымовых) через конвективную составляющую. Тем не менее следует учитывать, что при горении жидких углеводородов передача тепла на объект (мишень) излучением превалирует по сравнению с конвективной составляющей. Российскими исследователями [20] на основе теории диффузионного факела, возникающего при пожарах проливов углеводородов, и методов теории пограничного слоя установлено, что тепломассообмен факела с объектами (мишенями) зависит от его геометрических характеристик и размеров облучаемого объекта. В работе Баратова А.Н., Копылова С.Н., Молчадского И.С. [20] показано, что основным процессом передачи тепла является лучистый теплообмен.

Следует также отметить, что в настоящее время не достаточно полно проработан вопрос об исследовании влияния наличия естественных и искусственных воздушных потоков, а также загрязненности атмосферы воздуха пылями и аэрозольными в зданиях (сооружениях) на обоснование проектных решений по пожарной сигнализации с различными типами ИП. Например, для обоснования требований к пространственным параметрам схем их размещения, для эффектив-

ного обнаружения пожаров пролива углеводородных жидкостей требуется определять, как изменяется тепловое радиационное излучение в зависимости от изменения параметров окружающей среды за счет потоков воздуха или наличия пыли в нем.

Рассмотрим возможные пути и соответствующие математические модели, позволяющие, в некоторой мере, определить пути решения описанных выше проблем в области разработки методов проектирования средств пожарной автоматики на основе системного подхода.

3. Цели обнаружения пожаров пролива углеводородных жидкостей и формализация условий их достижения

В статье 61 Федерального закона Российской Федерации [21] определены цели, которые должны быть обеспечены при применении автоматических или автономных установок пожаротушения (АУПТ). Данные установки функционируют совместно с системами пожарной сигнализации. Поэтому, исходя из целей АУПТ, можно сформулировать цели обнаружения пожара и разработать математическую модель описывающей условия их достижения.

Решение этой задачи рассмотрено с использованием временной диаграммы (см. рис.1).



ППКП – CIFD – fire control and indicating devices

АУПТ – AFS – automatic fire systems

ПИ – FD – fire detectors

Рис.1. Временная диаграмма процесса обнаружения и тушения пожара.

Fig. 1. Timing diagram of the process of detecting and extinguishing the fire

Из диаграммы видно, что интервал времени от момента возникновения пожара до момента его ликвидации состоит из следующих временных интервалов: $t_{ср}$ – интервал времени от момента возникновения пожара до момента обнаружения контролируемого фактора пожара ИП соответствующего типа; $t_{инерп.ИП}$ – интервал времени от момента воздействия на чувствительный элемент ИП контролируемого фактора пожара, величина которого равна или превышает порог его срабатывания и до момента выдачи сигнала на приборы приемно-контрольные пожарные (ППКП) (инерционность срабатывания ИП); $t_{рек}$ – интервал времени от момента срабатывания

ПИ до момента подачи сигнала по линиям связи с ППКП на АУПТ; $t_{\text{инер.АУПТ}}$ – интервал времени от момента подачи управляющего сигнала от ППКП на включение АУПТ до момента выхода АУПТ на рабочий режим (инерционность срабатывания АУПТ); $t_{\text{туш}}$ – интервал времени от момента подачи огнетушащего вещества АУПТ на тушение пожара до момента его ликвидации.

Для формулирования целей обнаружения пожара и разработки математической модели, описывающей условия их достижения, определены параметры выполнения целевых назначений АУПТ обозначенные в Федеральном законе [21]: необходимое время эвакуации людей из помещения (здания) при пожаре ($t_{\text{нв}}$); предел огнестойкости строительных конструкций ($t_{\text{по}}$); площадь пожара на момент подачи огнетушащего вещества АУПТ ($S_{\text{пож}}$).

Сформулированы следующие цели обнаружения пожара:

- система обнаружения пожара должна осуществить автоматическое обнаружение пожара за время необходимое для обеспечения ликвидации пожара до возникновения критических значений опасных факторов пожара для людей (цель по обнаружению № 1);
- система обнаружения пожара должна осуществить автоматическое обнаружение пожара за время необходимое для обеспечения ликвидации пожара до наступления пределов огнестойкости строительных конструкций (цель по обнаружению № 2);
- система обнаружения пожара должна осуществить автоматическое обнаружение пожара за время необходимое для обеспечения ликвидации пожара прежде, чем его площадь превысит площадь, которую может потушить проектируемая на объекте защиты АУПТ (цель по обнаружению № 3).

На основе целевых назначений АУПТ регламентированных Федеральным законом [21], с использованием временной диаграммы (см. рис.1), построена система неравенств вида:

$$t_{\text{ср}} + t_{\text{инер.ПИ}} + t_{\text{реак}} + t_{\text{инер.АУПТ}} + t_{\text{туш}} \leq t_{\text{нв}} \quad (1)$$

$$t_{\text{ср}} + t_{\text{инер.ПИ}} + t_{\text{реак}} + t_{\text{инер.АУПТ}} + t_{\text{туш}} \leq t_{\text{по}} \quad (2)$$

$$S_{\text{пож}} \leq S_{\text{огн.АУПТ}} \quad (3)$$

где $S_{\text{огн.АУПТ}}$ – площадь пожара, которую может потушить проектируемая на объекте АУПТ. Другие переменные в неравенствах (1)-(3) обозначены выше.

Введя параметр $T_1 = t_{\text{инер.ПИ}} + t_{\text{реак}} + t_{\text{инер.АУПТ}}$, который характеризует общую инерционность системы пожарной автоматики с учетом проек-

тируемых типов ПИ, линий связи, типов ППКП и АУПТ и осуществляя соответствующие преобразования, неравенства (1)-(3) приведены к виду:

$$t_{\text{ср}} \leq t_{\text{нв}} - T_1 - t_{\text{туш}} \quad (4)$$

$$t_{\text{ср}} \leq t_{\text{по}} - T_1 - t_{\text{туш}} \quad (5)$$

$$S_{\text{пож}} \leq S_{\text{огн.АУПТ}} \quad (6)$$

В неравенствах (4)-(5) время ($t_{\text{ср}}$) является искомой величиной которую требуется определить в зависимости от характеристик пожара и параметров проектируемой системы противопожарной защиты здания (сооружения) или помещения.

В качестве реализации вышеизложенного подхода по определению времени ($t_{\text{ср}}$) рассмотрено горение углеводородных жидкостей при постоянной ($S_{\text{пож}} = \text{const}$) и переменной ($S_{\text{пож}} = S_{\text{пож}}(t)$) площади в условиях наличия воздушных потоков и загрязненности атмосферы воздуха пылями и аэрозольными. Описание модели горения углеводородных жидкостей в этих условиях представлено в работах [22,23].

На данной модели с использованием неравенств (4)-(6), при определенных допущениях, получены расчетные формулы позволяющие производить оценки величины времени срабатывания ПИ ($t_{\text{ср}}$) для рассмотренных целей обнаружения пожара. Так, для цели №1 (обеспечение безопасности людей) при переменной площади пожара получено неравенство вида:

$$t_{\text{ср}} \leq \frac{1}{3,6 \cdot c} \cdot \left\{ -B + \sqrt{B^2 + 7,2 \cdot c \cdot \left[K \cdot T_1 + t_{\text{нв}} - (T_0 + T_1) \right]} \right\} \quad (7)$$

В (7) параметры $c = \frac{\psi}{\rho \cdot h}$; $B = 1 - K + D \cdot T_1$;

$K = 1,8 \cdot c \cdot \left[t_{\text{нв}} - (T_0 + T_1 + T_2) \right]$; $D = 1,8 \cdot c$ определяются по характеристикам пожара (массовая скорость выгорания жидкости (ψ), толщина слоя растекающейся жидкости (h), ее плотность (ρ) и др.) и характеристикам проектируемой системы противопожарной защиты на объекте (необходимое время эвакуации ($t_{\text{нв}}$), интенсивность подачи огнетушащего средства ($J_{\text{тр}}$), время характеризующее инерционность пожарной автоматики (T_1)).

Также неравенство (7) применимо для оценки времен срабатывания ПИ ($t_{\text{ср}}$) по выполнению цели №2 (обеспечение безопасности строительных конструкций). В данном случае требуется заменить необходимое время эвакуации ($t_{\text{нв}}$) на время ($t_{\text{по}}$), которое определяет предел огнестойкости

строительных конструкций согласно требованиям Федерального закона [21].

Для цели по обнаружению № 3 (огнетушащая способность АУПТ) получено неравенство вида:

$$t_{cp} \leq \frac{Q_{cm}}{1,8 \cdot c \cdot (d \cdot J_{mp} - Q_{cm})} - T_1 \quad (8)$$

где Q_{cm} – фактический расход огнетушащего средства, который может подать АУПТ, л/с. Остальные параметры описаны выше.

Следует отметить, что с позиции математического формализма неравенства (7) и (8) имеют ограничения по применимости при определенных значениях входящих в них параметров (подкоренные значения не могут быть отрицательными, недопустимо деление на ноль).

В качестве примера практического использования полученных условий достижения целей обнаружения пожара пролива углеводородных жидкостей рассмотрим горение дизельного топлива марки $\mathcal{L}$ вытекающего из поврежденного агрегата (переменная площадь пожара). Массовая скорость выгорания топлива $\psi = 0,04$ кг/м²с, толщина слоя растекающейся жидкости $h = 0,005$ м³/с, плотность $\rho = 860$ кг/м³. Инерционность системы пожарной автоматики (T_1) принято равной 20 с. Необходимое время эвакуации людей ($t_{нв}$) задавалось по трем значениям ($t_{нв} = 1$ мин; 3 мин; 5 мин). На рис.2 приведены результаты построения зависимости времени срабатывания ПИ от интенсивности подачи огнетушащего средства J_{mp} при различных значениях необходимого времени эвакуации людей с использованием неравенства (7).

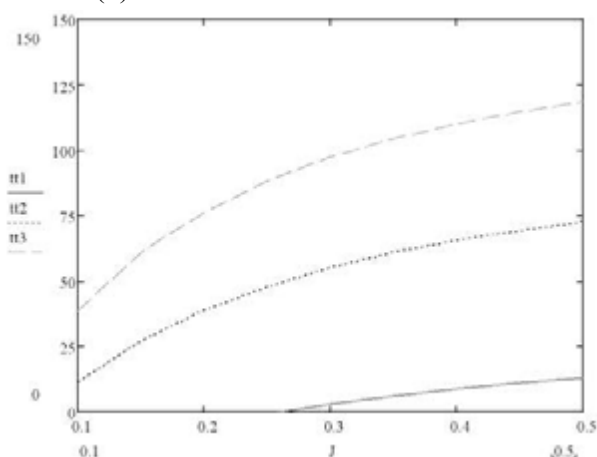


Рис. 2. Зависимость времени срабатывания ПИ t_{cp} от требуемой интенсивности подачи огнетушащего средства J_{mp} при различных значениях необходимого времени эвакуации людей $t_{нв}$

Fig. 2. The relationship between the response time of a fire detector (ПИ t_{cp}) and the extinguishing intensity needed (J_{mp}) in relation to different amounts of time necessary for evacuation of people ($t_{нв}$)

Таким образом, при разработке проектных решений по противопожарной защите зданий (сооружений) в которых обращаются углеводородные жидкости, с позиции выполнения целей обнаружения пожара, на основе полученных неравенств (7) и (8) можно обосновывать требования к необходимому времени обнаружения пожара ($t_{необ} = t_{cp}$) в зависимости от характеристик проектируемой системы противопожарной защиты на объекте и свойств углеводородных жидкостей.

Однако, как показывает анализ полученных неравенств, в них отсутствуют такие важные характеристики системы пожарной сигнализации как пространственные параметры размещения ПИ различного типа (расстояния между ними, высота размещения). Поэтому, полученное значение времени t_{cp} выполнения целей обнаружения пожара требуется сравнить с расчетным временем ($t_{расч}$), которое определяется в зависимости от пространственных параметров схем размещения ПИ. Если $t_{расч} \leq t_{cp}$, то, при выбранных пространственных параметрах размещения извещателей, цели обнаружения пожара будут выполнены. В противном случае, если $t_{расч} \geq t_{cp}$, то цели не выполняются и необходимо пересмотреть требования к пространственным параметрам размещения ПИ таким образом, чтобы добиться выполнения условия $t_{расч} \leq t_{cp}$.

Для реализации данной сравнительной задачи осуществлена разработка математических моделей позволяющих определять зависимости пространственных параметров размещения ПИ от расчетного времени ($t_{расч}$). Построение моделей рассмотрено применительно к тепловым ПИ, тепловым ПИ дифференциального действия и извещателям пламени. Учтены особенности распределения тепловых потоков при горении углеводородных жидкостей пожара в условиях наличия воздушных потоков и загрязненности атмосферы воздуха пылями и аэрозольными частицами. В силу ограничения статьи по объему ниже представлено описание модели для тепловых ПИ (ТПИ).

4. Модель определения пространственных параметров размещения тепловых пожарных извещателей для обнаружения горения углеводородных жидкостей в условиях наличия воздушных потоков и загрязненности атмосферы воздуха пылями и аэрозольными частицами

В основе определения пространственных параметров размещения ТПИ лежит определение количества тепла (Q), которое поступает в объем воздуха (V) вокруг чувствительного элемен-

та ТПИ в единицу времени при тепловом излучении пожара пролива углеводородных жидкостей. В качестве описания последнего применена модифицированная модель поверхностного источника. В модельном представлении пламя описывается трехмерным объемным телом. Радиационное излучение осуществляется с наружной оболочки этого тела и рассчитывается через коэффициент излучения и интенсивность тепловыделения. Горение рассматривается как диффузионное и происходит с открытой поверхности. Пламя рассматривается как оптически „серый” монохроматический поверхностный излучатель. При расчете радиационного излучения геометрическая форма пламени заменяется эквивалентной цилиндрической поверхностью с сохранением реальных значений высоты пламени (L) и диаметра очага пожара ($2R$). Более подробное описание модели пожара пролива углеводородной жидкости дано в работе [21].

Для получения расчетных формул по определению пространственных параметров размещения ТПИ исследованы как частные случаи (пламя направлено вертикально вверх и пламя отклоняется под воздействием воздушного потока в плоскости расположения извещателя), так и более общий случай (пламя отклоняется в произвольной плоскости по отношению к извещателю). При этом рассмотрены различные случаи загрязнения атмосферы воздуха пылями и аэрозольными.

Для примера, на рис.3 приведена схема расположения оси пламени и извещателя при наличии воздушного потока в плоскости ТПИ (угол наклона - Θ).

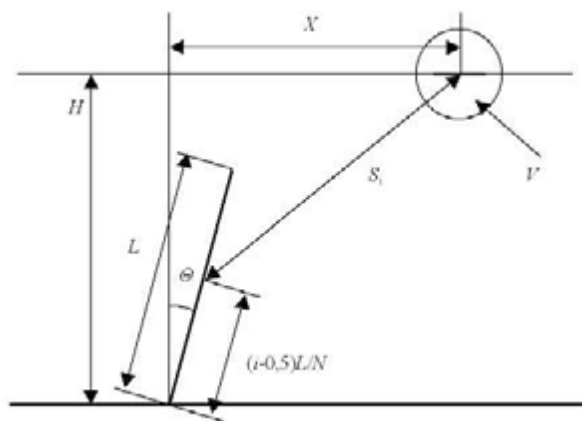


Рис. 3. Схема расположения оси пламени и извещателя

Fig. 3. Scheme showing location of the flame axis and fire detector

На основе определения количества тепла Q , поступающего в единицу времени в объем V около извещателя получена формула для вычисления расчетного времени срабатывания ТПИ:

$$t_{расч} = \frac{\rho C_p (T_{ср} - T_{нач})}{0,75 \xi \alpha E \exp(-\alpha S) \varphi} \quad (9)$$

где ρ – плотность воздуха, $кг/м^3$; C_p – изобарная теплоемкость воздуха, $Дж/кг \cdot K^0$; $T_{нач}$ – начальная температура воздуха, 0K ; $T_{ср}$ – температура срабатывания ТПИ, 0K ; ξ – коэффициент учета кривизны поверхности пламени представленной в виде цилиндра в сравнении с поверхностью прямоугольника; α – коэффициент загрязненности атмосферы пылями или аэрозольными (в исследованиях принято если α менее 0,15, то рассматривается прозрачная атмосфера, если α от 0,15 до 0,60 – загрязненная атмосфера, если α более 0,60 сильно загрязненная атмосфера); E – среднеповерхностная интенсивность теплового излучения, $кВт/м^2$; S – среднее расстояние от поверхности пламени до извещателя, м; φ – угловой коэффициент облучения.

Для получения выражения по расчету углового коэффициента облучения (φ) цилиндрическая поверхность была разбит по высоте на N частей таким образом, чтобы высота каждого из полученных i -х частей цилиндра была близка к их ширине ($2R$). Определено расстояние S_i от центра i -й частей цилиндра до места размещения извещателя (см. рис.3).

Получена формула для расчета углового коэффициента облучения вида:

$$\varphi = \frac{2RL}{\pi N} \sum_{i=1}^N \frac{\left[\left(X - \frac{(i-0,5)L}{N} \sin \Theta \right) \cos \Theta - \left(H - \frac{(i-0,5)L}{N} \cos \Theta \right) \sin \Theta \right]}{\left[\left(X - \frac{(i-0,5)L}{N} \sin \Theta \right)^2 + \left(H - \frac{(i-0,5)L}{N} \cos \Theta \right)^2 \right]^{\frac{3}{2}}} \quad (10)$$

Аналогичные формулы для вычисления (φ) выведены для более общего случая, когда пламя отклоняется в произвольной плоскости по отношению к извещателю. Для геометрического описания данного случая был введен дополнительный угол Ψ и использованы положения теории векторной алгебры для его вычисления.

Как видно из рис.3, расстояние (S) и угловой коэффициент облучения (φ) являются функциями от расстояния (X), на котором размещается извещатель от оси пламени, высоты их размещения H , а также углов наклона пламени Θ и Ψ в различных плоскостях под воздействием воздушных потоков: $S=S(X,H,\Theta,\Psi)$ и $\varphi=\varphi(X,H,\Theta,\Psi)$. Для исследования характера изменения пространственных параметров размещения ТПИ с учетом времени их срабатывания необходимо совместно

решить уравнение (9) и соответствующие уравнения для углового коэффициента облучения (см. формула 10 для рассматриваемого случая отклонения пламени под воздействием воздушного потока). Так как эти уравнения имеют сложную аналитическую структуру их исследование осуществлено на основе методов численного моделирования. Применен метод касательных.

В силу того, что по времени $t_{ср}$ срабатывания извещателей, задаваемому для выполнения соответствующих целей обнаружения пожара, требуется определить расчетное время срабатывания ($t_{расч}$) численное исследование проводилось путем решения обратной задачи. То есть, при численном моделировании определялась функция вида $l = F(t_{расч}, H, \Theta, \Psi, \alpha)$, где l – расстояние между ТПИ. Данное расстояние определяется по расстоянию X , на котором размещается извещатель от оси пламени.

На рис. 4 и 5 приведены примеры данной функции полученной по результатам численного моделирования при различных параметрах модели $l = F(t_{расч}, H, \Theta, \Psi, \alpha)$. Рассматривалось горение дизельного топлива марки Л с вышеописанными исходными данными (см. раздел 2 статьи).

Аналогичные математические модели разработаны для тепловых ПИ дифференциального действия и извещателей пламени.

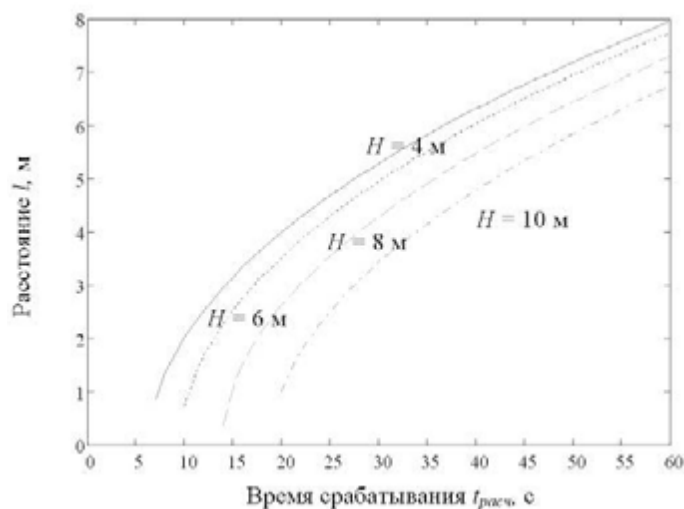


Рис. 4. Зависимость расстояния l от времени срабатывания ТПИ $t_{расч}$ при различных высотах (H) их размещения (углы наклона пламени $\Theta = -30^\circ$ и $\Psi = 90^\circ$, прозрачная атмосфера ($\alpha = 0,15$))

Fig. 4. The relationship between distance l and the response time of the heat detector (ТПИ $t_{расч}$) located at different heights (H) (flame angles $\Theta = -30^\circ$ и $\Psi = 90^\circ$, transparent atmosphere ($\alpha = 0,15$))

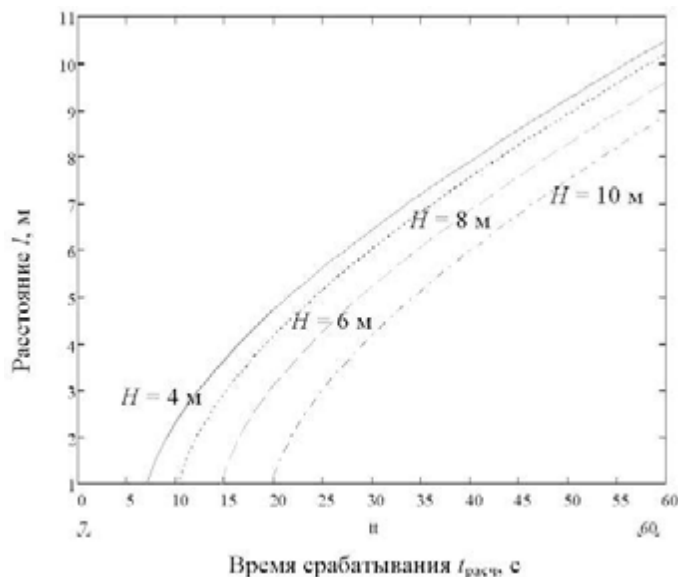


Рис. 5. Зависимость расстояния l от времени срабатывания ТПИ $t_{расч}$ при различных высотах (H) их размещения (углы наклона пламени $\Theta = 30^\circ$ и $\Psi = 90^\circ$, прозрачная атмосфера ($\alpha = 0,15$))

Fig. 5. The relationship between distance l and the response time of the heat detector (ТПИ $t_{расч}$) located at different heights (H) (flame angles $\Theta = -30^\circ$ и $\Psi = 90^\circ$, transparent atmosphere ($\alpha = 0,15$))

Рассмотрим, как можно применить описанные модели и результаты численного моделирования по ним при разработке проектных решений по противопожарной защите. Осуществляется разработка проектных решений по противопожарной защите помещения с обращением дизельного топлива марки Л. В помещении по технологическому процессу монтируется система вентиляции и кондиционирования (наличие искусственных воздушных потоков). В помещении возник проектный пожар дизельного топлива вытекающего из агрегата (исходные данные по данной жидкости см. выше). Предлагается применить автоматическую систему пожаротушения с интенсивности подачи огнетушащего средства $J_{тр}$ равной $0,2 \text{ л/м}^2\text{с}$. По соответствующим методикам осуществлены расчеты необходимого времени эвакуации людей из помещения при пожаре. Предположим, что $t_{нв} = 180 \text{ с}$. Инерционность системы пожарной автоматики принята равной 20 с . При таких исходных данных для выполнения цели №1 (обеспечение безопасности людей) получаем, что ТПИ должны обнаружить тепловой поток от пожара за время не более 35 с (см. рис. 2). Если бы необходимое время эвакуации людей из помещения при пожаре составляло $t_{нв} = 60 \text{ с}$, то цель была не выполнена. Время $t_{ср}$ принимает значения меньше нуля (см. рис. 2). Поэтому требуется пересмотреть исходные данные по интенсивно-

сти подачи огнетушащего средства $J_{тр}$ с 0, 2 л/м²с до 0, 3 л/м²с и более.

Теперь определим, на какой высоте и какие расстояния между ТПИ должны быть чтобы обеспечить обнаружение теплового потока от пожара дизельного топлива в помещении за время не более 35 с при наличии воздушного потока отклоняющего пламя на соответствующие углы. Принято, что атмосфера воздуха в помещении прозрачная ($\alpha = 0,15$).

Воспользуемся результатами численного моделирования по определению зависимости $l = F(t_{расч}, H, \theta, \psi, \alpha)$. По графикам рис.4 определяем, что при $t_{не} = t_{расч} = 35$ с для высоты размещения ТПИ $H=10$ м расстояние l должно составлять порядка 4м. Соответственно, при $H=8$ м расстояние $l = 4,5$ м, при $H=6$ м расстояние $l = 5,2$ м, при $H=4$ м расстояние $l = 5,7$ м.

Как видно из примера расчета в количественной форме реализуются положения системного подхода к проектированию противопожарной защиты помещения. Изменяя исходные данные по параметрам противопожарной защиты достигается выполнение обозначенных в Федеральном законе [21] целей по системам пожарной автоматики.

5. Заключение

Осуществлено дальнейшее развитие методологических положений по применению системного подхода к обеспечению пожарной безопасности зданий (сооружений) пожарной сигнализации с использованием других элементов противопожарной защиты.

Полученные результаты исследований могут быть использованы при формировании нормативной правовой базы, регламентирующей требования для проектирования средств пожарной сигнализации, а также для развития методов проведения огневых испытаний пожарных извещателей различных типов с учетом различных условий их функционирования

Список литературы

1. Матюшин А.В. *Функциональная эффективность противопожарной автоматики // Системы обеспечения пожарной безопасности объектов*; Сб. науч. тр. – М.: ВНИИПО МВД РФ, 1992, С. 31–41.
2. Матюшин А.В., Тимошенко В.Н., Щеглов А.Н. *Системный подход к обеспечению противопожарной защиты зданий*. Юб. сб. тр. – М.: ВНИИПО, 1997, С. 270-283.
3. Филаретов М.Б., Романцов М.С. *Обеспечение требуемого уровня пожарной безопасности системами пожарной автоматики // Проблемы*

4. Филаретов М.Б., Старшинов Б. П., Жевлаков А.Ф., Смирнов Н.В., Варламова Т. В.. *Средства пожарной автоматики. Выбор типа. // Снижение риска гибели людей при пожарах: Материалы XVIII науч.-практ. конф. - Ч. 2. - М.: ВНИИПО, 2003, С. 22–29.*
5. Средства пожарной автоматики. Область применения. Выбор типа: Рекомендации / Пивоваров В.В., Цариченко С.Г., Здор В.Л., Былинкин В.А. и др.- М.: ВНИИПО, 2004, 96 с.
6. Кочкин А. Ю., Черных И. В. *Модели формирования принципов расчетно-аналитического обоснования выбора пожарных извещателей* / Вести. Вост.-Сиб. ин-та МВД России. 2004, № 4, С. 75-89.
7. Beyler C., *A design method for flaming fire detection*, „Fire Technology”, 1984, vol. 20, № 4, pp. 5-16.
8. Newman J., *Prediction of fire detector response*, „Fire Safety Journal”, 1987, vol. 12, № 3, pp. 205–211.
9. Newman J., *Principles for fire detection*, „Fire Technology”, 1988, № 2, pp. 116–127.
10. National Fire Alarm Code USA (NFPA – 72), National Fire Protection Association USA, 2002 Edition, Minneapolis, MA 02269-9101, 2002, 258 p.
11. Custer R., Meacham B. *Performance-based fire safety engineering: An Introduction of basic concepts*, SFPE (Society of Fire Protection Engineers), Handbook of Fire Protection Engineering, 1995 (<https://www.sfpe.org/> электронная библиотека).
12. Custer R., Meacham B. *Introduction to performance-based fire safety*, SFPE (Society of Fire Protection Engineers), Handbook of Fire Protection Engineering, 1997 (<https://www.sfpe.org/> электронная библиотека).
13. Custer R., Meacham B., *Engineering guide to performance based fire protection analysis and design*, SFPE (Society of Fire Protection Engineers), Handbook of Fire Protection Engineering, 1999 (<https://www.sfpe.org/> электронная библиотека).
14. Heskestad G., Delichatsios M., *The initial convective flow in fire*, Seventeenth Symposium on Combustion The Combustion Institute, 1979, Pittsburgh.
15. Heskestad G., Delichatsios M., *Environments of fire detectors. Phase 1: Effect of fire size ceiling height and material*, National Technical Information Service (NTIS), Measurements vol. I (NBS-GCR-77-86), 1986, Analysis vol. II (NBS-GCR-77-95), 1995, Springfield, VA 22151.

16. Heskestad G. Delichatsios M. A., *Update: The initial convective flow in fire*, "Fire Safety Journal", 1989, vol. 15, № 5, pp. 8–15.
17. Schifilit R., *Use of fire plume theory in the design and analysis of fire detector and sprinkler response*, Master's thesis, Worcester Polytechnic Institute, Center for Firesafety Studies, Worcester, MA, 1986, ([https://www.sfpe.org/электронная библиотека](https://www.sfpe.org/электронная_библиотека)).
18. Beyler C., *A Design method for flaming fire detection*, "Fire Technology", 1984, vol. 20, №4, pp. 17–24.
19. Marrion C., *Designing and analysing the response of detection systems: An Update to Previous Correlations*, "Fire Protection Engineering", SFPE, 1998 ([https://www.sfpe.org/электронная библиотека](https://www.sfpe.org/электронная_библиотека)).
20. Баратов А.Н., Копылов С.Н., Молчадский И.С., *Теплообмен в диффузионном факеле*, Исторические и современные аспекты решения проблем горения, тушения и обеспечения безопасности людей при пожарах: материалы XX Международной науч.-практ. конф. М.: ВНИИПО, 2007, С. 144–146.
21. Федеральный закон от 22 июля 2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (в редакции Федерального закона от 10.07.2012 г. № 117-ФЗ).
22. Копылов С.Н., Здор В.Л., Порошин А.А., *Исследование процесса радиационного теплового воздействия на произвольно ориентированную в пространстве площадку для целей проектирования пожарной сигнализации*, "Пожарная безопасность", 2009, №2, С. 47–59.
23. Порошин А.А., *Обоснование параметров схем размещения пожарных извещателей для обнаружения горения углеводородных жидкостей в условиях загрязнения атмосферы*, "Пожарная безопасность", 2010, №3, С. 106–112.

Копылов Сергей Николаевич, полковник внутренней службы, д-р технических наук, действительный член НАНПБ, начальник научно-исследовательского центра автоматических установок обнаружения и тушения пожаров ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Руководит научно-исследовательскими работами в области пожарной автоматики и средств пожаротушения. Область научных интересов: разработка научно-методических подходов, методов и средств обеспечения пожарной безопасности объектов различного назначения с использованием систем пожарной автоматики; разработка новых технологий пожаротушения и принципов нормирования в данной области. Автор более 150 научных трудов, имеет 8 авторских свидетельств на изобретения и патенты. Является членом ученого совета ФГБУ ВНИИПО МЧС России.

Здор Владимир Леонидович, полковник внутренней службы, заместитель начальника научно-исследовательского центра автоматических установок обнаружения и тушения пожаров ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Специализируется в области разработки методов проектирования систем пожарной сигнализации и нормативных документов по нормированию и испытанию средств пожарной автоматики. Автор более 60 научных трудов, имеет 5 авторских свидетельств на изобретения.

Порошин Алексей Александрович – капитан внутренней службы, старший научный сотрудник научно-исследовательского центра автоматических установок обнаружения и тушения пожаров ФГБУ ВНИИПО МЧС России. Специализируется в области разработки методов проектирования систем пожарной сигнализации с учетом особых условий функционирования объектов защиты, создания испытательных стендов средств пожарной автоматики. Автор более 25 статей.

st. kpt. lek. **Mariusz CHOMONCIK¹****Przyjęty/Accepted:** 17.06.2013; **Zrecenzowany/Reviewed:** 06.09.2013; **Opublikowany/Published:** 30.09.2013

RATOWNICTWO MEDYCZNE W KRAJOWYM SYSTEMIE RATOWNICZO-GAŚNICZYM CZĘŚĆ III

Emergency Medical Services in the National Firefighting and Rescue System Part III

Streszczenie

Oparzenie jest chorobą, której skutki obejmują oprócz powłok ciała (rana oparzeniowa) powstanie zmian ogólnoustrojowych (choroba oparzeniowa). Ciężkość oparzenia zależy od powierzchni i głębokości oparzenia. W przypadku udzielania pomocy poszkodowanemu oparzonemu należy zwrócić uwagę na okoliczności i objawy wskazujące na możliwość oparzenia górnych dróg oddechowych (jeżeli pojawiają się objawy obrzęku dróg oddechowych, szybko może dojść do niedrożności dróg oddechowych). Objawami obrzęku górnych dróg oddechowych mogą być: chrypka (wczesny objaw narastającego obrzęku w drogach oddechowych – zapytaj poszkodowanego, czy chrypka pojawiła się teraz) oraz stridor (świszczący oddech, wskazuje na ciężki obrzęk dróg oddechowych, który może doprowadzić do niewydolności oddechowej i jest stanem bezpośredniego zagrożenia życia).

U poszkodowanego w przypadku rozległych oparzeń mogą wystąpić objawy wstrząsu hipowolemicznego. Należy pamiętać, że w przypadku porażenia prądem elektrycznym istnieje ryzyko zatrzymania krążenia, dlatego każdy poszkodowany porażony prądem elektrycznym powinien trafić do szpitala.

W wyniku inhalacji (wdychania) dymu powstałego podczas pożaru dochodzi do uszkodzenia układu oddechowego. Towarzyszy temu: inhalacja tlenu węgla i innych gazów powstałych w procesie spalania, uszkodzenie górnych dróg oddechowych z następowym obrzękiem, uszkodzenie dolnych dróg oddechowych. Do dróg oddechowych dostają się substancje chemiczne powodujące uszkodzenie płuc oraz narządów wewnętrznych.

Tonienie to proces skutkujący pierwotnie zatrzymaniem oddechu spowodowanym podtopieniem lub zanurzeniem w cieczy. Pierwszym i najważniejszym celem udzielania pomocy poszkodowanemu po epizodzie tonięcia jest zmniejszenie niedotlenienia. Natychmiastowe podjęcie i prawidłowe prowadzenie tlenoterapii czynnej lub biernej zwiększa przeżywalność. Dlatego czynność tę należy rozpocząć tak szybko, jak to możliwe (można je rozpocząć, gdy poszkodowany znajduje się w płytkiej wodzie, jeżeli bezpieczeństwo ratownika nie jest zagrożone).

Wychłodzenie to wyziębienie całego organizmu doprowadzające do zmniejszenia temperatury poniżej normalnych wartości (36,5°C – 37,5°C).

Summary

Burn is a disease which results in both the skin changes (burn wound) and systemic changes (burn disease). The burn severity depends on: burn area and burn depth. When applying first aid to a burn casualty, one should pay attention to the circumstances and symptoms that could indicate the burn of upper airway (if the symptoms of airway edema appear, airway obstruction may quickly follow). The symptoms of upper airway edema include: hoarseness (an early symptom of growing edema – ask the casualty if the hoarseness appeared now?) and stridor (a wheezing breath, indicates heavy airway edema, which can cause airway failure and is an immediate life threatening condition).

In case of vast burn injuries the casualty may suffer from hypovolemic shock. One should remember that in case of electric shock the risk of circulation failure may appear, that is why every casualty who got electric shock should be taken to hospital.

In case of inhalational injury caused by smoke during fire, respiratory system is damaged. It is accompanied by inhalation of carbon dioxide and other gases emerging from the burning process, upper airway damage and edema, lower airway damage. Chemical substances get into airway and cause lungs and internal organs damage.

¹ Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej, os. Zgody 18, 31-951 Kraków, Polska; m1chomoncik@wp.pl / The Fire Service College in Cracow, Poland

Drowning is a process that results in breathing loss due to sinking or submersion. The first and most important goal while helping after drowning is hypoxia reduction. Immediate and proper active or passive oxygen administration increases the chances to survive. That is why the activities mentioned above should be undertaken as soon as possible (they can be initiated while the casualty is situated in a shallow water, provided that the paramedic's life is not threatened)

Hypothermia is a condition in which the core temperature drops below the required body temperature ($36.5^{\circ}\text{C} - 37.5^{\circ}\text{C}$)

Słowa kluczowe: oparzenie, chrypka, stridor, inhalacja, tonięcie, wychłodzenie;

Keywords: burn, hoarseness, stridor, inhalation, drowning, hypothermia;

Typ artykułu: artykuł przeglądowy;

Type of article: review article;

1. Oparzenie

Oparzenie jest chorobą, której skutki obejmują oprócz powłok ciała (rana oparzeniowa), powstanie zmian ogólnoustrojowych (choroba oparzeniowa).

Rana oparzeniowa to uszkodzenie powłok ciała w wyniku działania wysokiej temperatury, środków chemicznych lub prądu elektrycznego.

Choroba oparzeniowa oznacza uszkodzenia miejscowe oraz zmiany ogólnoustrojowe, których wyrazem są ciężkie zaburzenia metaboliczne, prowadzące od okresu wstrząsu oparzeniowego przez okres kataboliczny, anaboliczny, aż do okresu rehabilitacji. Występuje ona w przypadkach oparzeń obejmujących co najmniej 15–20% powierzchni ciała.

1.1. Ciężkość oparzenia zależy od

- powierzchni oparzenia
- głębokości oparzenia

1.2. Ocena powierzchni oparzenia

- „Reguła dziewiątek” (głowa – 9% powierzchni ciała, kończyny górne – po 9% powierzchni ciała, przednia powierzchnia tułowia – 18% powierzchni ciała, tylna powierzchnia tułowia – 18% powierzchni ciała, kończyny dolne po – 18% powierzchni ciała, okolice narządów moczowo-płciowych – 1% powierzchni ciała).

Uwaga! Reguła dziewiątek nie może być stosowana u dzieci poniżej 14 roku życia.

- „Reguła dłoni”: dłoń osoby oparzonej stanowi około 1% powierzchni oparzenia.

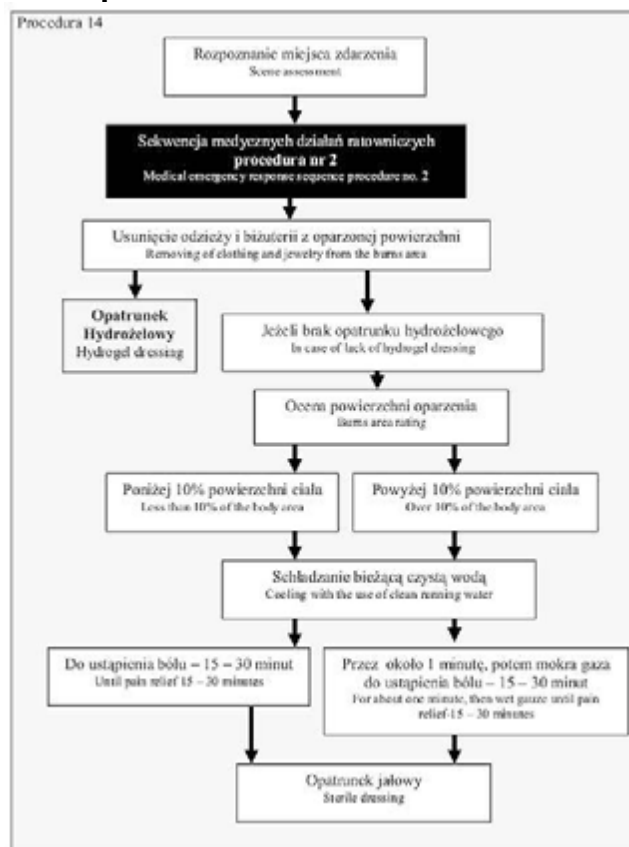
1.3. Głębokość oparzenia

I° – Uszkodzeniu ulega tylko powierzchowna warstwa skóry – występuje zaczerwienienie i ból.

II° – Następuje uszkodzenie głębszych warstw tkanek, włosy i gruczoły łojowe pozostają nienaruszone – występuje rumień skóry, ból, obumarcie powierzchownej warstwy skóry, uszkodzenie ścianek naczyń krwionośnych, wydzielający się płyn tkankowy tworzy pęcherze pod naskórkiem.

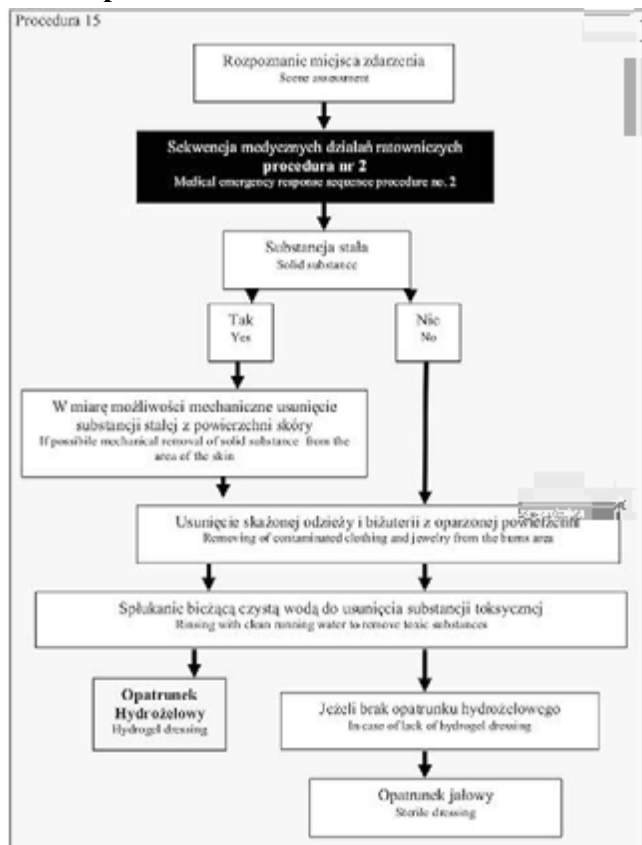
III° – Zniszczeniu ulegają głębokie tkanki skóry wraz ze strukturami dodatkowymi, często uszkodzone są mięśnie znajdujące się pod skórą, spalone – występują obumarłe tkanki, które są częściowo śnieżnobiałe, bywają czasem też brunatno czarne, brak jest często reakcji bólowej.

1.4. Oparzenie termiczne



Ryc. 1. Oparzenie termiczne
Fig. 1. Thermal burn

1.5. Oparzenie chemiczne



Ryc. 2. Oparzenie chemiczne

Fig. 2. Chemical burn

1.6. Rozpoznanie miejsca zdarzenia

- zabezpieczenie ratowników
- identyfikacja zagrożeń
- liczba poszkodowanych
- potrzebne dodatkowe siły i środki
- mechanizm zdarzenia

Uwaga! Jeżeli istnieje podejrzenie obrażenia głowy i/lub kręgosłupa, przy podejściu do poszkodowanego należy zachować zasady stabilizacji odcinka szyjnego kręgosłupa.

Uwaga! W przypadku zauważenia intensywnego krwotoku należy go natychmiast uwidocznić i zatamować, stosując w miejscu krwawienia ucisk bezpośredni lub opatrunek uciskowy albo powyżej miejsca krwawienia (na udzie lub ramieniu w zależności od miejsca krwawienia) w ostateczności opaskę zaciskową.

1.7. Sekwencja medycznych działań ratowniczych

- Ocena stanu przytomności: zazwyczaj przytomny lub zaburzenia świadomości różnego stopnia (skala AVPU)
- Ocena drożności dróg oddechowych (A):

- sprawdzenie, czy w jamie ustnej nie ma ciała obcego: ewentualnie usunięcie

Uwaga! Należy zwrócić uwagę na okoliczności i objawy wskazujące na możliwość oparzenia górnych dróg oddechowych (jeżeli pojawią się objawy obrzęku dróg oddechowych, szybko może dojść do niedrożności dróg oddechowych).

Okolicznościami, w których istnieje duże prawdopodobieństwo oparzenia górnych dróg oddechowych, są:

- oddychanie w zamkniętym pomieszczeniu,
- ewakuacja z dymu/ze strefy ognia,
- brak przytomności w strefie pożaru,
- narażenie na działanie pary wodnej.

Objawami wskazującymi na możliwość oparzenia górnych dróg oddechowych są:

- zapach dymu w powietrzu wydechowym,
- oparzenia twarzy,
- przypalone brwi lub włosy przedsionka nosa,
- oparzenia w jamie ustnej,
- płwocina podbarwiona sadzą,
- objawy obrzęku górnych dróg oddechowych:
 1. chrypka: może być wczesnym objawem narastającego obrzęku w drogach oddechowych (zapytaj poszkodowanego, czy chrypka pojawiła się teraz),
 2. stridor (świszczący oddech) wskazuje na ciężki obrzęk dróg oddechowych, który może doprowadzić do niewydolności oddechowej i jest stanem bezpośredniego zagrożenia życia.
- w przypadku zaburzeń i/lub braku drożności – udrożnienie dróg oddechowych:

1. poszkodowany nieprzytomny bez podejrzenia obrażenia kręgosłupa: odgięcie głowy i uniesienie żuchwy
2. poszkodowany nieprzytomny z podejrzenia obrażenia kręgosłupa: wysunięcie żuchwy

- Ocena oddechu (B): częstotliwość oddechu: różna
- Oddech obecny: utrzymanie drożności dróg oddechowych (u osoby głęboko nieprzytomnej rozważyć założenie odpowiedniego rozmiaru rurki ustno-gardłowej)
- Tlenoterapia: zastosowanie maski z workiem rezerwuarowym i przepływem tlenu 15 l/minutę

Uwaga! W przypadku wystąpienia objawów obrzęku dróg oddechowych przepływ tlenu 25 l/minutę.

Uwaga! W przypadku braku prawidłowego oddechu → RKO (procedura nr 3 lub 4).

- Ocena krążenia (C): częstotliwość tętna – różna

Uwaga! W przypadku zauważenia intensywnego krwotoku należy go natychmiast uwidocznić i zatamować, stosując w miejscu krwawienia ucisk bezpośredni lub opatrunek uciskowy albo powyżej miejsca krwawienia (na udzie lub ramieniu w zależności od miejsca krwawienia) opaskę zaciskową.

- Wywiad ratowniczy: ból, pieczenie, duszność, oddychanie w zamkniętym pomieszczeniu, ewakuacja z dymu/ze strefy ognia, brak przytomności w strefie pożaru, narażenie na działanie pary wodnej.
- Ocena poszkodowanego pod kątem istniejących obrażeń i dolegliwości.
- Objawy, które mogą występować w przypadku oparzenia: kolor skóry uzależniony od stopnia oparzenia termicznego (czerwony – I°, czerwony z białymi plamami – II°, perłowo biały i/lub tkanika zwęglona – III°).

W oparzeniu chemicznym wywołanym przez kwasy można zaobserwować charakterystyczne zabarwienie strupów martwiczych (kwas solny – biały, kwas azotowy – żółty, kwas siarkowy – zielono-czarny lub ciemnobrażowy, kwas chlorowodorowy – żółtobrażowy, kwas trichlorooctowy – biały, kwas fluorowodorowy – szary lub brązowy).

- ból (a w przypadku uszkodzenia receptorów czuciowych III° – brak czucia i bólu),
- objawy obrzęku dróg oddechowych (przy oparzeniu dróg oddechowych),
- objawy wstrząsu hipowolemicznego (szczególne przy rozległych oparzeniach),
- wychłodzenie (szczególne przy rozległych oparzeniach),
- możliwość zatrzymania krążenia (zwłaszcza w przypadku porażenia prądem elektrycznym, dlatego każdy poszkodowany porażony prądem elektrycznym powinien trafić do szpitala)
- Wdrożenie postępowania adekwatnego do dolegliwości i obrażeń stwierdzonych u poszkodowanego:
 1. w miarę możliwości mechaniczne usunięcie substancji stałej z powierzchni skóry. Nie wolno zanieczyszczonej odzieży zdejmować przez głowę. Należy chronić drogi oddechowe przed możliwością wdychania substancji niebezpiecznej;
 2. odzieży nie należy usuwać na siłę (należy rozciąć ją wokół spalonych fragmentów, które ściśle przylegają do skóry);
 3. splukując wodą substancję chemiczną, należy pamiętać, aby nie spływała ona po nieuszkodzonej części ciała.

Uwaga! Usunięcie skażonej substancji (szczególnie łatwo wchłaniającej się przez skórę) z powierzchni skóry i/lub skażonej odzieży i biżuterii jest działaniem tak samo pilnym jak zabiegi resuscytacyjne.

- na powierzchnię oparzoną: opatrunek hydrożelowy
- w przypadku braku opatrunku hydrożelowego: opatrunek jałowy
- pozycja półsiedząca

Uwaga! W przypadku występowania objawów wstrząsu hipowolemicznego (poszkodowany błady, spocony, zaburzenia świadomości, oddech przyspieszony, tętno przyspieszone, słabo wyczuwalne na tętnicy promieniowej, nawrót kapilarny > 2 sekund) należy wdrożyć wstępne postępowanie przeciwwstrząsowe.

- Termoizolacja
- Regularna ocena funkcji życiowych i postępowanie adekwatne do stanu poszkodowanego (zwracanie szczególnej uwagi na objawy obrzęku górnych dróg oddechowych)
- Wsparcie psychiczne: w przypadku osób przytomnych

1.8. Szczególne rodzaje oparzeń

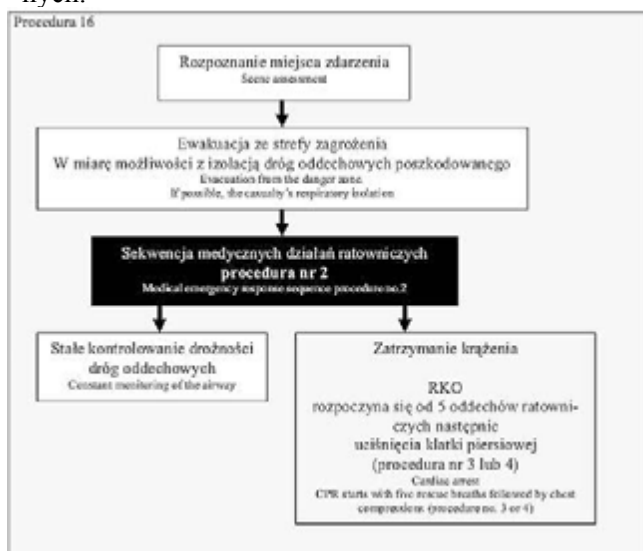
1. oparzenia elektryczne – powstają w wyniku wejścia prądu elektrycznego do ciała i jego przejścia przez tkanki. Obrażenia powstają na skutek działania prądu na czynność narządów wewnętrznych oraz działania ciepła podczas przechodzenia prądu przez ciało. Najpoważniejszym następstwem są zaburzenia rytmu serca mogące doprowadzić do zatrzymania krążenia.
2. porażenie piorunem – najpoważniejszą konsekwencją porażenia piorunem jest nagłe zatrzymanie krążenia i oddechu. Oparzenia występują tylko u około 1/3 rażonych; (dzięki bardzo krótkiemu czasowi jej działania i „spływaniu” prądu po mokrej powierzchni ciała są one z reguły powierzchowne i nie stanowią poważnego problemu). Głębokie oparzenia mogą powstać na skutek stykania się z metalem
3. oparzenia okrężne: pełnej grubości oparzenie ściany klatki piersiowej może utrudniać rozprężanie się klatki piersiowej, prowadząc do zaburzeń oddychania. Natomiast pełnej grubości skóry oparzenie okrężne na kończynie może powodować zatrzymanie krążenia na kończynie (utrata czucia, mrowienie, ból).
4. oparzenia oczu: do wczesnych objawów oparzenia oczu należą: ból, łzawienie, zaczerwienienie, uczucie ciała obcego, trudności w utrzymaniu otwartych powiek, obrzęk, niewyraźne widzenie.

1.9. Postępowanie

Należy płukać dużą ilością wody (woda powinna być zimna, opóźnia to rozwój obrzęku i przekrwienia) przez około 30 minut albo do przyjazdu pomocy, należy założyć opatrunek jałowy, najlepiej na obie gałki oczne.

2. Zatrucie wziewne

W wyniku inhalacji (wdychania) dymu powstałego podczas pożaru dochodzi do uszkodzenia układu oddechowego. Towarzyszy temu inhalacja tlenu węgla i innych gazów powstałych w procesie spalania, uszkodzenie górnych dróg oddechowych z następowym obrzękiem, uszkodzenie dolnych dróg oddechowych. Do dróg oddechowych dostają się substancje chemiczne powodujące uszkodzenie płuc oraz narządów wewnętrznych. Najbardziej niebezpieczny jest dym z palących się tworzyw sztucznych.



Ryc. 3. Zatrucie wziewne
Fig. 3. Poisoning by inhalation

2.1. Rozpoznanie miejsca zdarzenia:

- zabezpieczenie ratowników
- identyfikacja zagrożeń
- liczba poszkodowanych
- potrzebne dodatkowe siły i środki
- mechanizm zdarzenia

Uwaga! Jeżeli istnieje podejrzenie obrażenia głowy i/lub kręgosłupa przy podejściu do poszkodowanego, należy zachować zasady stabilizacji odcinka szyjnego kręgosłupa.

Uwaga! W przypadku zauważenia intensywnego krwotoku należy go natychmiast uwidocznić i zatamować, stosując w miejscu krwawienia ucisk bezpośredni lub opatrunek uciskowy albo powyżej miejsca krwawienia (na udzie lub ramieniu w zależności od miejsca krwawienia) w ostateczności opaskę zaciskową.

Pamiętaj! O własnym bezpieczeństwie.

2.2. Sekwencja medycznych działań ratowniczych

- Ocena stanu przytomności: zaburzenia świadomości różnego stopnia (skala AVPU)
- Ocena drożności dróg oddechowych (A): sprawdzenie, czy w jamie ustnej nie ma ciała obcego: ewentualnie usunięcie

Uwaga! Należy zwrócić uwagę na okoliczności i objawy wskazujące na możliwość oparzenia górnych dróg oddechowych (jeżeli pojawią się objawy obrzęku dróg oddechowych, szybko może dojść do niedrożności dróg oddechowych).

Okolicznościami, w których istnieje duże prawdopodobieństwo oparzenia górnych dróg oddechowych, są:

- oddychanie w zamkniętym pomieszczeniu,
- ewakuacja z dymu/ze strefy ognia,
- brak przytomności w strefie pożaru,
- narażenie na działanie pary wodnej.

Objawami wskazującymi na możliwość oparzenia górnych dróg oddechowych są:

- zapach dymu w powietrzu wydechowym,
- oparzenia twarzy,
- przypalone brwi lub włosy przedśionka nosa,
- oparzenia w jamie ustnej,
- płwocina podbarwiona sadzą,
- objawy obrzęku górnych dróg oddechowych:
 1. chrypka może być wczesnym objawem narastającego obrzęku w drogach oddechowych (zapytaj poszkodowanego, czy chrypka pojawiła się teraz),
 2. stridor (świszczący oddech) wskazuje na ciężki obrzęk dróg oddechowych, który może doprowadzić do niewydolności oddechowej i jest stanem bezpośredniego zagrożenia życia.

W przypadku zaburzeń i/lub braku drożności: udrożnienie dróg oddechowych:

1. poszkodowany nieprzytomny bez podejrzenia obrażenia kręgosłupa: odgięcie głowy i uniesienie żuchwy
2. poszkodowany nieprzytomny z podejrzenia obrażenia kręgosłupa: wysunięcie żuchwy

- Ocena oddechu (B): częstotliwość oddechu: różna, możliwy brak prawidłowego oddechu
- Oddech obecny: utrzymanie drożności dróg oddechowych (u osoby głęboko nieprzytomnej rozważyć założenie odpowiedniego rozmiaru rurki ustno-gardłowej)
- Tlenoterapia: zastosowanie maski z workiem rezerwuarowym i przepływem tlenu 15 l/minutę

Uwaga! W przypadku wystąpienia objawów obrzęku dróg oddechowych przepływ tlenu 25 l/minutę.

Uwaga! W przypadku braku prawidłowego oddechu → RKO rozpoczyna się od 5 oddechów ratowniczych, następnie uciśnięcia klatki piersiowej (procedura nr 3 lub 4).

- Ocena krążenia (C): częstotliwość tętna: różna

Uwaga! W przypadku zauważenia intensywnego krwotoku należy go natychmiast uwidocznić i zatamować stosując w miejscu krwawienia ucisk bezpośredni lub opatrunek uciskowy albo powyżej miejsca krwawienia (na udzie lub ramieniu w zależności od miejsca krwawienia) opaskę zaciskową.

- Wywiad ratowniczy: ból, pieczenie, duszność, oddychanie w zamkniętym pomieszczeniu, ewakuacja z dymu/ ze strefy ognia, brak przytomności w strefie pożaru, narażenie na działanie pary wodnej.
- Ocena poszkodowanego pod kątem istniejących obrażeń i dolegliwości
- Wdrożenie postępowania adekwatnego do dolegliwości i obrażeń stwierdzonych u poszkodowanego

Uwaga! W przypadku występowania objawów wstrząsu hipowolemicznego (poszkodowany blady, spocony, zaburzenia świadomości, oddech przyspieszony, tętno przyspieszone, słabo wyczuwalne na tętnicy promieniowej, nawrót kapilarny > 2 sekund) należy wdrożyć wstępne postępowanie przeciwwstrząsowe.

- Termoizolacja
- Regularna ocena funkcji życiowych i postępowanie adekwatne do stanu poszkodowanego

Uwaga! Bardzo duże prawdopodobieństwo wystąpienia obrzęku dróg oddechowych.

- Wsparcie psychiczne: w przypadku osób przytomnych

2.3. Najgroźniejsze substancje obecne w dymie pożarowym

1. Tlenek węgla (CO) łączy się 257 razy silniej z hemoglobina niż tlen, w wyniku czego traci ona zdolność przenoszenia tlenu. Objawy w przypadku zatrucia tlenkiem węgla zależą od procentowej ilości związanej z HbCO:
 - 0–15%, bez objawów klinicznych,
 - 15–20%, ból głowy,
 - 20–40%, nudności, zaburzenia orientacji, zmęczenie,
 - 40–60%, halucynacje, zaburzenia krążenia,

- 60%, zaburzenia psychiczne, samoistne oddawanie moczu i stolca, śmierć.

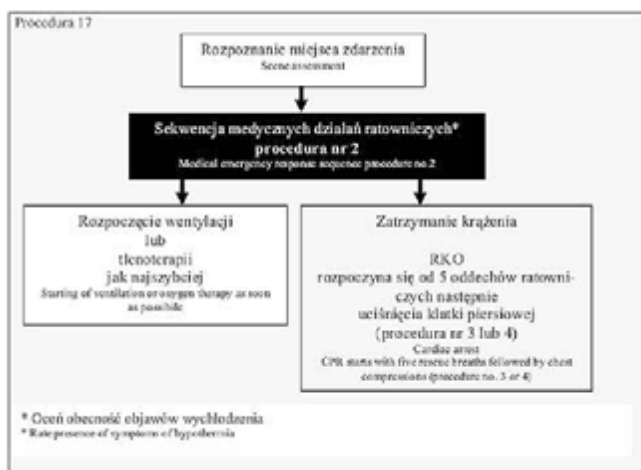
2. Cyjanowodor (HCN) jest gazem bezbarwnym o migdałowej woni. Jego gwałtowne działanie paraliżuje system oddechowy już w pierwszym momencie kontaktu, powodując zaburzenia oddychania tkankowego w następstwie zablokowania enzymów komórkowych. Objawy w przypadku zatrucia cyjanowodorem zależą od stężenia:
 - 0,2 – 5,0 ppm (ang. parts per million), zapach,
 - 18 – 36 ppm, ból głowy po kilku godzinach,
 - 45 – 54 ppm, do 1 godziny bez szkodliwych następstw,
 - 100 ppm, śmierć w ciągu godziny,
 - 110 – 135 ppm, śmierć po 30 minutach,
 - 181 ppm, śmierć po 10 minutach,
 - 280 ppm, śmierć natychmiastowa.
3. Dwutlenek węgla (CO₂) występuje w zwiększonym stężeniu podczas procesu spalania. Stężenie powyżej 2% w powietrzu wywołuje zaburzenia w mechanizmie oddychania. Dwutlenek węgla drażniąc ośrodek oddechowy wzmacnia w następstwie wentylację płuc, co powoduje dodatkową możliwość zatrucia się innymi gazowymi produktami spalania.
4. Fosgen (COCl₂) powstaje podczas procesu spalania przy obecności chloru w powietrzu. Jest silną trucizną o swoistym drażniącym zapachu zgniętego siana, działającą drażniaco na drogi oddechowe, wywołuje ostry obrzęk płuc i zmiany w krążeniu.
5. Tlenki siarki (SO₂, SO₃) zwłaszcza dwutlenek siarki są stałym składnikiem gazów i dymów pożarowych. Dwutlenek siarki działa bardzo gwałtownie, wywołując skurcz i obrzęki krtani, co może spowodować natychmiastowy zgon.
6. Fenol (C₆H₅OH) działa trująco na nerwy i powoduje zaburzenia słuchu, ból głowy, skłonność do kaszlu, osłabienie, swędzenie skóry.
7. Formaldehyd jest gazem o silnym zapachu. Podrażnia spojówki i śluzówkę górnych dróg oddechowych.

3. Tonięcie

Tonięcie to proces skutkujący pierwotnie zatrzymaniem oddechu spowodowanym podtopieniem lub zanurzeniem w cieczy.

Podtopienie oznacza, że całe ciało wraz z drogami oddechowymi jest zanurzone w wodzie lub innej cieczy.

Zanurzenie oznacza, że poszkodowany jest otoczony przez wodę lub inną ciecz. Jeżeli w takiej sytuacji przynajmniej twarz i drogi oddechowe są zanurzone, to możemy mówić o tonięciu.



Ryc. 4. Tonięcie
Fig. 4. Drowning

3.1. Rozpoznanie miejsca zdarzenia:

- zabezpieczenie ratowników
- identyfikacja zagrożeń
- liczba poszkodowanych
- potrzebne dodatkowe siły i środki
- mechanizm zdarzenia

Uwaga! Jeżeli istnieje podejrzenie obrażenia głowy i/lub kręgosłupa, przy podejściu do poszkodowanego należy zachować zasady stabilizacji odcinka szyjnego kręgosłupa.

Ratownik, jeżeli to możliwe, powinien unikać wchodzenia do wody. W udzielaniu pomocy osobie tonącej warto pamiętać o zasadzie „6 D”:

1. dowołaj,
2. dosięgnij,
3. dorzuć,
4. powiosłuj,
5. dopłyn,
6. doleć.

Jeżeli wejście do wody jest konieczne, należy zabrać ze sobą przedmiot unoszący się na wodzie.

Uwaga! Poszkodowany z zatrzymaniem oddechu i brakiem tętna powinien zostać ewakuowany z wody (najlepiej w pozycji horyzontalnej) jak najszybciej (nawet jeżeli deska unieruchamiająca kręgosłup nie jest dostępna), z próbą ograniczenia ruchów zginania i prostowania szyi.

3.2. Sekwencja medycznych działań ratowniczych

- Ocena stanu przytomności: nieprzytomny (skala AVPU)
- Ocena drożności dróg oddechowych (A):
 - sprawdzenie, czy w jamie ustnej nie ma ciała obcego: ewentualnie usunięcie

- w przypadku zaburzeń i/lub braku drożności – udrożnienie dróg oddechowych:

1. poszkodowany nieprzytomny bez podejrzenia obrażenia kręgosłupa: odgięcie głowy i uniesienie żuchwy
2. poszkodowany nieprzytomny z podejrzeniem obrażenia kręgosłupa: wysunięcie żuchwy

- Ocena oddechu (B): częstotliwość oddechu: brak lub może być różna

Uwaga! Pierwszym i najważniejszym celem udzielania pomocy poszkodowanemu po epizodzie tonięcia jest zmniejszenie niedotlenienia. Natychmiastowe podjęcie i prawidłowe prowadzenie tlenoterapii czynnej lub biernej zwiększa przeżywalność. Dlatego czynność tę należy rozpocząć tak szybko, jak to możliwe (można ją rozpocząć, gdy poszkodowany znajduje się w płytkiej wodzie, jeżeli bezpieczeństwo ratownika nie jest zagrożone).

- Oddech nieobecny: 5 oddechów ratowniczych, następnie → RKO (procedura nr 3 lub 4)
- Oddech obecny: utrzymanie drożności dróg oddechowych (u osoby głęboko nieprzytomnej rozważyć założenie odpowiedniego rozmiaru rurki ustno-gardłowej)
- Tlenoterapia: zastosowanie maski z workiem rezerwuarowym i przepływem tlenu 15 l/minutę
- Ocena krążenia (C) – częstotliwość tętna: brak lub może być różna

Uwaga! Uciśnięcia klatki piersiowej w wodzie są nieskuteczne, dlatego w przypadku zatrzymania krążenia należy rozpocząć je dopiero na twardym podłożu. W przypadku stosowania AED należy pamiętać o jego bezpiecznym stosowaniu (osuszyć klatkę piersiową, a poszkodowanego położyć na suchym podłożu).

- Wywiad ratowniczy
- Ocena poszkodowanego pod kątem istniejących obrażeń i dolegliwości

Uwaga! W przypadku objawów wychłodzenia → WYCHŁODZENIE (procedura nr 17).

- Wdrożenie postępowania adekwatnego do dolegliwości i obrażeń stwierdzonych u poszkodowanego

Uwaga! W przypadku współistniejącego podejrzenia obrażenia głowy lub odcinka szyjnego kręgosłupa należy unieruchomić poszkodowanego na noszach typu deska.

Uwaga! W przypadku występowania objawów wstrząsu hipowolemicznego (poszkodowany błądy, spocony, zaburzenia świadomości, oddech przyspieszony, tętno przyspieszone, słabo wyczuwalne na tętnicy promieniowej, nawrót kapilarny > 2 sekund) należy wdrożyć wstępne postępowanie przeciwwstrząsowe.

- Termoizolacja
- Regularna ocena funkcji życiowych i postępowanie adekwatne do stanu poszkodowanego
- Wsparcie psychiczne: w przypadku osób przytomnych

3. Wychłodzenie

Wychłodzenie to wyziębienie całego organizmu doprowadzające do zmniejszenia temperatury poniżej normalnych wartości (36,5°C–37,5°C).

Hipotermia – obniżenie temperatury głębokiej ciała poniżej 35°C mierzona w odbycie, nosie, przełyku lub uchu.

Odmrożenie to miejscowe uszkodzenie tkanek na skutek działania zimna.



Ryc. 5. Wychłodzenie
Fig. 5. Hypothermia

4.1. Rozpoznanie miejsca zdarzenia:

- zabezpieczenie ratowników
- identyfikacja zagrożeń
- liczba poszkodowanych
- potrzebne dodatkowe siły i środki
- mechanizm zdarzenia

Uwaga! Jeżeli istnieje podejrzenie obrażenia głowy i/lub kręgosłupa, przy podejściu do poszkodowanego należy zachować zasady stabilizacji odcinka szyjnego kręgosłupa.

Uwaga! W przypadku zauważenia intensywnego krwotoku należy go natychmiast uwidocznić i zatamować, stosując w miejscu krwawienia ucisk bezpośredni lub opatrunek uciskowy albo powyżej miejsca krwawienia (na udzie lub ramieniu w zależności od miejsca krwawienia) w ostateczności opaskę zaciskową.

4.2. Sekwencja medycznych działań ratowniczych

- Ocena stanu przytomności: zaburzenia świadomości (skala AVPU)
- Ocena drożności dróg oddechowych (A):
 - sprawdzenie, czy w jamie ustnej nie ma ciała obcego: ewentualnie usunięcie
 - w przypadku zaburzeń i/lub braku drożności: udrożnienie dróg oddechowych:
 1. poszkodowany nieprzytomny bez podejrzenia obrażenia kręgosłupa: odgięcie głowy i uniesienie żuchwy
 2. poszkodowany nieprzytomny z podejrzenia obrażenia kręgosłupa: wysunięcie żuchwy
- Ocena oddechu przez 60 sekund (B): częstotliwość oddechu: różna, zależna od temperatury ciała (oddech przyspieszony → zwolniony)
- Oddech obecny: utrzymanie drożności dróg oddechowych (u osoby głęboko nieprzytomnej rozważyć założenie odpowiedniego rozmiaru rurki ustno – gardłowej)
- Tlenoterapia: zastosowanie maski z workiem rezerwuarowym i przepływem tlenu 15 l/minutę

Uwaga! W przypadku braku prawidłowego oddechu → RKO (procedura nr 3 lub 4).

- Ocena krążenia przez 60 sekund (C): częstotliwość tętna: różna, zależna od temperatury ciała brak (tętno przyspieszone → zwolnione)
- Wywiad ratowniczy
- Ocena poszkodowanego pod kątem istniejących obrażeń i dolegliwości

Uwaga! Mokie elementy odzieży należy usunąć przez rozcięcie.

Objawy zależne są od temperatury głębokiej ciała:

- dreszcze
- zaburzenia mowy
- zaburzona ocena sytuacji
- niepamięć
- apatia, zmienność nastroju
- niezdolność do ruchów
- słabo wyczuwalne tętno na obwodzie (tętno promieniowe)
- wydłużony nawrót włósczkowy > 2 sekund
- skóra biała
- odmrożenia

- Wdrożenie postępowania adekwatnego do dolegliwości i obrażeń stwierdzonych u poszkodowanego

Uwaga! W przypadku współistniejącego podejrzenia obrażenia głowy lub odcinka szyjnego kręgosłupa poszkodowanego należy unieruchomić na noszach typu deska.

Uwaga! W przypadku występowania objawów wstrząsu hipowolemicznego (poszkodowany błądy, spocony, zaburzenia świadomości, oddech przyspieszony, tętno przyspieszone, słabo wyczuwalne na tętnicy promieniowej, nawrót kapilarny > 2 sekund) należy wdrożyć wstępne postępowanie przeciwwstrząsowe.

- Termoizolacja
- Regularna ocena funkcji życiowych i postępowanie adekwatne do stanu poszkodowanego
- Wsparcie psychiczne: w przypadku osób przytomnych

Literatura

1. *Pierwsza pomoc i resuscytacja krążeniowo-oddechowa*, J. Andres (red.), Polska Rada Resuscytacji, Kraków 2011.
2. *Mnogie i wielonarządowe obrażenia ciała*, L. Brongel, K. Duda (red.), PZWL, Warszawa 2001.
3. *Złota godzina*, L. Brongel (red.), Wydawnictwo Medyczne, Kraków 2007.
4. Campbell J. E., *International Trauma Life Support. Ratownictwo przedszpitalne w urazach*, Wydawnictwo Medycyna Praktyczna, Kraków 2009.
5. Ciećkiewicz J., *Medycyna ratunkowa. Rażenie piorunem*, „Medycyna Praktyczna”, 2008, 6, s. 132–136.
6. Domanasiewicz A., *Wytyczne postępowania okołourazowego w ciężkich urazach kończyn ze szczególnym uwzględnieniem amputacji*, www.szpital-trzebnica.pl/chir/wytyczne.htm.
7. *Ratownik Medyczny*, J. Jakubaszko (red.), Górnicki Wydawnictwo Medyczne, Wrocław 2003.
8. Jastrzębski J., *Zaburzenia oddechowe w oparzeniach*, „Postępy Nauk Medycznych”, 2009, 8, s. 590–596.
9. Gaszyński W., *Intensywna terapia i wybrane zagadnienia medycyny ratunkowej. Repetytorium*, PZWL, Warszawa 2008.
10. *Poradnik dyżuranta*, M. Maciejewska, A. Torbicki (red.), wyd. PZWL, Warszawa 2007.
11. Mejza F., *Gazometria i pulsoksymetria*, <http://www.pochp.mp.pl>
12. *Klinika ostrych zatrueń dla ratowników medycznych*, J. Pach (red.), wyd. Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Nowym Sączu, Nowy Sącz 2011.
13. Mayzner-Zawadzka E., *Anestezjologia kliniczna z elementami intensywnej terapii i leczenia bólu*, t. 2, wyd. PZWL, Warszawa 2009.
14. Rasmus A., Balcerzyk-Bardzo E., Sikorski T., Piotrowski D., *Zasady postępowania z kobietą ciężarną po urazie*, „Anestezjologia Intensywna Terapia”, 2005, 4, 274–276.
15. Skoczylas J. J., *Prawo ratownicze*, LexisNexis, Warszawa 2007.
16. Styka L., *Ewakuacja i transport poszkodowanego*, wyd. Górnicki, Wrocław 2008.
17. Szuldrzyński K., Jankowski M., *Techniki zabiegów. Technika leczenia tlenem*, „Medycyna Praktyczna”, 2010, 4, 106–114.
18. Sylwanowicz W., Michalik A., Ramotowski W., *Anatomia i fizjologia człowieka*, wyd. PZWL, Warszawa 1985.
19. *Intensywna terapia dzieci*, T. Szreter (red.), wyd. PZWL, Warszawa 2002.
20. Szreter T., *Tlenoterapia bierna*, „Medycyna Praktyczna Pediatria”, 2000, 2, s. 172–178.
21. *Medycyna ratunkowa i katastrof*, A. Zawadzki (red.), PZWL, Warszawa 2008.
22. Wytyczne RKO 2010, Kraków 2010.
23. Zaawansowane zabiegi resuscytacyjne u dzieci, Polska Rada Resuscytacji, Kraków 2005.
24. Ciećkiewicz J., *Medycyna ratunkowa. Amputacja urazowa*, „Medycyna Praktyczna”, 2008, 4, s. 171–174.
25. *Hipotermia u pacjentów z obrażeniami ciała*, „Medycyna Praktyczna – Chirurgia”, 2000, 3.
26. *Stosowanie tlenu w stanach nagłych u osób dorosłych – wytyczne British Thoracic Society*, „Medycyna Praktyczna”, 2010, 4, s. 58–71.
27. *Praktyczne wskazówki dotyczące oceny stanu dziecka po urazie i wstępnego postępowania*, „Medycyna Praktyczna Chirurgia”, 2004, 1, s. 7.
28. *Europejskie wytyczne udzielania pierwszej pomocy*, „Medycyna Praktyczna”, 2008, 3.
29. *Ratownictwo medyczne w Straży Pożarnej*, Medline, Zielona Góra 2003.
30. Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym (Dz.U.06.191.1410).
31. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej.
32. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (Dz.U.11.46.239).
33. Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 4 lipca 1992 r. w sprawie zakresu i trybu korzystania z praw przez kierującego działaniem ratowniczym (Dz. U. Nr 54, poz. 259).
34. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 27 czerwca 2003 r. w sprawie szczegółowych za-

- dań zespołów ratownictwa medycznego (Dz. U. z dnia 24 lipca 2003 r.).
35. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 lipca 2009 r. w sprawie organizacji i funkcjonowania centrów powiadamiania ratunkowego i wojewódzkich centrów powiadamiania ratunkowego (Dz. U. z dnia 18 sierpnia 2009 r.).
36. *Zasady organizacji ratownictwa medycznego w KSRG, Warszawa 2013 r.*
37. *Zasady udzielania wsparcia psychicznego osobom uczestniczącym w działaniach ratowniczych*, KG PSP, Warszawa 2012 r.
38. www.nfz.gov.pl.
- st. kpt. lek. Mariusz Chomonicik** jest koordynatorem ratownictwa medycznego w SA PSP w Krakowie, specjalistą anestezjologii i intensywnej terapii.

Wytyczne dla Autorów

Maszynopis

Artykuły prosimy przysyłać w wersji elektronicznej w formacie Word. Redakcja przyjmuje do druku oryginalne artykuły naukowe, doniesienia wstępne, artykuły przeglądowe, studia przypadków oraz z praktyki dla praktyki. Maszynopis w języku ojczystym autora nie powinien przekraczać 20 stron (format A4, Times New Roman 12 pkt., interlinia 1,5), pisany bez podziału na kolumny (łącznie 40 000 znaków razem ze spacjami).

A. Struktura oryginalnego artykułu naukowego/doniesienia wstępnego:

1. Tytuł – w jęz. polskim lub w jęz. narodowym autora (Times New Roman 16 pkt., WERSALIKI) oraz w języku angielskim (Times New Roman 14 pkt., kapitaliki)
2. Streszczenie ustrukturyzowane – cztery akapity z nagłówkami zapisanymi pogrubioną czcionką, min. 200 słów w jęz. polskim lub w jęz. narodowym autora oraz min. 200 słów w jęz. angielskim; Times New Roman 10 pkt.
3. Słowa kluczowe – w jęz. polskim i angielskim lub w jęz. narodowym autora i jęz. angielskim, 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 i z praktyki dla praktyki

1. Tytuł – w jęz. polskim lub w jęz. narodowym autora (Times New Roman 16 pkt., WERSALIKI) oraz w języku angielskim (Times New Roman 14 pkt., kapitaliki)
2. Streszczenie ustrukturyzowane – cztery akapity z nagłówkami zapisanymi pogrubioną czcionką, min. 200 słów w jęz. polskim lub w jęz. narodowym autora oraz min. 200 słów w jęz. angielskim; Times New Roman 10 pkt.
3. Słowa kluczowe – w jęz. polskim i angielskim lub w jęz. narodowym autora i jęz. angielskim, 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

Typy artykułów

A. Oryginalny artykuł naukowy – opisane są w nim wyniki dotychczas niepublikowanych badań i eksperymentów naukowych autora lub bezpośrednio

mu podlegającego zespołu naukowego, nowych w stosunku do dotychczasowej wiedzy i dorobku w danej dziedzinie, stanowiących oryginalny wkład w światową naukę. Publikacje naukowe są zazwyczaj naukowym źródłem pierwotnym.

- B. Doniesienie wstępne (komunikat z badań) – opisane są w nim wstępne, ale już na tym etapie obiecujące wyniki prowadzonych, lecz jeszcze nieukończonych badań;
- C. Artykuł przeglądowy – opisuje obecny stan wiedzy w danym obszarze tematycznym, czasem przy uwzględnieniu kontrowersyjnych lub spornych kwestii, zawiera opis zarówno teoretyczny, aktualną i właściwie dobraną literaturę źródłową, jak i praktyczny aspekt zagadnienia; autor powinien uwzględnić nierozwiązane w danej kwestii problemy.
- D. Studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych – artykuł zawiera opis zdarzenia lub przypadku (jednego lub kilku), ciekawego z naukowego lub praktycznego punktu widzenia; analizę tego zdarzenia, dyskusję opartą na najnowszym piśmiennictwie oraz wnioski wynikające z przeprowadzonej analizy.
- E. Z praktyki dla praktyki – podstawą tego artykułu są doświadczenia związane z prowadzonymi akcjami ratowniczym lub innymi praktykami stosowanymi w ochronie przeciwpożarowej, z których wnioski mogą mieć zastosowanie praktyczne w innych tego typu przypadkach.

Streszczenia ustrukturyzowane

Artykuły bez ustrukturyzowanego streszczenia od 30 września 2013 r. nie będą kwalifikowane przez redakcję do procesu recenzyjnego.

1. Struktura streszczenia 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 streszczenia 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 streszczenia 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. Organizacja i zarządzanie strategiczne
3. Nauki humanistyczne i społeczne na rzecz bezpieczeństwa
4. Partnerstwo dla innowacyjności na rzecz bezpieczeństwa
5. Badania i rozwój
6. Certyfikaty, aprobaty i rekomendacje
7. Technika i technologia
8. Szkolenia i propagowanie wiedzy
9. Z praktyki dla praktyki
10. Studium przypadku – Analiza zdarzeń rzeczywistych

*Do tego rozdziału Komitet Redakcyjny kwalifikuje artykuły szczególnej wagi

Autor

W przypisie do nazwiska autora należy podać pełną nazwę i adres instytucji, a w przypadku autora wiodącego także adres korespondencyjny (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. Redakcja zobowiązuje się do zachowania poufności informacji dotyczących szczegółowych danych osobowych autorów i recenzentów.

Literatura

Odwołania do literatury umieszcza się na końcu artykułu w kolejności pojawiania się w tekście. Przypisy bibliograficzne należy podawać w jednolitej wersji. Nazwiska i tytuły pisane cyrylicą powinny być podane w transliteracji zgodnie z normą GOST 52535.1-2006. Zalecane jest odwoływanie się głównie do publikacji recenzowanych. W przypadku dokładnego cytowania w tekście obok numeru przyporządkowanego publikacji zamieszczonej w spisie Literatury podaje się również numer strony, z której pochodzi cytat – np. [2, s. 234]. Cytaty polskojęzyczne należy umieszczać w cudzysłowach, cytaty obcojęzyczne należy pisać kursywą.

Przykłady tworzenia odsyłaczy bibliograficznych w spisie literatury (oparte o system cytowania Chicago):

Cytowanie książek:

Szczerba K., *Bezpieczny dom*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów, 2012.

Rozdział pracy zbiorowej

Suchorab P., *Wpływ produktów pochodzenia naftowego na cechy fizyczno-mechaniczne betonu*, w: *Usuwanie substancji ropopochodnych z dróg i gruntów*, J. Rakowska (red.), Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów, 2012, 37–44.

Cytowanie czasopism

Mizerski A., *Piany jako nośniki chemicznych środków neutralizacji skażeń*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, 1 (2013), 87–93.

Cytowanie publikacji ze źródeł cyfrowych:

Ciekankowski Z., *Motywacja a system ocen*, „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”, 1 (2013), 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, zasadniczo czarno-białe, należy nadsyłać w formie gotowej do druku jako oddzielne pliki w formacie jpg lub tiff (min. 300 dpi).

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 „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.

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:

- do podawania w artykułach we wszystkich artykułach wkładu procentowego w powstanie artykułu;
- w oryginalnych artykułach naukowych do podawania faktycznego wkładu poszczególnych współautorów w powstanie artykułu, czyli tzw. atrybucji (autor koncepcji, założeń, metod) – tę informację należy umieścić w przypisie do tytułu artykułu.

Redakcja zobowiązuje również autora/autorów do podania informacji o źródle finansowania badań.

Odpowiedzialność za prawdziwość powyższych danych ponosi osoba przedkładająca artykuł do druku.

Copyright

Po naniesieniu korekty recenzenckiej autor przesyła do Wydawcy wraz z artykułem oświadczenie, w którym przekazuje zbywalne prawa autorskie na rzecz CNBOP-PIB oraz poświadcza, że praca nie była wcześniej publikowana, a także nie narusza ona praw autorskich innych osób. Oświadczenie do pobrania na stronie <http://czytelnia.cnbop.pl/wytyczne-dla-autorow>

Etyka

Dane opublikowane w kwartalniku „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” powinny być oryginalne. Nie należy przysyłać tekstów, które zostały wcześniej opublikowane w innym czasopiśmie lub monografii. Podawanie fałszywych danych, plagiaty oraz inne działania, które mogą prowadzić do fałszywych wniosków, są nieetyczne.

Zapraszamy Autorów, niezależnie od afiliacji, do nadsyłania swoich prac.

Artykuły należy przysyłać na adres:

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodźkowej im. Józefa Tuliszkowskiego – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Nadwiślańska 213

05-420 Józefów k/Otwocka

Kwartalnik CNBOP-BIP

e-mail: kwartalnik@cnbop.pl; jpinkiewicz@cnbop.pl

Nasz misja

Uczestnictwo w procesie poprawy bezpieczeństwa państwa oraz skutecznej walki z zagrożeniami dzięki rozwiązaniom innowacyjnym.

Nasza wizja

Status cenionego w Polsce oraz na międzynarodowej arenie naukowej czasopisma – agory wymiany informacji w obszarze bezpieczeństwa powszechnego, a w szczególności w zakresie ochrony przeciwpowodźkowej, ochrony ludności i zarządzania kryzysowego.

Nasze priorytety

1. Wspieranie transferu wiedzy w Polsce i za granicą
2. Promowanie wyników badań oraz przedsięwzięć innowacyjnych
3. Edukacja na rzecz bezpieczeństwa

Guide for Authors

Typescript

Articles should be submitted electronically in word format. Editors will accept for publication original research material, review articles and case studies – analysis of actual events. The script should be in the authors' language and not exceed 20 sides (A4 format, Times New Roman 12 pts., 1.5 interspaced), written without a division into columns (Total 40,000 symbols, including spaces).

A. Structure of an original scientific article/ short scientific report:

1. Title – in Polish or authors' national language (Times New Roman 16 pts., upper-case CAPITALS) and in English (Times New Roman 14 pts., lower-case)
2. Structured Abstract – four paragraphs with headings in boldface type, minimum 200 words in Polish or authors' national language and minimum 200 words in English; Times New Roman 10 pts.
3. Key words (in Polish and in English or authors' national language and English, a total of 10 phrases; Times New Roman 10 pts.)
4. Introduction
5. Method
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 and best practice in action article:

1. Title – in Polish or authors' national language (Times New Roman 16 pts., upper-case CAPITALS) and in English (Times New Roman 14 pts., lower-case)
2. Structured Abstract – four paragraphs with headings in boldface type, minimum 200 words in Polish or authors' national language and minimum 200 words in English; Times New Roman 10 pts.
3. Key words (in Polish and in English or authors' national language and English, 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)

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 con-

stitute 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

Articles without structured abstracts, from the date 30th September 2013 will not be qualified for reviewing process.

1) Structure of an original scientific article/ Abstract 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 / incident case study abstracts – analysis of actual events

- Objective – main questions made in the article
- Introduction – context / background of the issue/ problem) introduced in an 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 article the best practice in action

- Objective – main questions raised 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 an article does not fit none of the aforementioned structures a most adequate structure shall be applied.

Authors are obliged to pass the information on the type of the article sent to the editorial office (original scientific research article, a review article, a scientific report, an incident case study – an analysis of actual events or from practice to practice article) as well as they shall qualify tentatively the article into one of the following sections:

1. Author's Chapter*
2. Organisation and Strategic Management
3. Humanities and Social Sciences for Safety
4. Partnership for Safety Innovation
5. Research and development
6. Certification, Approval and Recommendation
7. Technique and Technology
8. Training and Knowledge Promotion
9. Best practice in action
10. Case Study – Analysis of Actual Events

**Editorial Committee qualifies here particularly important articles.*

Author

The authors name should be accompanied by a note reflecting the full name of the institution, and in the case of lead author also 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.

Editors are committed to preserve the confidentiality of personal information about authors and reviewers.

Literature

Literature references are identified at the end of the article in a sequence as they appear in the text. Bibliographic commentary should be in a uniform version. Names and titles, written in Cyrillic should appear in the transliteration in accordance with the standard GOST 52535.1-2006. It is recommended that, in the main, referenced material should be publications, which have been reviewed. In the case of precise quotations in the text against the number of an assigned publication located in the literature index, one should also include the page number, of the quotation source e.g. (12, p. 234). Polish quotations should be inserted within quotation marks. Quotations in other languages should be written in italics.

Examples of bibliographic references in the literature index (based on the Chicago Citation Style):

Book references

Szczerba K., *Safe Home*, Publisher CNBOP-PIB, Józefów, 2012

Chapter from joint sources

Suchorab P., *The impact of crude oil based products on the physical and mechanical properties of con-*

crete, 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, 87-93.

Article in an online journal

Ciekanowski Z., *Motivation and system of periodic assessment*, BiTP, Vol. 29 Issue 1, 2013, 29-33 [dok. elektr.] <http://czytelnia.cnbop.pl/czytelnia/31/348> [accessed May 2 2013].

Material from conferences

Adamiec P. Problems encountered during welding and repair of machinery, in: *Machine Technology. Collection of papers: III Professorial Scientific Workshops – TM '97, II Research Work Forum '96 – Shaping of machine parts by the removal of substances*, T Karpiński (ed), Publisher Politechnika Koszalińska, Koszalin, 1997, 23-31.

Research communications

Centre for Research of Public Opinion, Research communication: Actual problems and incidents, [doc. elektr] <http://badanie.cbos.pl/details.asp?q=a1&id=4809>, [access 06.05.2013].

Statute, standards and EU Directives

- 1) Statute dated 24 August 1991 concerning The Polish State Fire Service (Dz. U. [Journal of Laws] 2009 No. 12 item 68)
- 2) PN-EN 54-4:2001 Fire alarm systems – Part 4: Power supply.
- 3) Commission Directive 2009/149/WE dated 27 November 2009 concerning directive 2004/49/WE of the European Parliament dealing with community safety indicators and community methods of calculating costs of incidents.

Tables, figures and illustrations

Captions for tables, figures and illustrations as well as texts in tables, figures and illustrations should be in the language, in which the article was written and in English. Tables should be incorporated in the text and, additionally, produced in a separate file and submitted as an enclosure to the article. As a rule, figures should be produced in black-white and be submitted in a form ready for printing, in individual files (jpg or tiff format – minimum 300 dpi).

Ghost-writing and guest authorship boundaries

In scientific research articles, ghost-writing and guest authorship is considered a misconduct.

- 1) Ghost-writing occurs when the input to an article is by a person who is not named in the list of authors or excluded from acknowledgements.
- 2) Guest authorship describes a situation where an article is created without participation or with a negligible contribution of a person named in the list of authors.

In accordance with directions from the Minister of Science and Higher Education, the Editorial Board requires authors to disclose individual contributions to articles in percentage terms, by an annotation to the title of an article.

With due regard to the need for integrity of information concerning authors and to avoid situations known as ghost-writing and guest authorship, the BiTP Editorial Board requires authors to disclose honest information about third parties who participate in the creation of submitted articles. Where ghost-writing or guest authorship is identified, the Editorial Board will inform the author's Research Establishment, associations of which the author is a member, other Research Centres and Editorial Boards of different publications about the incident.

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 in all articles.
- reveal the actual input by an individual co-author, to original scientific papers, i.e. attribution (author of the concept, assumptions, methods). Such information should be included as an annotation to the title of the article.

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.

Copyright

After incorporating post review corrections, the author should submit his/her article to the Publisher, accompanied by a declaration confirming: that the work was not published previously, that the article does not infringe other persons copyright and that the authors' copyright is transferred to CNBOP-PIB. A suitable declaration can be accessed through the internet on: <http://czytelnia.cnbop.pl/wytoczne-dla-autorow>.

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.

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; jpinkiewicz@cnbop.pl

Our mission

Participation in the process of improving the state security and effective way of combating threats using innovative solutions.

Our 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.

Our priorities

1. Supporting the knowledge transfer in Poland and abroad
2. Promotion of research results and innovative projects
3. Safety education



Międzynarodowa Konferencja

Pod honorowym patronatem Ministra Spraw Wewnętrznych

„CZUJKA DYMU I CZUJNIK TLENKU WĘGLA,

CZYLI MAŁA INWESTYCJA W DUŻE BEZPIECZEŃSTWO"

8-9.10.2013

Czy wiesz, że co roku w wyniku pożarów oraz zatruc tlenkiem węgla ginie w Polsce ok. 550 osób, a kolejnych kilka tysięcy doznaje uszczerbku na zdrowiu?!

• • •

Czy wiesz, że paradoksalnie najczęściej - bo aż 80% wszystkich przypadków śmiertelnych ma miejsce w obiektach mieszkalnych - czyli tam, gdzie co do zasady ludzie czują się najbezpieczniej?!

• • •

Czy wiesz, że wielu krajach w mieszkaniach instaluje się już systemy tryskaczowe, a w blisko 100% domów zainstalowane są czujki dymu?

• • •

Chcesz się dowiedzieć, w jaki sposób w Estonii udało się ograniczyć liczbę ofiar pożarów o 50% w ciągu 3 lat?!

• • •

Czy chcesz poznać klucz do sukcesu w ograniczaniu liczby ofiar pożarów i/lub zatruc tlenkiem węgla?

Szczegółowe informacje na stronie www.cnbop.pl/czujki

Konferencja stanowi przyczynek do rozpoczęcia dyskusji, a następnie działań w tym zakresie w Polsce

Przewidziano wystąpienia ekspertów straży pożarnej z kraju i zagranicy (Czechy, Estonia, Finlandia, Holandia, Wielka Brytania), środowiska medycznego, mediów publicznych, instytucji zajmujących się promowaniem bezpieczeństwa

Zaprezentowane zostaną wyniki badań Światowej Organizacji Zdrowia dot. problematyki zatruc tlenkiem węgla

Miejsce: Szkoła Główna Służby Pożarniczej

Termin: 8-9 października 2013 r.

Patronat medialny: TVP Info, Przegląd Pożarniczy, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, Strażak

Kontakt: Ilona Masna – CNBOP-PIB

(tel. 22 76 93 304)

Organizatorzy:



KONFERENCJA NAUKOWA

Pod honorowym patronatem Komendanta Głównego PSP



Ochrona przeciwpożarowa w systemie bezpieczeństwa państwa

Ochrona przeciwpożarowa odgrywa istotną rolę w systemie bezpieczeństwa państwa, zabezpiecza instalacje ważne dla obronności oraz funkcjonowania państwa, majątek i obiekty państwowe oraz prywatne. Ratuje w sytuacjach zagrożeń, chroniąc obywateli i ich mienie przed skutkami pożarów, klęsk żywiołowych i innych zagrożeń. Dlatego uzasadnione jest podejmowanie systematycznych działań integrujących prace badawcze i służących wymianie wiedzy oraz doświadczeń z zakresu inżynierii ochrony przeciwpożarowej, ze względu na jej znaczące miejsce w systemie bezpieczeństwa państwa.

Poczesne miejsce w tej dyskusji powinny zajmować możliwości wykorzystania potencjału systemów informatycznych w zakresie przetwarzania informacji do racjonalizacji procesów decyzyjnych i uzasadniania podejmowanych działań. Potencjał ten może znacząco przyczynić się do wzrostu efektywności działań ochrony przeciwpożarowej. A tym samym spełnić podstawowe wymagania stawiane przez współczesne społeczeństwo w obszarze kreowania działań poprawiających bezpieczeństwo oraz wywołujących poczucie bezpieczeństwa. Konferencja jest również miejscem przedstawienia i dyskusji nad wybranymi zadaniami w ramach realizowanego przez Konsorcjum Naukowe ze środków finansowych Narodowego Centrum Badań i Rozwoju projektu „Zaawansowane technologie teleinformatyczne wspomagające projektowanie systemu ratowniczego na poziomach: gmina, powiat, województwo”.

17 października 2013 r.

Miejsce konferencji:

**Centrum Naukowo-Badawcze
Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowy Instytut Badawczy**

ul. Nadwiślańska 213

Józefów k/Otwocka

Kontakt: Magda Ślarzyńska (tel. 22 7693 391)

Szczegółowe informacje na stronie:

www.cnbop.pl/dzialy/ds/konferencja/ochrona

W ramach konferencji przewidziano wystąpienia – referaty ekspertów, a także moderowaną dyskusję.

Organizatorzy:

Konferencja organizowana jest w ramach współpracy CNBOP-PIB i Regionalnego Centrum Badań nad Bezpieczeństwem we współpracy z innymi uczelniami oraz ośrodkami naukowymi.



Konferencja

Sterowanie urządzeniami przeciwpożarowymi w obiektach budowlanych

Instalacje elektryczne, wentylacyjne i gaśnicze
– projektowanie, montaż, eksploatacja

7 listopada 2013, Warszawa
Szkoła Główna Służby Pożarniczej

Zgłoś się już dzisiaj!

Koszt udziału w konferencji – 300 zł brutto

UWAGA! Dla prenumeratorów „elektro.info”
i „Rynku Instalacyjnego”, którzy zgłoszą się po 31 sierpnia br.,
koszt uczestnictwa w konferencji wynosi 200 zł brutto!*

**Jedna prenumerata = jedno zgłoszenie, liczba miejsc ograniczona!*

Wśród zagadnień m.in.:

Zmiany w przepisach techniczno-prawnych oraz normalizacji dotyczące instalacji elektrycznych w budynkach wprowadzone w 2013 roku i planowane do wprowadzenia

Ochrona przed przetężeniami w instalacjach elektrycznych nn

Ochrona przeciwporażeniowa i ratowanie porażonego prądem elektrycznym

Zagrożenia pożarowe stwarzane przez ograniczniki przepięć i metody ich neutralizacji

Nowoczesne systemy wykrywania i sygnalizacji zagrożeń pożarowych

Oświetlenie awaryjne i ewakuacyjne – wymagania techniczno-prawne

Instalacja elektryczna w strefach zagrożonych wybuchem

Wymagania dotyczące projektowania pomieszczeń akumulatorowni

Uzgadnianie projektu budowlanego w zakresie ochrony przeciwpożarowej

Ochrona przeciwpożarowa kanałów i tuneli kablowych

Wymagania dotyczące zasilania wentylacji pożarowej

Dobór przewodów i ich zabezpieczeń w instalacjach elektrycznych pracujących w czasie pożaru

Zgłoszenie można przesłać faksem 22 810 27 42,
e-mailem: akacprzycka@medium.media.pl, tel. 22 512 60 83

Więcej informacji na **www.konferencja.elektro.info.pl**

Patronat merytoryczny:



Sponsor główny:



Sponsorzy:



**Osiągnięcia Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego na targach, wystawach i konkursach
krajowych i międzynarodowych w 2012 roku**

SREBRNY MEDAL NA BRUSSELS INNOVA 2012



Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej Państwowego Instytutu Badawczego otrzymało srebrny medal za „Stanowisko badawcze do określania parametrów wybuchowości pyłów palnych” na **61. Międzynarodowych Targach Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Techniki Brussels Innova 2012. Bruksela, listopad 2012.**

**ZŁOTY MEDAL DLA CNBOP-PIB NA MIĘDZYNARODOWYCH TARGACH
WYNALAZCZOŚCI I INNOWACJI INPEX® 2012 W PITTSBURGU**



Złoty medal przyznany CNBOP-PIB i PPU ANKO za „Stanowisko badawcze do określania parametrów wybuchowości pyłów palnych”. Projekt zaprezentowany został w kategorii Bezpieczeństwo i Zabezpieczenia oraz Ekologia.

**GODŁO „TERAZ POLSKA” PRYZNANE CNBOP-PIB ZA ŚRODEK ZWILŻAJĄCY
DO GASZENIA POŻARÓW LASÓW I TORFOWISK**



W gronie nagrodzonych Godłem „Teraz Polska” w V edycji Konkursu „Teraz Polska” dla Przedsięwzięć Innowacyjnych znalazło się Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej *im. Józefa Tuliszkowskiego* – Państwowy Instytut Badawczy za opracowanie innowacyjnego „Środka zwilżającego do gaszenia pożarów lasów i torfowisk”.

**BRAZOWY MEDAL DLA CNBOP-PIB NA MIĘDZYNARODOWYCH TARGACH
WYNALAZCZOŚCI CONCOURS LÉPINE W PARYŻU**



Podczas 111. Międzynarodowych Targów Wynalazczości CONCOURS LÉPINE 2012 jury odznaczyło brązowym medalem CNBOP-PIB za „Dwu-funkcyjne urządzenie gaśnicze mgłowe – GAM”.

**ZŁOTY MEDAL PRYZNANY CNBOP-PIB NA MIĘDZYNARODOWYCH TARGACH
OCHRONY PRACY, POŻARNICTWA I RATOWNICTWA – SAWO**



Złoty medal SAWO przyznany CNBOP-PIB przez Ministra Pracy i Polityki Społecznej w kategorii „Edukacja i prewencja” za „Szkolenie dla projektantów, instalatorów i konserwatorów Systemów Sygnalizacji Pożaru”, podczas XXI edycji Międzynarodowych Targów Ochrony Pracy, Pożarnictwa i Ratownictwa SAWO.

GRAND PRIX DLA CNBOP-PIB NA MIĘDZYNARODOWYCH TARGACH OCHRONY PRACY, POŻARNICTWA I RATOWNICTWA – SAWO



Grand Prix SAWO przyznane CNBOP-PIB przez Ministra Pracy i Polityki Społecznej w kategorii „Inne wyroby i rozwiązania związane z tematyką Targów SAWO” dla **Kwartalnika *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza***, podczas XXI edycji Międzynarodowych Targów Ochrony Pracy, Pożarnictwa i Ratownictwa SAWO.

MEDAL PREZESA ZARZĄDU GŁÓWNEGO ZWIĄZKU OCHOTNICZYCH STRAŻY POŻARNYCH RP



CNBOP-PIB nagrodzone medalem Prezesa Zarządu Głównego Związku Ochotniczych Straży Pożarnych RP, podczas XXI edycji Międzynarodowych Targów Ochrony Pracy, Pożarnictwa i Ratownictwa SAWO za **Szkolenie dla projektantów, instalatorów i konserwatorów Stałych Urządzeń Gaśniczych Tryskaczowych**.

STATUETKA MINISTERSTWA NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO ZA MIĘDZYNARODOWE OSIĄGNIĘCIA WYNAŁAZCZE



Podczas XIX Giełdy Wynałazków projekt badawczy CNBOP-PIB „**Środek zwilżający do gaszenia pożarów lasów i torfowisk**” został nagrodzony statuetką Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za międzynarodowe osiągnięcia wynalazcze. Wyróżnione dyplomami zostały następujące rozwiązania innowacyjne CNBOP-PIB: „**Dwufunkcyjne urządzenie gaśnicze GAM (Gaśnica Automatyczna Mgłowa)**”, „**Multimedialne i teleinformatyczne narzędzia wspomagające edukację lokalnych społeczności w zakresie zwiększenia ich odporności na zagrożenia związane z klęskami żywiołowymi i katastrofami**” oraz „**Regionalne zarządzanie bezpieczeństwem – narzędzie wspomagające zarządzanie – PomRisc**”.

Achievements of the Scientific and Research Centre for Fire Protection National Research Institute at fairs, exhibitions, national and international competitions

SILVER MEDAL AT BRUSSELS INNOVA 2012



Scientific and Research Centre for Fire Protection National Research Institute was granted silver medal for “Experimental stand for investigation dust explosion parameters” at **61st World Exhibition on Inventions, Research and New Technologies 2012. Brussels, November 2012.**

GOLD MEDAL FOR CNBOP-PIB AT INTERNATIONAL INVENTION & NEW PRODUCT EXPOSITION INPEX® 2012 IN PITTSBURG



Gold medal granted to CNBOP-PIB and PPU ANKO for “**Experimental stand for investigation of dust explosion parameters**”. The project was presented in categories Safe & Security and Ecology.

POLISH PROMOTIONAL EMBLEM “TERAZ POLSKA” (“POLAND NOW”) FOR THE WETTING AGENT FOR EXTINGUISHING FOREST AND PEAT-BOG FIRES



The Józef Tuliszkowski Scientific and Research Centre for Fire Protection National Research Institute (CNBOP-PIB) is among the awarded with the Emblem “Teraz Polska” in the 5th edition of the Competition “Teraz Polska” for Innovative Projects for designing of the innovative “**Wetting agent for extinguishing forest and peat-bog fires**”.

BRONZE MEDAL FOR CNBOP-PIB AT INTERNATIONAL INVENTION EXHIBITION CONCOURS LÉPINE IN PARIS



During the 111th International Invention Exhibition CONCOURS LÉPINE 2012, the jury awarded the bronze medal to CNBOP-PIB for “**Dual function fire extinguishing device – GAM**”.

SAWO GOLD MEDAL GRANTED TO CNBOP-PIB AT THE INTERNATIONAL FAIR OF WORK PROTECTION, FIRE FIGHTING AND RESCUE EQUIPMENT



SAWO Gold Medal was awarded to CNBOP-PIB by the Minister of Labour and Social Policy in the category of “Education and Prevention” for the “**Training course for designers, installers and maintenance technicians of fire alarm systems**”, at the XXI edition of the International Fair of Work Protection, Fire Fighting and Rescue Equipment SAWO.

SAWO GRAND PRIX FOR CNBOP-PIB AT THE INTERNATIONAL FAIR OF WORK PROTECTION, FIRE FIGHTING AND RESCUE EQUIPMENT



SAWO Grand Prix was awarded to CNBOP-PIB by the Minister of Labour and Social Policy in the category of “Other products and technical solutions with relevance to SAWO” for **the Quarterly Safety and Fire Technique**, at the XXI edition of the International Fair of Work Protection, Fire Fighting and Rescue Equipment SAWO.

MEDAL OF THE PRESIDENT OF THE BOARD OF THE POLISH UNION OF VOLUNTEER FIRE BRIGADES



CNBOP-PIB was awarded Medal from the President of The Board of the Polish Union of Volunteer Fire Brigades at the XXI edition of the International Fair of Work Protection, Fire Fighting and Rescue Equipment SAWO for **Fire Sprinkler Systems Training Course – Design, Installation and Maintenance**.

STATUETTE FROM THE MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION FOR INTERNATIONAL INVENTION ACHIEVEMENTS



At the XIX Exhibition of Inventions the research project of CNBOP-PIB **“Wetting agent for extinguishing peat and forest fires”** was awarded the statuette from the Minister of Science and Higher Education for international invention achievements. The following innovative solutions of CNBOP-PIB were granted diplomas: **“Dual function fire extinguishing device GAM (Automatic Mist Fire Extinguisher)”**, **“Multimedia and teleinformatic tools supporting education of local communities in the field of enlarging their resistance to threats related to natural disasters and catastrophes”** as well as **“Regional security management – management supporting tool – PomRisc”**.

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowazarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowy Instytut Badawczy
Najważniejsze wydarzenia



1972

Utworzenie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ochrony Przeciwpowazarowej (OBROP) w Józefowie-Dębince na podstawie zarządzenia Nr 81 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 14 sierpnia 1972 r. (Dz. Urz. MSW Nr 7 poz. 24).

Dyrektor OBROP w latach 31.08.1972–31.12.1974 **mgr inż. Zygmunt STANOWSKI**

Pierwsze Świadectwo dopuszczenia nr (1/72) wyrobu do produkcji dla agregatu proszkowego AP50 wydane przez OBROP i KG PSP na podstawie zarządzenia nr 25 MPC z dnia 04.02.1965. Świadectwa dopuszczenia na tej podstawie były wydawane w okresie 1972-1982.

1974

Ustanowienie OBROP jako ośrodka normalizacyjnego w resorcie spraw wewnętrznych na podstawie zarządzenia Nr 66/67 Ministra Spraw Wewnętrznych.

1975

Dyrektor OBROP w latach 01.03.1975–31.12.1976 **plk poż. Włodzimierz STRUŚ**

1977

Dyrektor OBROP w latach 01.01.1977–31.07.1980 **plk poż. mgr inż. Zbigniew GRYNCEL**

1980

Dyrektor OBROP w latach 01.08.1980–31.10.1982 **prof. dr hab. inż. Wiktor BABUL**

1982



Dyrektor OBROP/CNBOP w latach 11.11.1982–31.08.1987 **plk poż. prof. dr inż. Mirosław ZDANOWSKI**

Zmiana podstaw oceny wyrobów. W latach 1982-1992 dla wyrobów wydawano atesty na podstawie zarządzenia nr 9/82 Komendanta Głównego Straży Pożarnej z dnia 30 maja 1982 roku w sprawie wymagań technicznych, jakim powinny odpowiadać sprzęt i urządzenia pożarnicze oraz chemiczne środki gaśnicze.

1984

Przekształcenie OBROP w Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowazarowej (CNBOP), na podstawie zarządzenia Nr 9/84 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 28 stycznia 1984 r. (Dz. ZiR KG SP Nr 1-2, poz.3).

1987

Dyrektor CNBOP w latach 01.11.1987–14.06.1992 **plk poż. dr inż. Henryk JAWORSKI**

1990

Początki upowszechniania wiedzy przez Instytut: uczestnictwo w krajowych i zagranicznych wystawach, konferencjach i sympozjach, wprowadzenie Seminariów CNBOP.

1992

Włączenie CNBOP w poczet jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej w rozumieniu ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej.

Dyrektor CNBOP w latach 15.06.1992–30.09.1996 **st. bryg. dr inż. Eugeniusz W. ROGUSKI**

Zmiana podstaw oceny wyrobów. W latach 1992-1998 dla wyrobów wydawano świadectwa dopuszczenia na podstawie delegacji ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 roku o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. 1991, Nr 81, poz. 351 z późn. zm.) i na podstawie rozporządzenia MSW z dnia 22.04.1992 r.



1995

Ustanowienie nowego logo CNBOP.

1996

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez:

Laboratorium Badań Właściwości Pożarowych Materiałów, numer certyfikatu L 60/1/96 (następnie Zakład Laboratorium Badań Właściwości Pożarowych Materiałów, certyfikat akredytacji Nr **AB 060** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji),

Laboratorium Pomp i Armatury Wodno-Pianowej, numer certyfikatu L 59/1/96 (następnie Zakład Laboratorium Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej, certyfikat akredytacji Nr **AB 059** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).

Dyrektor CNBOP w latach 01.10.1996–27.02.2005 **st. bryg. dr inż. Ryszard SZCZYGIEL**

1997

Nadanie CNBOP imienia Józefa Tuliszowskiego na podstawie zarządzenia Nr 4 Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 23 stycznia 1997 r. (Dz. Urz. MSWiA Nr 2, poz. 22).

1998

Utworzenie w CNBOP **Jednostki Certyfikującej** w celu prowadzenia oceny zgodności wyrobów wprowadzanych do obrotu i stosowanych w ochronie przeciwpożarowej.

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez **Zakład-Laboratorium Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej**, numer certyfikatu L 207/1/98 (obecnie **certyfikat akredytacji Nr AB 207** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).

Zmiana podstaw oceny wyrobów. W latach 1998-2007 prowadzono certyfikację wyrobów na podstawie delegacji znowelizowanego art. 7 ustawy o ochronie przeciwpożarowej i rozporządzenie MSWiA z dnia 22 kwietnia 1998 r. w sprawie wyrobów służących do ochrony przeciwpożarowej, które mogą być wprowadzane do obrotu i stosowane wyłącznie na podstawie certyfikatu zgodności (Dz. U. 1998 Nr 55, poz. 362)

1999

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez **Jednostkę Certyfikującą**, numer certyfikatu 63/Cw-69/99 (obecnie **certyfikat akredytacji Nr AC 063** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).

2001

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez kolejne 3 laboratoria badawcze:

Zakład-Laboratorium Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpożarowych otrzymuje certyfikat akredytacji Nr L 305/1/2000 (następnie certyfikat akredytacji Nr **AB 305** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji), **Laboratorium Środków Gaśniczych i Sprzętu Podręcznego**, Nr certyfikatu L 306/1/2000 (następnie Zakład-Laboratorium Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpożarowych, certyfikat akredytacji Nr **AB 305** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji),

Laboratorium Pojazdów i Wyposażenia otrzymuje certyfikat akredytacji Nr L 307/1/2000 (następnie Zakład-Laboratorium Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej, certyfikat akredytacji Nr **AB 059; AB060** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).

2002

Rozszerzenie zakresu działania CNBOP o tematykę ochrony ludności na podstawie rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji.

2003

Przekształcenie CNBOP z państwowej jednostki budżetowej w **jednostkę badawczo-rozwojową**, w rozumieniu ustawy z dnia 25 lipca 1985 r. o jednostkach badawczo-rozwojowych. Wpisanie CNBOP do Krajowego

Rejestru Sądowego. Uzyskanie przez CNBOP **autoryzacji Ministra Gospodarki, Pracy i Polityki Społecznej** w zakresie dyrektywy 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej.

2004

Uzyskanie przez CNBOP **autoryzacji Ministra Infrastruktury** w zakresie dyrektywy 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych.

Uzyskanie przez CNBOP **notyfikacji Komisji Europejskiej (numer identyfikacji 1438)** w zakresie dyrektyw: 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej, 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych.

Utworzenie **Zakładu Aprobat Technicznych**, realizującego zadania CNBOP w zakresie regulacji rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 8 listopada 2004 r. w sprawie aprobat technicznych oraz jednostek organizacyjnych upoważnionych do ich wydawania (Dz. U. Nr 249, poz. 2497).

Rozpoczęcie przez CNBOP prowadzenia oceny zgodności wyrobów budowlanych – w europejskim systemie oceny zgodności – oznakowanie CE, i w krajowym systemie oceny zgodności – znak budowlany B.

2005

p.o. Dyrektor CNBOP od 28.02.2005 do 31.05.2005 **st. bryg. dr inż. Władysław WĘGRZYN**

Z dniem 01 czerwca 2005 r. na podstawie art. 21 ust. 2 ustawy z dnia 25 lipca 1985 r. o jednostkach badawczo-rozwojowych (tj. Dz. U. z 2001 r. Nr 33, poz. 388 z późn. zm.) Minister Spraw Wewnętrznych i Administracji powołał na stanowisko Dyrektora Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowarowej **st. bryg. dr inż. Eugeniusza W. ROGUSKIEGO** wyłonionego w drodze konkursu zgodnie z rozporządzeniem MNiSW z dnia 10 września 2001 r. (Dz. U. Nr 101, poz. 1101).

2007

Zmiana podstaw oceny wyrobów. Od 2007 roku świadectwa dopuszczenia wydawane są na podstawie delegacji art. 7 ustawy o ochronie przeciwpowarowej i rozporządzenia MSWiA z dnia 20.06.2007 r. zmienionego rozporządzeniem MSWiA z dnia 27.04.2010 r.

2009

Wpisanie przez Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (Komunikat Nr 8 z dnia 31 marca 2009 r.), wydawanego od 2006 r. kwartalnika CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Powarownicza” na listę **czasopism punktowanych** (za artykuły naukowe opublikowane na łamach czasopisma przyznawane były 4 punkty do dorobku naukowego, od 2010 r. przyznawanych jest 6 punktów, a od 2012 r. 7 punktów).

p.o. Dyrektor CNBOP od 01.02.2009 do 30.04.2009 **ml. bryg. dr inż. Dariusz WRÓBLEWSKI**

Z dniem 01 maja 2009 r. na podstawie art. 21 ust. 2 ustawy z dnia 25 lipca 1985 r. o jednostkach badawczo-rozwojowych (tj. Dz. U. z 2008 r. Nr 159, poz. 993) Minister Spraw Wewnętrznych i Administracji powołał na stanowisko Dyrektora Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowarowej **ml. bryg. dr inż. Dariusza WRÓBLEWSKIEGO** wyłonionego w drodze konkursu zgodnie z rozporządzeniem MNiSW z dnia 21 września 2007 r. (Dz. U. Nr 182, poz. 1303).

2010

Nadanie przez Radę Ministrów Centrum Naukowo-Badawczemu Ochrony Przeciwpowarowej im. Józefa Tuliszkowskiego w Józefowie **statusu państwowego instytutu badawczego** (Dz. U. Nr 181, poz. 1219), a tym samym wejście CNBOP do prestiżowego grona kilkunastu państwowych instytutów badawczych.

Odzyskanie przez CNBOP-PIB **II kategorii** w ocenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ocenie parametrycznej (według obecnej klasyfikacji – **kategoria B**).



2011

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji przez **Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości**, certyfikat akredytacji Nr AB 1280.

Ustanowienie nowego logo CNBOP-PIB.

Uzyskanie nominacji do **Polskiego Godła Promocyjnego „Teraz Polska”** w IV Edycji Konkursu dla Przedsięwzięć Innowacyjnych za projekt edukacyjny „Multimedialne i teleinformatyczne narzędzia wspomagające edukację lokalnych społeczności w zakresie zwiększenia ich odporności na zagrożenia związane z klęskami żywiołowymi i katastrofami”.

2012

Uzyskanie **Godła „Teraz Polska”** w V edycji Konkursu „Teraz Polska” dla Przedsięwzięć Innowacyjnych za opracowanie innowacyjnego „Środka zwilżającego do gaszenia pożarów lasów i torfowisk”.

2013

Uzyskanie nominacji do **Polskiego Godła Promocyjnego „Teraz Polska”** w VI Edycji Konkursu dla Przedsięwzięć Innowacyjnych dla kwartalnika CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”.

Fundacja Polskiego Godła Promocyjnego



gratuluje

***Centrum Naukowo-Badawczemu Ochrony
Przeciwpożarowej im. J. Tuliszkowskiego PIB***

*uzyskania nominacji
do Polskiego Godła Promocyjnego „Teraz Polska”
w VI Edycji Konkursu dla Przedsięwzięć Innowacyjnych*

dla

***kwartalnika CNBOP
„Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza”***

PREZES ZARZĄDU FUNDACJI
POLSKIEGO GODŁA PROMOCYJNEGO

KRZYSZTOF PRZYBIL

WARSZAWA, 6 MAJA 2013 ROKU

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-Dębnie on the basis of Regulation No. 81 of 14 August 1972 issued by the Ministry of International Affairs (Dz. Urz. [Official Journal of the Ministry of Foreign Affairs] No. 7 item 24).

The Director of OBROP in the period between 31.08.1972 and 31.12.1974 - **Zygmunt STANOWSKI, MSc, Eng**
First Certificate of Admittance No. (1/72) for the production of transportable powder type extinguisher AP50 issued by OBROP and KG PSP on the basis of Regulation No. 25 MPC of 04.02.1965. On this basis certificates of admittance were issued in the period between 1972 to 1982.

1974

Granting OBROP the standardization centre status in the Home Affairs Department on the basis of Regulation No. 66/67 of the Minister of Home Affairs.

1975

The Director of OBROP between 01-03-1975 and 31.12.1976 **plk. poż. Włodzimierz STRUŚ**

1977

The Director of OBROP between 01.01.1977 and 31.07.1980 **plk. poż. Zbigniew GRYNCEL, MSc, Eng**

1980

The Director of OBROP between 01.08.1980 and 31.10.1982 **prof. Wiktor BABUL, PhD, Eng**

1982



The Director of OBROP/CNBOP between 11.11.1982 and 31.08.1987 **prof. plk. poż. Mirosław ZDANOWSKI, PhD, Eng**

Change of the basis for the assessment of products. In 1982-1992 certificates of admittance for products were issued on the basis of Regulation No. 9/82 on technical requirements, that shall be met by equipment and firefighting devices as well as chemical extinguishing agents, issued by the Chief Commandant of the State Fire Service on 30 May 1982.

1984

The transformation of OBROP into the Scientific and Research Centre for Fire Protection (CNBOP) on the basis of Regulation No. 9/84 of the Minister of Home Affairs of 28 January 1984 (Dz. ZiR KG SP [Official Journal of the National Headquarters of the State Fire Service of Poland No. 1-2, item 3]).

1987

The Director of CNBOP from 01.11.1987 to 14.06.1992 **plk. poż. Henryk JAWORSKI, PhD, Eng**

1990

Beginnings of the knowledge promotion by the Institute: participation in national and international exhibitions, conferences, symposiums, introduction of CNBOP seminars.

1992

Inclusion of CNBOP into State Fire Service organizational units in reference to the State Fire Service Act of 24 August 1991.

The Director of CNBOP from 15.06.1992 to 30.09.1996 **st. bryg. Eugeniusz W. ROGUSKI, PhD, Eng**

Change of the basis for product assessment. In 1992-1998, certificates of admittance products were issued on the basis of delegated Fire Protection Act of 24 August 1991 (Dz. U. [Journal of Laws], No. 81, item 351 as amended) and on the basis of Regulation of the Ministry of Home Affairs of 22 April 1992.



1995

Introduction of a new logo for CNBOP.

1996

The following departments obtained Accreditation of the Polish Centre for Testing and Accreditation:

Laboratory for Testing Fire Properties of Materials, Accreditation Certificate number L 60/1/96 (then called Department - Laboratory for Testing Fire Properties of Materials; Accreditation Certificate No. **AB 060** issued by the *Polish* Centre for Accreditation),

Laboratory of Pumps and Water-foam fittings, Accreditation Certificate No. L 59/1/96 (then called Department - Laboratory of Technical Equipment for Fire Service and Technical Fire Protection, Accreditation Certificate No. **AB 059** issued by the *Polish* Centre for Accreditation).

The Director of CNBOP in 01.10.1996-27.02.2005 **st. bryg. Ryszard SZCZYGIEL, PhD, Eng**

1997

CNBOP was named after Józef Tuliszkowski under Regulation No. 4 of the Minister of Interior and Administration of 23 January 1997 (Dz. Urz. MSWiA [Official Journal of the Ministry of Interior and Administration] No. 2, item 22).

1998

Establishment of CNBOP Certification Department aimed at assessment of the compliance of marketed products used in fire protection.

Department - Laboratory of Fire Signalling and Fire Automation gained accreditation of the Polish Centre for Testing and Accreditation, certificate No. L 207/1/98 (currently **Accreditation Certificate No. AB 207** issued by the Polish Centre for Accreditation).

Change of the basis for product assessment. In 1998-2007 products certification was carried out on the basis on delegated Article 7 of Fire Protection Act and The Regulation of 22 April 1998 on the products used in fire protection which can be marketed and used only after acquiring conformity certificate issued by the Ministry of Interior and Administration (Dz. U. [Journal of Laws] 1998, No. 55, item 362).

1999

CNBOP Certification Department obtained accreditation of the Polish Centre for Testing and Accreditation No. 62/Cw-69/99 (currently **Accreditation Certificate No. AC 063** issued by the Polish Centre for Accreditation).

2001

Another three laboratories obtained accreditation of the Polish Centre for Testing and Accreditation:

Department - Laboratory of Technical Fire Protection was granted Accreditation Certificate No. L: 305/1/2000 (then accreditation certificate No. **AB 305** issued by the Polish Centre for Accreditation);

Laboratory of Extinguishing Media and Portable Equipment, certificate No. L 306/1/200 (then Department-Laboratory of Technical Fire Protection, accreditation certificate No. **AB 305** issued by the Polish Centre for Accreditation);

Laboratory of Vehicles and Equipment was granted accreditation certificate No. 307/1/2000 (then Department-Laboratory of Technical Equipment of Fire Service, accreditation certificate No. **AB 059**; **AB060** issued by the Polish Centre for Accreditation).

2002

Extension of CNBOP sphere of activities with the issues related to civil protection under Regulation by the Minister of Interior and Administration.

2003

Transformation of CNBOP from a state administrative entity into a **research and development entity** understood in accordance with the Act of 25 July 1985 on Research and Development Entities. CNBOP entered into the National Court Register and obtained authorization of the Ministry of Labour and Social Policy within the scope of Council Directive 89/686/EEC of 21 December 1989 on the approximation of the laws of the Member States relating to personal protective equipment.

2004

CNBOP obtained authorization of the Minister of Infrastructure within the scope of Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products.

CNBOP obtained **notification of the European Commission (notification No. 1438)** within the scope of Council Directive 89/686/EEC of 21 December 1989 on the approximation of the laws of the Member States relating to personal protective equipment, and Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products.

Establishment of **Technical Approval Department**, aimed at realizing the tasks of CNBOP within the scope of the control of Regulation of the Minister of Infrastructure of 8 November 2004 on technical approvals and organizational units entitled to issue them (Dz. U. [Journal of Laws] No. 249, item 2497).

CNBOP started carrying out conformity assessment of construction products – in the European conformity assessment system - the CE marking, and in the national conformity assessment system – B construction mark.

2005

The Acting Director of CNBOP since 28.02.2005 to 31.05.2005 **st. bryg. Władysław WĘGRZYN, PhD, Eng** From the date of 01 June 2005 under art. 2 sec. 2 of the Act of 25 July 1985 on research and development entities (i.e. Dz. U. [Journal of Laws] of 2001, No. 33 as amended), the Minister of Interior and Administration appointed **st. bryg. W. ROGUSKI, PhD, Eng** the Director of the Scientific and Research Centre for Fire Protection, chosen through a competition in accordance with Regulation of the Ministry of Science and Higher Education of 10 September 2001 (Dz. U. [Journal of Laws] No. 101, item 1101).

2007

Change of the basis for product assessment. Since 2007, certificates of admittance have been issued on the basis of delegated Fire Protection Act and on the basis of Regulation of the Ministry of Interior and Administration of 20 June 2007 amended by Regulation of the Ministry of Interior and Administration of 27 April 2010.

2009

Inclusion by the Minister of Science and Higher Education (Announcement No. 8 of 31 December 2009) published since 2006 the Quarterly “Safety and Fire Technique” into the list of journals where the authors were attributed points to academic achievements for scientific articles published in the Quarterly (there were 4 points in 2009, since 2010 – 6 points have been attributed to the author’s academic achievements and since 2012 – 7 points).

Acting as the Director of CNBOP since 01.02.2009 to 30.04.2009 **ml. bryg. Dariusz WRÓBLEWSKI, PhD, Eng**

On 1 May 2009 under art. 2, sec. 21 of the Act of 25 July 1985 on Research and Development Entities (i.e. Dz. U. [Journal of Laws] of 2008, No. 159, item 993), the Minister of Interior and Administration appointed **ml. bryg. Dariusz. Wróblewski, PhD, Eng** the Director of the Scientific and Research Centre for Fire Protection. The Director was chosen through a competition in accordance with Regulation of the Ministry of Science and Higher Education of 21 September 2007 (Dz. U. [Journal of Laws] No. 182, item 1303).

2010

The Józef Tuliszkowski Scientific and Research Centre for Fire Protection (CNBOP) was granted by the Council of Ministers of the Republic of Poland the status of a National Research Institute (Dz. U. [Journal of Laws], No. 181, item 1219) thus joining the elite group of few national research institutes.

CNBOP-PIB was reassigned **the second category** by the Minister of Science and Higher Education in its parametric assessment (according to the current classification – **category B**).

2011

CNBOP-PIB Combustion Processes and Explosion Laboratories were granted accreditation by the Polish Centre for Accreditation, Accreditation Certificate No. **AB 1280**.

Introduction of a new logo for CNBP-PIB.

CNBOP-PIB was granted nomination for **Polish Promotional Emblem “Teraz Polska” [Poland Now]** in the IV Edition of Competition for Innovative Projects for educa-



tional project “Multimedia and teleinformatic tools supporting education of local communities in the field of enlarging their resistance to threats related to natural disasters and catastrophes”.

2012

CNBOP-PIB was granted Polish Promotional Emblem “Teraz Polska” in the V edition of the “Poland Now” Competition for Innovative Projects for designing of the innovative “Wetting agent for extinguishing forest and peat-bog fires”.

2013

CNBOP-PIB was granted nomination for Polish Promotional Emblem “Teraz Polska” [Poland Now] in the VI edition of The Competition for Innovative Projects for the CNBOP quarterly “Safety & Fire Technique”.

