

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza

Safety & Fire Technique

Kwartalnik CNBOP-PIB



Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego
<http://czytelnia.cnbop.pl>

Józefów 2012

Redaktor naczelny – mł. bryg. dr inż. Dariusz WRÓBLEWSKI

KOMITET REDAKCYJNY

dr inż. Eugeniusz W. ROGUSKI - Przewodniczący Komitetu Redakcyjnego– PCA
/Organizacja i Zarządzanie Strategiczne/
dr hab. inż. Ewa RUDNIK, prof. nadzw.
/Badania i Rozwój/
dr inż. Stefan WILCZKOWSKI
/Technika i Technologia/
dr Tomasz WĘSIERSKI
/Redaktor Statystyczny/
mł. bryg. mgr inż. Jacek ZBOINA
/Certyfikaty, Aprobaty i Rekomendacje/
bryg. mgr inż. Krzysztof BISKUP
/Rozdział Autorski – Współpraca Zagraniczna/
nadbryg. Janusz SKULICH
/Studium Przypadku – Analiza Akcji/
nadbryg. w st. spocz. Maciej SCHROEDER
/Z Praktyki dla Praktyki/
mgr Joanna CYBULSKA - Sekretarz Redakcji
/Nauki Humanistyczne i Społeczne na Rzecz Bezpieczeństwa/

Przygotowanie do wydania

mgr Joanna Cybulska

Projekt okładki:

Barbara Dominowska

ISSN 1895 - 8443

© by Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego
Ochrony Przeciwpowodziowej
im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowego Instytutu Badawczego

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

tel. : 022 769 32 00

www.cnbop.pl

e-mail : cnbop@cnbop.pl

Wersja papierowa jest wersją pierwotną

Druk i oprawa:

Oficina Drukarska Jacek Chmielewski

01-142 Warszawa, ul. Sokółowska 12a;

tel./fax: (22) 632 83 52

www.oficina-drukarska.pl

Nakład 500 egzemplarzy

**Publikacja przeznaczona dla kadry Państwowej Straży Pożarnej oraz specjalistów
z zakresu ochrony przeciwpożarowej i bezpieczeństwa powszechnego.**

Wszystkie zamieszczane artykuły dopuszczane są do druku decyzją Komitetu Redakcyjnego na podstawie recenzji naukowo-badawczych i inżyniersko-technicznych przygotowanych przez niezależnych recenzentów.

Kwartalnik CNBOP „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” jest czasopismem punktowym z listy Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (7 pkt.).

Informacja na podstawie Komunikatu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 17 września 2012 roku.

SPIS TREŚCI

1. Od Redakcji	5
-----------------------	---

I. ROZDZIAŁ AUTORSKI

1. M. Kowalski D. Wróblewski P. Janik	Działalność badawczo-rozwojowa w funkcji realizacji misji, wizji i strategii rozwoju Państwowej Straży Pożarnej	9
---	---	---

II. ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE STRATEGICZNE

1. R. Koch	Emergency Management in the Scope of Research	19
------------	---	----

III. NAUKI HUMANISTYCZNE I SPOŁECZNE NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA

1. Z. Ciekanowski	Istota zarządzania kadrami	23
-------------------	----------------------------	----

IV. PARTNERSTWO DLA INNOWACYJNOŚCI NA RZECZ BEZPIECZEŃSTWA

1. Климин В.И	Всероссийский научно-исследовательский институт противопожарной обороны	33
---------------	---	----

V BADANIA I ROZWÓJ

1. A. Zbrowski	Antyterrorystyczne systemy monitorujące – kierunki rozwoju	39
2. A Chwaleba A. G. Jatsunenko, V. P. Kamkov J. Szczurko S. A. Yatsunenko J. Szmitkowski S. Wilczkowski	Ocena poziomu odporności i typu reakcji adaptacyjnej oraz możliwości terapii stymulacyjnej stresu z wykorzystaniem pól elektromagnetycznych bardzo wielkiej częstotliwości	45
3. R. Dobrzyńska	Toksyczność produktów rozkładu termicznego i spalania pianek poliuretanowych stosowanych do wyrobu mebli tapicerowanych	53
4. H. Speath	End-user oriented research: About the benefits for local safety and security	59
5. R. Porowski W. Rudy A. Teodoreczyk	Analiza metod badawczych granic wybuchowości cieczy palnych	63
6. R. Wantoch-Rekowski J. Rogulski A. Majka	Koncepcja symulatora do szkolenia kierowców wozów bojowych PSP w zakresie zadań realizowanych w ramach krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego (KSRG)	71
7. A. Dudaček	Fire Engineering and Its Practical Applications	83

VI. CERTYFIKATY, APROBATY I REKOMENDACJE

1. J. Zboina K. Pastuszka	Znaczenie oceny zgodności dla ochrony przeciwpożarowej i ochrony ludności	87
------------------------------	---	----

VII TECHNIKA I TECHNOLOGIA

1. С.Г. Цариченко	Экстремальная робототехника в МЧС России – задачи и перспективы.....	97
2. R. Porowski D. Małozieć	Zagrożenie związane z wybuchowością pyłów palnych oraz innowacyjne metody zapobiegania.....	107
3. D. Czerwienko K. Lemańska Ł. Pastuszka	Technologia ubrań strażackich	119
4. W. Klapsa D. Małozieć S. Suchecki	Badania reakcji na ogień dla kabli elektrycznych – przegląd metod badawczych	131
5. I. Bella D. Czerwienko J. Roguski	Postęp techniczny i jego wpływ na wyposażenie straży pożarnych w Polsce.....	141
6. T. Maciak P. Czajkowski	FDS. Analiza procesu obliczeniowego symulacji pożaru w tunelu	157
Wskazówki dla autorów.....		170
Requirments for authors.....		171
Wykaz recenzentów		172

Szanowni Czytelnicy,

Na wielu płaszczyznach: specjalistycznych czasopismach, branżowych forach czy naukowych konferencjach specjaliści z dziedziny bezpieczeństwa i ratownictwa dyskutują o tym, co jest ważne dla rozwoju i ciągłej poprawy jakości działania służb ratowniczych. Niewątpliwie bardzo ważny jest sam ratownik, jego przygotowanie, sprawność i wyszkolenie. Niemniej ważne jest wsparcie techniki i technologii, a te rozwijają się dzięki badaniom naukowym. Nasze Czasopismo to też swego rodzaju forum ratownicze, a prezentowane w nim materiały mają duże znaczenie dla rozwoju nowoczesnej myśli ratowniczej.

W każdym kolejnym numerze staramy się polecić uwadze naszych Czytelników te artykuły, które w naszej ocenie są szczególnym wkładem w wiedzę o bezpieczeństwie. Nie tylko ściśle w dziedzinie ochrony przeciwpożarowej. Tym razem chcielibyśmy polecić Państwu uwadze dwa artykuły. Pierwszy z nich, tekst dr inż. Renaty Dobrzyńskiej z Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego, prezentuje wyniki badań dotyczących toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania pianek poliuretanowych stosowanych do wyrobu mebli tapicerowanych. Tego typu badania są niezwykle ważne, choćby dlatego, że najczęściej ofiar pożarów to wcale nie osoby, które giną z powodu wysokiej temperatury. Najwięcej ofiar pochłaniają toksyczne produkty spalania, czyli po prostu dym wchłaniany przez drogi oddechowe. Ten artykuł został wybrany przez Komitet Redakcyjny jako najlepszy w bieżącym numerze.

Poza nim chcielibyśmy polecić uwadze Czytelników także artykuł „Ocena poziomu odporności i typu reakcji adaptacyjnej oraz możliwości terapii stymulacyjnej stresu z wykorzystaniem pól elektromagnetycznych bardzo wielkiej częstotliwości” autorstwa prof. dr. hab. Augustyna Chwaleby wraz z zespołem. To drugi z artykułów poświęconych badaniom nad polami elektromagnetycznymi. Są one tak ważne dlatego, że dają możliwości badania poziomu stresu u ratowników biorących bezpośredni udział w akcji.

Szanowni Państwo, jak wspomnieliśmy na wstępie, dyskusja na tematy bezpieczeństwa, a w szczególności ratownictwa toczy się na wielu płaszczyznach. Nasze czasopismo traktujemy również jako miejsce wymiany myśli i poglądów, obserwując jednocześnie z uwagą to, co dzieje się w bliskiej nam dziedzinie. Dlatego też objęliśmy patronatem medialnym wydarzenie, które zajmuje się wspomnianą tematyką, a mianowicie konferencję „Zapobieganie pożarom i awariom przemysłowym” zorganizowaną z okazji jubileuszu XX-lecia Państwowej Straży Pożarnej. Szerszą informację na temat wydarzenia zamieścimy w następnym numerze Kwartalnika.

Droży Czytelnicy, z radością i dumą możemy powiedzieć, że był to kolejny dobry rok dla naszego Instytutu. Wiele naszych projektów zostało dostrzeżonych i nagrodzonych na konkursach i wystawach krajowych i międzynarodowych.

Czego możemy sobie oraz Państwu jeszcze życzyć pod koniec tak dobrego roku?

Chyba tylko jednego. Jeszcze bardzo wielu spotkań z Czytelnikami, a Państwu wszystkiego najlepszego w nadchodzącym Nowym Roku.

Komitet Redakcyjny :

dr inż. Eugeniusz W. Roguski - Przewodniczący

mł. bryg. dr inż. Dariusz Wróblewski - Redaktor Naczelny

dr hab. inż. Ewa Rudnik, prof. nadzw., - członek Komitetu Redakcyjnego

dr inż. Stefan Wilczkowski - członek Komitetu Redakcyjnego

dr Tomasz Węsierski - członek Komitetu Redakcyjnego

mł. bryg. mgr inż. Jacek Zboina - członek Komitetu Redakcyjnego

bryg. mgr inż. Krzysztof Biskup – członek Komitetu Redakcyjnego

mgr Joanna Cybulska - Sekretarz Redakcji



**MINISTERSTWO
SPRAW WEWNĘTRZNYCH
Podsekretarz Stanu
Stanisław Rakoczy**



Warszawa, dnia 04 grudnia 2012 r.

**Pan mł. bryg. dr inż. Dariusz Wróblewski
Dyrektor Centrum Naukowo - Badawczego
Ochrony Przeciwpóżarowej im. J. Tuliszkowskiego**

W dzisiejszych czasach bezpieczeństwo to niewątpliwie jedna z najważniejszych spraw dla Państwa oraz dla jego obywateli. Ministerstwo Spraw Wewnętrznych, w którym pracuję jako Podsekretarz Stanu, dba, żeby nikt nie musiał się obawiać o swoje zdrowie, życie czy mienie w sytuacjach kryzysu. Jak pokazały ostatnie Mistrzostwa Europy w piłce nożnej, którego Polska była współorganizatorem, dobrze przygotowane i zorganizowane zawody mogą być świetną wizytówką oraz powodem do dumy dla całego kraju. Podczas EURO 2012 dzięki zaangażowaniu ponad 14.000 ratowników PSP blisko 3 miliony fanów piłki nożnej w pięciu strefach kibica i kilkaset tysięcy na czterech stadionach czuło się bezpiecznie. Jednak swoją służbę wobec społeczeństwa trzeba wypełniać nie tylko od wielkiego święta, ale i w zwykłych codziennych momentach życia, tak jak teraz, gdy rozpoczął się sezon grzewczy i wzrasta zagrożenie zatrucia się tlenkiem węgla.

Dlatego też tak ważne jest, aby służby i instytucje mające zapewnić bezpieczeństwo krajowi miały dostęp do naukowych, fachowych publikacji i aby były profesjonalnie przygotowane do wszystkich zdarzeń.

Wydawany przez Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpóżarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy kwartalnik „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” jest bardzo cennym i pożytecznym źródłem informacji z zakresu ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony ludności dla całego środowiska. Dostęp do naukowych publikacji umieszczanych w Kwartalniku, które są napisane przez fachowców i ekspertów, pozwala na ciągły techniczny postęp i podnoszenie kwalifikacji osób zajmujących się tematyką bezpieczeństwa.

Składam Redakcji Kwartalnika podziękowania za dotychczasową pracę, za te 28 opublikowanych numerów kwartalnika „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” oraz życzę wielu jeszcze następnych wydań.

nadbryg. Marek KOWALSKI¹
Zastępca Komendanta Głównego PSP
mł. bryg. dr inż. Dariusz WRÓBLEWSKI
Dyrektor CNBOP-PIB
bryg. dr inż. Paweł JANIK
Dyrektor Biura Rozpoznawania Zagrożeń KG PSP

DZIAŁALNOŚĆ BADAWCZO-ROZWOJOWA² W FUNKCJI REALIZACJI MISJI, WIZJI I STRATEGII ROZWOJU PSP³

Research and development activity in function of mission, vision and development strategy of SFS

Streszczenie

Artykuł przedstawia rozwiązania przyjęte i stosowane w Państwowej Straży Pożarnej (PSP), których celem jest zorganizowane i systemowe identyfikowanie i rozwiązywanie problemów wynikających z codziennej działalności jednostek organizacyjnych PSP⁴ oraz identyfikowaniem i zaspokajaniem potrzeb w zakresie strategicznego zarządzania służbą, definiowania kierunków rozwoju oraz odnawiania wizji funkcjonowania służby. Wykorzystanie projektów i programów naukowo-badawczych zostało przedstawione jako rekomendowane narzędzie do rozwiązywania problemów i zaspokajania ww. potrzeb PSP. Artykuł dzieli się na sześć zasadniczych części. W części pierwszej przedstawiono misję, wizję Państwowej Straży Pożarnej oraz wspomagającą funkcję badań naukowych, prac rozwojowych i innowacyjnych. Ponadto w tej części został przedstawiony ogólny zakres działania i odpowiedzialności Państwowej Straży Pożarnej z uwzględnieniem znaczenia sposobu budowania zespołów badawczych, także w kontekście rozwiązywania problemów interdyscyplinarnych, obejmujących działania różnych służb, a w konsekwencji także różnych jednostek badawczych. W kolejnej części artykułu została omówiona metodyka identyfikacji potrzeb i wytyczania kierunków naukowo-badawczych ze szczególnym uwzględnieniem roli Rady Naukowo-Technicznej⁵ przy Komendancie Głównym PSP (RNT KG PSP). Kolejne części artykułu obejmują opis czterech priorytetowych obszarów prac naukowo-badawczych zdefiniowanych na lata 2012 – 2020, a także omówienie organizacji zespołów naukowo-badawczych i sposób finansowania projektów i programów naukowo-badawczych realizowanych na potrzeby PSP. Zwraca się w nich również uwagę na potrzebę traktowania działalności badawczej jako elementu, który stanowi jeden z głównych punktów odniesienia w działalności poszczególnych komórek i pionów Państwowej Straży Pożarnej. Artykuł kończą wnioski sformułowane z myślą praktycznego ich zastosowania.

Summary

The article presents solutions accepted and applying in State Fire Service (SFS) which are aimed at organized and systematic identification and solving of questions meet in everyday activities of SFS organizational units as well as identification and providing for the needs in scope of our service strategic management, defining of development directions and renewing vision of the organization function. Employment of scientific and research projects and programs is declared as recommended tool in scope of solving of above mentioned questions and providing for the listed needs of SFS. The paper is divided into six essential parts. In first part the mission and vision of State Fire Service are described as well as helping function scientific research, development and innovative work. Moreover, this part covers general presentation of State Fire Service activities with taking into consideration significance of research teams establishing process among others in context of solving of interdisciplinary questions involving different services and in consequence different research units. Second part of the paper is devoted to description of methods of needs identification and setting out directions of scientific and research work with role of Scientific and Technical Council appointed by Chief Commandant of State Fire Service.

¹ Każdy z współautorów wniósł równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu (1/3)

² Działalność badawczo-rozwojowa - działalność twórcza obejmująca badania naukowe lub prace rozwojowe, podejmowana w sposób systematyczny w celu zwiększenia zasobów wiedzy oraz wykorzystania zasobów wiedzy do tworzenia nowych zastosowań. Art. 2 ust. 4. Ustawa z dnia 30 kwietnia 2010 r. o zasadach finansowania nauki Dz.U.2010.96.615

³ Artykuł pozytywnie zaopiniowany przez generała brygadiera Feliksa Delę, byłego Komendanta Głównego PSP oraz dr. inż. Eugeniusza W. Roguskiego, dyrektora Polskiego Centrum Akredytacji.

⁴ Zob. art. 7 Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej. Dz. U. 2009 r. Nr 12 poz. 68 z późn. zm.

⁵ Decyzja Nr 1 Komendanta Głównego PSP z dnia 2 stycznia 2001 r. w sprawie powołania Rady Naukowo – Technicznej i nadania jej regulaminu. Dz.Urz.KGPSP.2001.1.1 z późn. zm.

Next parts include discussion of four priority scientific and research work areas that have been defined for years 2012 – 2020 and moreover description of scientific and research teams organization and ways of gaining financial resources for discussed activities. Also, they include suggestions that research work should be treated as integral part of activities of particular units of State Fire Service. Finally, some practical conclusions are formulated.

Słowa kluczowe: misja, wizja, strategia rozwoju, zespoły badawcze, kierunki badawcze, Rada Naukowo – Techniczna;

Keywords: mission, vision, strategy of development, research teams, research directions, Scientific and Technical Council;

Misja, wizja i zakres działania

Misja Państwowej Straży Pożarnej wynika z ustawy o PSP¹ i jest nią walka z pożarami, klęskami żywiołowymi i innymi miejscowymi zagrożeniami w celu zapewnienia bezpieczeństwa ludziom, mieniu i środowisku.

W kontekście wizji funkcjonowania omawianej formacji należy również wspomnieć o aktach prawnych, w których sformułowano zakres jej działania, będący głównym determinantem założeń strategicznych, przyjmowanych od początku funkcjonowania PSP oraz Krajowego Systemu Ratowniczo – Gaśniczego (KSR-G). Są to w szczególności: wspomniana już wcześniej ustawa o Państwowej Straży Pożarnej wraz z aktami wykonawczymi oraz ustawa o ochronie przeciwpożarowej² wraz z aktami wykonawczymi ze szczególnym uwzględnieniem przepisów o Krajowym Systemie Ratowniczo-Gaśniczym³ oraz ochronie przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów⁴. Wymienione przepisy wskazują szereg zadań zarówno w zakresie ratowniczym, jak i zapobiegania pożarom oraz innym zagrożeniom. W aspekcie zagrożeń innych niż pożarowe zasadnym jest wspomnienie o wiodącej roli organów PSP w procesie przeciwdziałania poważnym awariom przemysłowym⁵, czyli obszarze objętym regulacjami Unii Europejskiej (dyrektywa SEVESO II).

Odnosząc się do misji i wizji działania należy mieć świadomość, iż zakres realizowanych działań nie jest jedynym punktem odniesienia w kontekście stosowanych w tym zakresie rozwiązań systemowych. Chociaż ewolucja następuje także w tym zakresie, żeby wspomnieć chociażby o nowych planowanych zadaniach ustawowych związanych z kontrolą nad gazami „cieplarnianymi”, to w sferze doskonalenia założeń strategicznych nie można zapominać

o nowych wyzwaniach związanych z rozwojem społeczno - gospodarczym, nowymi technologiami, czy zmianami klimatycznymi powodującymi wzrost zagrożenia klęskami żywiołowymi. Niestety należy również liczyć się ze wzrostem zagrożenia związanego z umyślną działalnością osób trzecich, co dla służb ratowniczych oznacza przede wszystkim konieczność przygotowania się do działań w warunkach zdarzeń o charakterze masowym.

Wnioski wynikające z systematycznych obserwacji, analiz, ocen i prognoz powyższych zjawisk ujmowane są w dokumentach strategicznych, które stanowią ważny punkt odniesienia w zakresie projektowania długofalowego rozwoju PSP i KSRG. Jako przykład w tym zakresie można wskazać opublikowany w 2009 r. przez Kancelarię Prezesa Rady Ministrów dokument „Polska 2030 Wyzwania Rozwojowe”⁶. Planując rozwój formacji, nie sposób pominąć zawarte tam informacje dotyczące chociażby perspektywy rozwoju infrastruktury transportowej (drogowej, kolejowej, lotniczej, wodnej), przewidywanych zmian w sektorze energetycznym, czy prognoz dotyczących sytuacji klimatycznej.

Czynnikiem, który należy brać pod uwagę w omawianym zakresie są również realia polityczno – finansowe, w których funkcjonuje nasza organizacja. W związku z tym część założeń wypracowywana jest na bieżąco, w krótkiej możliwej do relatywnie dokładnego przewidzenia perspektywie np. uwzględniającej cykle planowania budżetu. Do takich przedsięwzięć można zaliczyć m.in. realizowany na przestrzeni ostatnich czterech lat program modernizacji sprzętowej służby⁷, którego realizacja była możliwa głównie dzięki ustanowieniu przez władze specjalnego kilkuletniego planu programu obejmującego określone źródła finansowania. W podobnych kategoriach należy rozpatrywać środki na rozwój pochodzące z programów operacyjnych, zarówno te przeznaczane na inwestycje w środki trwałe (tzw. twarde) jak i w kapitał ludzki (tzw. miękkie), pozyskiwane w perspektywie finansowej 2007 – 2013.

Jak wspomniano już wcześniej, pomimo konieczności funkcjonowania w zmiennej, trudno przewidywalnej rzeczywistości, nie zaniedbuje się przedsięwzięć długo-

¹ Państwowa Straż Pożarna jest zawodową, umundurowaną i wyposażoną w specjalistyczny sprzęt formacją, przeznaczoną do walki z pożarami, klęskami żywiołowymi i innymi miejscowymi zagrożeniami. art. 1 Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej. Dz. U. 2009 r. Nr 12 poz. 68 z późn. zm.

² Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej. Dz. U. 2009 r. Nr 178 poz. 1380 z późn. zm.

³ Rozporządzenie MSWiA z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo – gaśniczego. Dz.U.2011.46.239

⁴ Rozporządzenie MSWiA z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów. Dz.U.2010.109.719

⁵ Zob. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. prawo ochrony środowiska. Dz.U.2008.25.150 z późn. zm.

⁶ Zob. Opracowanie zbiorowe: Polska 2030 Wyzwania Rozwojowe; Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, 2009r.; http://www.premier.gov.pl/rzad/polska_2030/, 31.10.2012

⁷ Ustawa z dnia 12 stycznia 2007 r. o ustanowieniu „Programu modernizacji Policji, Straży Granicznej, Państwowej Straży Pożarnej i Biura Ochrony Rządu w latach 2007-2011” Dz.U.2007.35.213 z późn. zm.

falowych, które mają stanowić odpowiedź na omówione powyżej wyzwania przyszłości. W tym kontekście decydującą rolę odgrywa działalność badawczo-rozwojowa. Oczywiście w miarę możliwości ze względu na ramy czasowe, wyniki badań (np. przeprowadzonych we wcześniejszych okresach czasu) powinny być wykorzystywane także w trakcie wspomnianych powyżej działań bieżących realizowanych w krótkich horyzontach czasowych. Przykładowo trudno podjąć się prawidłowego tworzenia przepisów prawa w obszarze ochrony przeciwpożarowej⁸ czy też wydawania pieniędzy budżetowych na zakup sprzętu ratowniczego, bez wykorzystania wyników badań (analiz) w zakresie rzeczywistych potrzeb. Generalnie ważne jest doprowadzenie do stanu, w którym odniesienia do wyników badań, będą stanowiły integralną i naturalną a przy tym w pełni racjonalną podstawę do podejmowania kluczowych decyzji przez wszystkie komórki organizacyjne i pionierzy jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej – operacyjnego, kontrolno rozpoznawczego, logistycznego, szkoleniowego, kadrowego i in.

Interdyscyplinarny obszar działania PSP a kompletowanie zespołów badawczych

Szczególne znaczenia nabiera sposób kompletowania zespołów naukowo-badawczych ze względu na rozległość obszaru merytorycznego PSP oraz jego interdyscyplinarność obejmującego m. in.:

1. Rozpoznawanie zagrożeń pożarowych i innych miejscowych zagrożeń;
2. Organizowanie i prowadzenie akcji ratowniczych w czasie pożarów, klęsk żywiołowych lub likwidacji miejscowych zagrożeń;
3. Wykonywanie pomocniczych specjalistycznych czynności ratowniczych w czasie klęsk żywiołowych lub likwidacji miejscowych zagrożeń przez inne służby ratownicze;
4. Kształcenie kadr dla potrzeb Państwowej Straży Pożarnej i innych jednostek ochrony przeciwpożarowej oraz powszechnego systemu ochrony ludności;
5. Nadzór nad przestrzeganiem przepisów przeciwpożarowych;
6. Prowadzenie prac naukowo-badawczych w zakresie ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony ludności;
7. Współdziałanie ze strażami pożarnymi i służbami ratowniczymi innych państw oraz ich organizacjami międzynarodowymi na podstawie wiążących Rzeczpospolitą Polską umów międzynarodowych oraz odrębnych przepisów.

Mając na uwadze powyższe zadania oraz ich specyfikę, w tym wspomnianą interdyscyplinarność, należy podkreślić, że niezbędne jest włączenie w ten proces oprócz jednostek PSP również innych środowisk naukowych i zawodowych, które istotnie wzbogacą wartość i podniosą użyteczność efektów końcowych projektów i programów naukowo-badawczych. W tym zakresie szczególnego znaczenia nabiera rozwijanie, dobrej już obecnie, współpracy jednostek naukowych PSP z innymi jednostkami naukowymi (instytutami i uczelniami), w tym Państwowymi Instytutami Badawczymi⁹ oraz Krajowymi Naukowymi Ośrodkami Wiodącymi¹⁰. Niezbędny jest również udział w tym procesie przemysłu, jako ogniwa wspomagającego przekładanie wyników badań na konkretne rozwiązania technologiczne. Wydaje się, że idea wspólnego rozwiązywania wieloaspektowego problemu uwidocznionego czy to przez zaistniałe zdarzenia niebezpieczne, czy przewidywanego do wystąpienia w związku z zachodzącymi zmianami społeczno-gospodarczymi, jest rozwiązaniem optymalnym. Tak też się dzieje w przypadku większości dużych projektów badawczych, gdzie „wielobranżowe” konsorcja są niemal standardem.

Sposób identyfikacji potrzeb i wytyczania kierunków naukowo-badawczych

W 2012¹¹ roku Krajowy System Ratowniczo-Gaśniczy obejmował 499 Jednostki Ratowniczo-Gaśniczej PSP, 30 Posterunków oraz 3875 Jednostek OSP. Jednostki ochrony przeciwpożarowej uczestniczyły w 457 988 zdarzeniach (pożarach, miejscowych zagrożeniach, fałszywych alarmach). Państwowa Straż Pożarna liczyła przeszło 32 000 etatów. W ramach działalności kontrolno-rozpoznawczej zrealizowała 52 584 kontrole obiektów oraz dokonała 11 048 odbiorów obiektów. Taka skala aktywności, a także ciągły rozwój cywilizacyjny stawiają przed formacją nowe wyzwania. Coraz częściej Komendant Główny PSP i Szef Obrony Cywilnej Kraju wykorzystuje wsparcie jednostek naukowych do przygotowania formacji i systemu ratowniczego do bieżących i przyszłych wyzwań. W tym celu przy Komendancie Głównym PSP działa Rada Naukowo-Techniczna. W skład Rady wchodzi 22 osoby reprezentujące komendy (główną, wojewódzkie, powiatowe), szkoły i jednostki naukowe PSP oraz ekspertów (aktualnie 1 osoba) spoza PSP, funkcjonujące w następującej strukturze:

1. Przewodniczący Rady - nadbryg. Marek Kowalski
Zastępca Komendanta Głównego PSP;
2. Wiceprzewodniczący Rady:

⁸ Zob. opis unikalnego podejścia do tworzenia przepisu prawa w art. nadbryg. Marka Kowalskiego: Rozporządzenie dla jednostek ochrony przeciwpożarowej, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, kwartalnik nr 2008/3, Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej, ISSN 18958443, Józefów

⁹ Zob. Rozdział 4 Państwowy Instytut Badawczy w Ustawie z dnia 30 kwietnia 2010 r. o instytutach badawczych; Dz.U.2010.96.618 z późn. zm.

¹⁰ Pozналиśmy jednostki flagowe polskiej nauki: <http://www.nauka.gov.pl/ministerstwo/aktualnosci/aktualnosci/artikul/pozналиśmy-jednostki-flagowe-polskiej-nauki/>; 12 lipca 2012.

¹¹ Biuletyn Informacyjny Państwowej Straży Pożarnej za rok 2011, Wydawnictwo WEMA, Warszawa 2012.

- 2.1. Komendant Rektor Szkoły Głównej Służby Pożarniczej,
- 2.2. nadbryg. Piotr Kwiatkowski Zastępca Komendanta Głównego PSP;
3. Sekretarz Rady Dyrektor Biura Rozpoznawania Zagrożeń KG PSP;
4. Członkowie Rady:
 - 4.1. Przedstawiciel Politechnika Koszalińska Wydział Mechaniczny Katedra Mechaniki Precyzyjnej;
 - 4.2. Komendanci wojewódzcy PSP:
 - 4.2.1. Łódzki Komendant Wojewódzki PSP,
 - 4.2.2. Mazowiecki Komendant Wojewódzki PSP,
 - 4.2.3. Kujawsko-Pomorski Komendant Wojewódzki PSP,
 - 4.2.4. Podlaski Komendant Wojewódzki PSP,
 - 4.2.5. Małopolski Komendant Wojewódzki PSP,
 - 4.2.6. Zachodniopomorski Komendant Wojewódzki PSP;
 - 4.3. Komendant Miejski PSP Miasta Stołecznego Warszawy;
 - 4.4. Komendanci Szkół PSP:
 - 4.4.1. Komendant Szkoły Aspirantów w Poznaniu,
 - 4.4.2. Komendant Centralnej Szkoły PSP w Częstochowie,
 - 4.4.3. Komendant Szkoły Aspirantów w Krakowie;
 - 4.5. Dyrektor Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej Państwowego Instytutu Badawczego;
 - 4.6. Dyrektorzy Biur KG PSP:
 - 4.6.1. Dyrektor Krajowego Centrum Koordynacji Ratownictwa i Ochrony Ludności KG PSP,
 - 4.6.2. Zastępca Dyrektora Biura Logistyki KG PSP,
 - 4.6.3. Dyrektor Biura Współpracy Międzynarodowej KG PSP,
 - 4.6.4. Dyrektor Biura ds. Ochrony Ludności i Obrony Cywilnej KG PSP,
 - 4.6.5. Dyrektor Biura Kadr i Organizacji KG PSP,
 - 4.6.6. Dyrektor Biura Szkolenia KG PSP.

Warto zwrócić uwagę na zapoczątkowany niedawno i rozwijany obecnie proces zapraszania do współpracy z Radą osób spoza struktur Państwowej Straży Pożarnej, który ma na celu wzbogacanie prowadzonych w jej ramach dyskusji o zagadnienia istotne w kontekście rozwoju ochrony przeciwpożarowej, a które na co dzień mogą nie być dostrzegane przez osoby pełniące służbę w jednostkach organizacyjnych PSP.

Jednym z ważniejszych zadań RNT KG PSP jest identyfikowanie kluczowych kierunków badawczo-rozwojowych istotnych dla bieżącego funkcjonowania i rozwoju PSP i KSR-G oraz rekomendowanie ich Komendantowi Głównemu. Identyfikacja i rekomendowanie kierunków

jest działaniem systemowym, wieloetapowym i cyklicznie powtarzanym. Cały proces odbywa się zgodnie z procedurą systemową¹² (system jakości ISO) i obejmuje: zapytanie kierowane do jednostek organizacyjnych PSP w celu zidentyfikowania najważniejszych problemów, analizę zgłoszonych problemów, kwalifikację do rozwiązania w trybie bieżącego (standardowego) działania jednostek organizacyjnych PSP lub w trybie zespołów eksperckich albo zespołów naukowo-badawczych, określenie priorytetów pod względem ważności i pilności za pomocą oceny punktowej i eksperckiej, konsolidację zagadnień w celu sformułowania problemów badawczych do rozwiązania w trybie projektów i programów badawczych, dyskusję Rady nad przedstawioną problematyką i rekomendację. Efektem końcowym pracy RNT KG PSP jest „Lista tematów rekomendowanych”.

Identyfikacja jest prowadzona raz w roku a lista priorytetowych problemów jest przekazywana szkołom i jednostkom naukowym nadzorowanym przez Komendanta Głównego PSP. Dzięki takiemu podejściu wymienione jednostki mogą w ramach działalności statutowej rozwiązywać problemy użyteczne dla służby, przyczyniając się w ten sposób do jej systematycznego wzmacniania.

Warto podkreślić, iż raz w roku Komendanci Szkół, Komendant-Rektor SGSP oraz Dyrektor CNBOP-PIB referują Przewodniczącemu i członkom Rady jaki jest stan realizacji problemów rekomendowanych przez RNT KG PSP.

W zakresie monitorowania efektów prac i projektów badawczych Rada wspomagana jest przez ekspertów PSP. Prowadzą oni działania związane z nadzorem ze strony gestora (zgłaszającego tematykę) projektów badawczych, czyli Komendanta Głównego PSP. Monitoring obejmuje postępy realizowanych prac oraz ich zgodności z oczekiwaniami użytkownika końcowego (PSP). W praktyce odbywa się to w ten sposób, że każdy projekt jest recenzowany i konsultowany przez przedstawiciela gestora, z właściwej merytorycznie jednostki organizacyjnej PSP i komórki organizacyjnej tej jednostki czyli tzw. „gospodarza” tematu.

Priorytetowe kierunki naukowo-badawcze na lata 2012 - 2020

Analizy potrzeb¹³ wynikających z praktyki z ostatnich siedmiu lat jednoznacznie wskazują na cztery priorytetowe kierunki prowadzenia badań naukowych i prac rozwojowych. Zaliczają się do nich:

1. Określenie modelu systemu ratowniczego, także w kontekście zarządzania nim, w perspektywie 10 – 15 lat. Zadaniem systemu ratowniczego jest zapewnienie skutecznej pomocy osobom zagrożonym

¹² Procedura P-20 Inicjowanie prac naukowo – badawczych w zakresie ochrony przeciwpożarowej, ochrony ludności i ratownictwa. KGSP. Warszawa 2007.

¹³ Protokoły z posiedzeń RNT KG PSP, materiały niepublikowane.

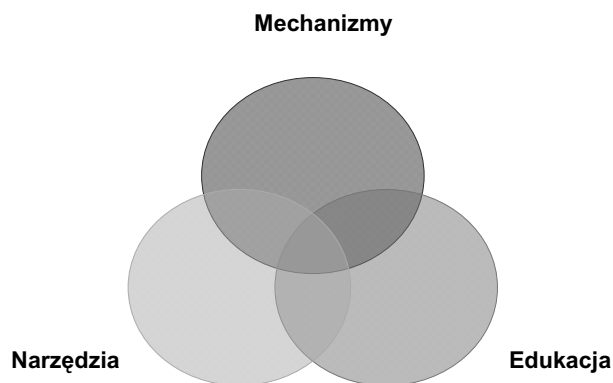
w czasie umożliwiającym przeżycie. Z kolei w odniesieniu do mienia i środowiska istotnym kryterium jest zareagowanie w możliwie najkrótszym czasie aby minimalizować straty. Ważnymi czynnikami wpływającymi na realizację wyżej zdefiniowanych celów są upływający czas (starzenie się) oraz rozwój cywilizacyjny naszego kraju. Wyraża się to m. in. poprzez: starzejące się technologie i infrastrukturę techniczną, powstawanie nowych technologii i nowej infrastruktury również w miejscach gdzie jej wcześniej nie było, zmieniającą się strukturę społeczno-zawodową i wiekową lokalnych społeczności, stan zamożności lokalnych społeczności, swobodny przepływ towarów i usług z zagranicy. Warto podkreślić, że skuteczny i sprawny system ratowniczy to system adekwatny do potrzeb czyli ewoluujący i niejednokrotnie nieznacznie wyprzedzający potrzeby. Z tego względu wymiernym efektem programu będzie uzyskanie wiedzy, rozwiązań technicznych, technologii oraz koncepcji działań legislacyjnych i organizacyjno-technicznych gwarantujących adekwatność systemu i rozsądne wyprzedzanie przez ten system potrzeb ratowniczych czyli ciągle utrzymywanie stałej gotowości do sprawnego i skutecznego reagowania.

2. Nawiązujące do wspomnianego już wcześniej dokumentu „Polska 2030 Wyzwania Rozwojowe”¹⁴, określenie modelu ochrony ludności w perspektywie do 2030 roku. Model ochrony ludności jest układem bardziej złożonym i skomplikowanym zarówno pod względem zadań jak i podmiotów, które powinny je realizować. Warto podkreślić, że ochrona ludności powinna uwzględniać możliwie najszerzy kontekst funkcjonowania naszego społeczeństwa począwszy od codziennych zagrożeń, poprzez sytuacje kryzysowe, katastrofy i klęski żywiołowe, a skończywszy na stanach nadzwyczajnych. Podobnie jak przy modelu systemu ratowniczego efektem programu będą rozwiązania techniczne, technologie, metodyki, standardy, rozwiązania legislacyjne i organizacyjno-techniczne.
3. Opracowanie systemu wsparcia poszkodowanych strażaków oraz ich rodzin. Celem programu będzie zapewnienie całościowej pomocy strażakom, którzy ulegli wypadkom w życiu zawodowym i życiu prywatnym oraz ich rodzinom. Obecnie pomoc ta sprowadza się głównie do psychologicznej interwencji kryzysowej. Istotą zaś programu będzie przeciwdziałanie społecznemu wykluczeniu tych osób poprzez wytworzenie m. in. rozwiązań legislacyjnych, finansowych i organizacyjno-technicznych umożliwiających: rehabilitację fizyczną i psychiczną strażaków oraz umożliwienie im ponownego podjęcia pracy w ramach służby (przy założeniu wykorzystania

kompetencji nabytych przed wypadkiem) dostosowanej do nabytej niepełnosprawności.

4. Opracowanie rozwiązań organizacyjno-technicznych mających na celu ochronę obiektów drewnianych o znaczeniu historycznym przed pożarami, a w razie powstania łagodzenie ich skutków oraz prowadzenie działań ratowniczych. Potrzeba realizacji niniejszego programu wynika z faktu, iż w razie wystąpienia pożaru w drewnianym obiekcie straty są nieodwracalne z uwagi na charakter rozwoju pożaru i niepowtarzalność obiektów historycznych. Kluczowym czynnikiem mającym wpływ na skuteczność działań gaśniczych jest przygotowanie obiektu, czyli wyposażenie w odpowiednie systemy wykrywania oraz gaszenia pożaru. Istotnym ograniczeniem w doborze systemów jest koszt zakupu i utrzymania oraz konieczność indywidualnego doboru środków gaśniczych i instalacji do specyfiki obiektu, aby same nie wyrządzały szkody dla obiektu i zgromadzonych w nim przedmiotów mających wartość historyczną. Nie można również pominąć alarmowania jednostek straży pożarnej, wyszkolenia, wyposażenia i czasu dojazdu do zdarzenia. Wymierne efekty programu będą obejmowały systemy wykrywania, alarmowania o pożarze i gaszenia oraz standardy i procedury doboru systemów i środków gaśniczych w oparciu o analizę ryzyka i analizę koszt efekt. Kolejnym wynikiem będą projekty procedur i standardów przygotowywania obiektów, zarządców tych obiektów, lokalnych społeczności i służb ratowniczych. Istotnym efektem będą również projekty zmian legislacyjnych zmierzających do lepszego chronienia tych obiektów oraz stworzenia mechanizmów dofinansowania przedsięwzięć zmierzających do podwyższania bezpieczeństwa pożarowego tych obiektów do akceptowalnego poziomu.

Realizacja każdego z wymienionych wyżej priorytetów opiera się na trzech współzależnych obszarach: mechanizmach, narzędziach, edukacji.



Ryc. 1. Koncepcja budowy współzależnych obszarów badawczych w ramach strategicznych programów badań naukowych i prac rozwojowych PSP

Fig. 1. Conception of building of interdependent research areas within a framework of SFS strategic development and research works.

¹⁴ Zob. Opracowanie zbiorowe: Polska 2030 Wyzwania Rozwojowe; Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, 2009r.; http://www.premier.gov.pl/rzad/polska_2030/, 31.10.2012.

Mechanizmy oznaczają stworzenie podstaw teoretycznych, formalno-prawnych i organizacyjnych do osiągnięcia celu głównego. W ramach tego filaru powstaną modele, projekty przepisów prawa, projekty procedur, zasad postępowania, standardów, norm itd. Wyniki projektów posiadać będą VI¹⁵ poziom gotowości technologicznej.

Narzędzia oznaczają dostarczenie konkretnych nowych, udoskonalonych i innowacyjnych rozwiązań technicznych, informatycznych, organizacyjnych, legislacyjnych. Wyniki projektów będą posiadać VII¹⁶ – IX¹⁷ poziom gotowości technologicznej.

Edukacja została wyodrębniona ze względu na jej istotność w aspekcie osiągnięcia celu głównego i obejmuje zarówno doskonalenie zawodowe, szkolenia, kształcenie i edukację powszechną kierowaną do społeczeństwa i adresowaną do konkretnych grup zawodowych, grup ryzyka, mieszkańców określonych terenów itd. Wyniki projektów będą osiągały IX poziom gotowości technologicznej.

Użyteczność wyników działalności badawczo-rozwojowej i sposób finansowania

Obecnie Komendant Główny PSP nadzoruje:

1. dwie jednostki naukowe: Szkołę Główną Służby Pożarniczej oraz Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej im. Józefa Tuliszkowskiego

¹⁵ Poziom VI - dokonano demonstracji prototypu lub modelu systemu albo podsystemu technologii w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Oznacza to, że przebadano reprezentatywny model lub prototyp systemu, który jest znacznie bardziej zaawansowany od badanego na poziomie V, w warunkach zbliżonych do rzeczywistych. Do badań na tym poziomie zalicza się badania prototypu w warunkach laboratoryjnych odwzorowujących z dużą wiernością warunki rzeczywiste lub w symulowanych warunkach operacyjnych. Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 4 stycznia 2011 r. w sprawie sposobu zarządzania przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju realizacją badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa, Dz.U.2011.18.91

¹⁶ Poziom VIII - zakończono badania i demonstrację ostatecznej formy technologii. Oznacza to, że potwierdzono, że docelowy poziom technologii został osiągnięty i technologia może być zastosowana w przewidywanych dla niej warunkach. Praktycznie poziom ten reprezentuje koniec demonstracji. Przykłady obejmują badania i ocenę systemów w celu potwierdzenia spełnienia założeń projektowych, włączając w to założenia odnoszące się do zabezpieczenia logistycznego i szkolenia. Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 4 stycznia 2011 r. w sprawie sposobu zarządzania przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju realizacją badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa, Dz.U.2011.18.91

¹⁷ Poziom IX - sprawdzenie technologii w warunkach rzeczywistych odniosło zamierzony efekt. Wskazuje to, że demonstrowana technologia jest już w ostatecznej formie i może zostać zaimplementowana w docelowym systemie. Między innymi dotyczy to wykorzystania opracowanych systemów w warunkach rzeczywistych. Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 4 stycznia 2011 r. w sprawie sposobu zarządzania przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju realizacją badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa, Dz.U.2011.18.91.

Państwowy Instytut Badawczy;

2. cztery szkoły PSP: Szkołę Aspirantów w Krakowie, Szkołę Aspirantów w Poznaniu, Centralną Szkołę PSP w Częstochowie, Szkołę Podoficerską PSP w Bydgoszczy.

SGSP jest uczelnią wyższą, której statutowym zadaniem jest kształcenie oraz prowadzenie działalności naukowo-badawczej na potrzeby PSP, ochrony przeciwpożarowej i ochrony ludności. Z kolei CNBOP-PIB jest instytutem badawczym koncentrującym się na działalności dopuszczeniowej i certyfikacji, normalizacji i standaryzacji, badaniach laboratoryjnych, a także na działalności badawczo-rozwojowej¹⁸ i szkoleniowej w obszarze ochrony przeciwpożarowej i ochrony ludności.

Obie jednostki naukowe coraz częściej wspierane przez szkoły PSP stanowią silne zaplecze i wsparcie naukowe Komendanta Głównego PSP. Warto dodać, że sprawdzoną praktyką jest włączanie do projektów naukowo-badawczych strażaków pełniących służbę w jednostkach ratowniczo-gaśniczych i komendach PSP, a także strażaków z dużym doświadczeniem operacyjnym będących na emeryturze. Dzięki takiemu podejściu minimalizowane jest ryzyko uzyskania efektu projektu niezgodnego z oczekiwaniami PSP i KSRG. Ponadto stosowaną zasadą przez jednostki naukowe PSP¹⁹ jest staranny dobór zespołów naukowo-badawczych i konsorcjantów tak aby do rozwiązywania problemów PSP i KSRG angażować czołowych przedstawicieli nauki, praktyki i przemysłu wraz z reprezentowanymi przez nich instytucjami, organizacjami i partnerami przemysłowymi.

Wymieniona działalność naukowo-badawcza w zależności od zakresu, pilności, ważności i kosztów jest realizowana w ramach:

1. Działalności statutowej jednostek naukowych PSP;
2. Projektów finansowanych ze środków krajowych i zagranicznych;
3. Przedsięwzięć zleconych przez Komendanta Głównego PSP i finansowanych ze środków przeznaczonych wyłącznie na cele ochrony przeciwpożarowej.

Obecnie przygotowane strategiczne programy badań naukowych i prac rozwojowych PSP będą finansowane, w przyszłości, przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

¹⁸ Szerzej w art. Opracowanym przez zespół pod kierunkiem: mł. bryg dr inż. Dariusza Wróblewskiego, w składzie: Jolanta Klimiuk, Marcin Leszczak, Daniel Małozieć, Joanna Rakowska, Marek Sulak, Zbigniew Sural, Jacek Świątnicki, Rafał Turkiewicz, Jacek Zboina: Strategia naukowo-badawcza Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowodziowej, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, kwartalnik CNBOP nr 2,3,4/2006, Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowodziowej, 2006.

¹⁹ Zob. Wróblewski D.: Rola i miejsce Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowodziowej w systemie bezpieczeństwa powszechnego, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, kwartalnik nr 01/2006, Wydawnictwo Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowodziowej, ISSN 18958443, Józefów nr 1/2006 str. 7.

Wnioski

Na zakończenie należy jeszcze podkreślić, że wyniki prac badawczych i naukowych są w coraz większym stopniu niż dotychczas wykorzystywane w celu wzmacniania realizacji misji, wizji i strategii działania systemu ochrony przeciwpożarowej i ochrony ludności. PSP w swojej działalności coraz częściej opiera się w procesie podejmowania decyzji na wynikach badań naukowych i prac rozwojowych obok tradycyjnie wykorzystywanej wiedzy praktycznej, doświadczenia zawodowego i intuicji. Dzieje się tak dzięki stałemu podnoszeniu jakości i użyteczności praktycznej wyników badań naukowych i prac rozwojowych. Mają na to istotny wpływ m.in. omówione wcześniej działania związane z nadzorem ze strony gestora (Komendanta Głównego PSP) zgłaszającego tematykę projektów badawczych oraz monitorującego postępy realizowanych projektów oraz ich zgodności ze zdefiniowanymi oczekiwaniami.

Mając jednak na uwadze ciągły proces doskonalenia i dopasowywania wyłania się pięć kluczowych zaleceń na przyszłość wskazanych poniżej:

1. Proces organizacji działalności badawczo-rozwojowej w strukturach Państwowej Straży Pożarnej nie jest rozwiązaniem doskonałym. Między innymi odczuwalny jest deficyt doświadczonych ekspertów, dysponujących odpowiednim zasobem czasu, którzy byliby zdolni poświęcić go na wspomaganie lub prowadzenie działalności badawczej i naukowej. Z tego względu należy poszukiwać metod ułatwienia udziału w projektach badawczych strażakom pełniącym służbę w jednostkach ratowniczo-gaśniczych PSP, komendach i ośrodkach szkolenia. Do najważniejszych korzyści wynikających z angażowania tych osób jest ich rozwój zawodowy, możliwość dodatkowej gratyfikacji finansowej (wyplaconej z projektu) oraz pozyskanie na rzecz projektu bieżącej aktualnej wiedzy praktycznej. Ponadto należy wzmacniać angażowanie ekspertów wywodzących się ze środowiska pożarniczego przebywających obecnie na zaopatrzeniu emerytalnym. Kluczową wartością jest ich doświadczenie praktyczne zdobyte na szczeblach zarządzania interwencyjnego, taktycznego i strategicznego zarówno podczas akcji ratowniczych jak i zarządzania organizacjami.
2. Obecnie w naszej formacji działalność badawczo-rozwojowa nadal nie jest w pełni efektywnie wykorzystywana, dlatego ważnym wyzwaniem jest kształtowanie odpowiedniej kultury organizacyjnej naszej formacji. Celem jest, bowiem, doprowadzenie do stanu, w którym działalność badawcza będzie integralnym elementem uwzględnianym w działalności komórek organizacyjnych i pionów Państwowej Straży Pożarnej – operacyjnego, kontrolno-rozpoznawczego, logistycznego, szkoleniowego, kadrowego i in.
3. Kolejnym priorytetem jest ciągle poszukiwanie nowych źródeł finansowania działalności badawczo-rozwojowej na rzecz PSP i ochrony ludności połączone z budowaniem możliwie najlepszych zespołów badawczych wynika to:
 - a. z konieczności wzmacniania i rozwijania zaplecza badawczego i naukowo-dydaktycznego, co wymaga ciągłego rozwoju kadry i ciągłej modernizacji/rozbudowy m.in. sprzętowej naszych jednostek naukowych i edukacyjnych,
 - b. istnienia rozległych potrzeb badawczych (liczby problemów wymagających rozwiązania za pomocą metod naukowych i przy pomocy interdyscyplinarnych zespołów badawczych) a także wysokich kosztów tychże badań; przykładowo w zakresie ochrony przeciwpożarowej szczególną użyteczność praktyczną mają testy pożarowe oraz inne badania realizowane w skali rzeczywistej; takie badania wymagają niejednokrotnie zaangażowania wielopodmiotowych konsorcjów naukowych, wykorzystywania zaawansowanych technologii oraz sprzętu pomiarowego i badawczego, a także bardzo wysokich kosztów; właśnie ta specyfika bezpieczeństwa powszechnego determinuje konieczność ciągłego poszukiwania nowych źródeł finansowania i ścisłej współpracy pomiędzy różnymi podmiotami w wymiarze międzynarodowym;
4. W przyszłości finansowanie działalności badawczo-rozwojowej z zewnętrznych źródeł (krajowych i zagranicznych) znacząco zdynamizuje rozwój formacji w zakresie stanowisk badawczych, zaplecza naukowo-dydaktycznego, pozyskiwania nowej wiedzy i rozwoju kadry. Z tego względu należy wzmocnić aktywność jednostek naukowych i edukacyjnych PSP w zakresie współdziałania, wyszukiwania i pozyskiwania zarówno środków krajowych jak i międzynarodowych²⁰. Niezależnie od powyższego należy podkreślić, że jednym z wariantów i tym samym możliwości finansowania działalności badawczo-rozwojowej na rzecz bezpieczeństwa powszechnego mogą być środki np. w ramach budżetu Państwowej Straży Pożarnej. Pozwoli to na ściślejszy nadzór i kontrolę uzyskiwanych efektów badawczych, których celem jest rozwiązywanie bieżących problemów ukierunkowanych na wysoką przydatność ich wyników w praktyce pożarniczej. W tym miejscu należy jednak podkreślić, że w obecnej sytuacji formalno-prawnej²¹ i finansowej (w tym kon-

²⁰ Przyszłym istotnym źródłem finansowania działalności badawczo-rozwojowej ze środków Unii Europejskiej będzie obecnie tworzony tzw. Horyzont 2020.

²¹ Zob. § 2 ust. 2. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 czerwca 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad rozdziału środków finansowych przeznaczonych wyłącznie na cele ochrony przeciwpożarowej. Dz.U.1999.53.564 z późn. zm.

strukcji budżetu PSP) będą miały wyłącznie charakter wspomagający.

5. Możliwie duże wykorzystanie potencjału naukowego i badawczego postrzega się jako jeden z głównych czynników gwarantujących wysoki poziom bezpieczeństwa społecznego.

Literatura

1. Ustawa z dnia 30 kwietnia 2010 r. o zasadach finansowania nauki Dz.U.2010.96.615 z późn. zm.;
2. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej. Dz. U. 2009 r. Nr 12 poz.68 z późn. zm.;
3. Decyzja Nr 1 Komendanta Głównego PSP z dnia 2 stycznia 2001 r. w sprawie powołania Rady Naukowo – Technicznej i nadania jej regulaminu. Dz.UrzkGPSP.2001.1.1 z późn. zm.;
4. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej. Dz. U. 2009 r. Nr 178 poz. 1380 z późn. zm.;
5. Rozporządzenie MSWiA z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo – gaśniczego. Dz.U.2011.46.239;
6. Rozporządzenie MSWiA z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów. Dz.U.2010.109.719;
7. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. prawo ochrony środowiska. Dz.U.2008.25.150 z późn. zm.;
8. Ustawa z dnia 12 stycznia 2007 r. o ustanowieniu „Programu modernizacji Policji, Straży Granicznej, Państwowej Straży Pożarnej i Biura Ochrony Rządu w latach 2007-2011” Dz.U.2007.35.213 z późn. zm.;
9. Kowalski M., *Rozporządzenie dla jednostek ochrony przeciwpożarowej*, BiTP nr 2008/3, CNBOP-PIB, Józefów 2008;
10. Ustawa z dnia 30 kwietnia 2010 r. o instytutach badawczych; Dz.U.2010.96.618 z późn. zm.;
11. Poznaliśmy jednostki flagowe polskiej nauki: <http://www.nauka.gov.pl/ministerstwo/aktualnosci/aktualnosci/artikel/poznalismy-jednostki-flagowe-polskiej-nauki/>; 12 lipca 2012;
12. Biuletyn Informacyjny Państwowej Straży Pożarnej za rok 2011, Wydawnictwo WEMA, Warszawa 2012;
13. Procedura P-20 Inicjowanie prac naukowo – badawczych w zakresie ochrony przeciwpożarowej, ochrony ludności i ratownictwa. KGSP. Warszawa 2007;
14. Protokoły z posiedzeń RNT KG PSP, materiały niepublikowane;
15. Opracowanie zbiorowe: Polska 2030 Wyzwania Rozwojowe; Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, 2009r.; http://www.premier.gov.pl/rzad/polska_2030/, 31.10.2012;
16. Rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 4 stycznia 2011 r. w sprawie sposobu zarządzania przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju realizacją badań naukowych lub prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa, Dz.U.2011.18.91;
17. *Strategia naukowo-badawcza Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowozarowej*, Opracował zespół pod kierunkiem: mł. bryg dr inż. Dariusza WRÓBLEWSKIEGO, w składzie: J. Klimiuk, M. Leszczak, D. Małozieć, J. Rakowska, M. Sulak, Z. Sural, J. Świetnicki, R. Turkiewicz, J. Zboina [w:], Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza, 2,3,4/2006, CNBOP, 2006;
18. Wróblewski D., *Rola i miejsce Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowozarowej w systemie bezpieczeństwa powszechnego*, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 01/2006, CNBOP, nr, Józefów 2006 str. 7;
19. Ustawa z dnia 30 kwietnia 2010 r. o Narodowym Centrum Badań i Rozwoju, Dz.U.2010.96.616 z późn. zm.;
20. Polityka Naukowa Państwa; Definicja; <http://www.nauka.gov.pl/nauka/polityka-naukowa-panstwa/program-foresight/definicja/>, 31.10.2012;
21. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 2 czerwca 1999 r. w sprawie szczegółowych zasad rozdziału środków finansowych przeznaczonych wyłącznie na cele ochrony przeciwpożarowej. Dz.U.1999.53.564 z późn. zm.;

nadbryg. Marek KOWALSKI

absolwent studiów magisterskich w Szkole Głównej Służby Pożarniczej (1997). Oficer Państwowej Straży Pożarnej. Pełnił służbę w Komendzie Wojewódzkiej PSP w Koszalinie, a następnie w Komendzie Wojewódzkiej PSP w Szczecinie na stanowisku Zachodniopomorskiego Komendanta Wojewódzkiego Państwowej Straży Pożarnej. Obecnie pełni służbę w Komendzie Głównej PSP i pełni funkcję Zastępcy Komendanta Głównego PSP.

mł. bryg. dr inż. Dariusz Wróblewski

w 1994 r. ukończył studia w Szkole Głównej Służby Pożarniczej. W 2001 r. obronił pracę doktorską o specjalności bezpieczeństwo państwa. Służbę rozpoczął w pionie liniowym SGSP. Stanowiska kierownicze zajmował od 2002 r. Najpierw w Centrum Edukacji Bezpieczeństwa Powszechnego, a następnie pełnił funkcję zastępcy dyrektora CNBOP ds. naukowo-badawczych. W maju 2009 r. został powołany na stanowisko dyrektora CNBOP.

bryg. dr inż. Paweł Janik

Absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej (studia magisterskie w latach 1988 - 1993) oraz Akademii Ekonomicznej w Poznaniu (studia doktoranckie w zakresie ubezpieczeń w latach 1995 – 2000). Ponadto absolwent studiów podyplomowych w Politechnice Łódzkiej (1994 – 1995) oraz Szkole Głównej Służby Pożarniczej (2001 – 2002) w zakresie informatyki oraz zarządzania kryzysowego. Od 1993 w służbie stałej w Państwowej Straży Pożarnej,

początkowo w Komendzie Rejonowej (1993 – 1994), a później w Komendzie Wojewódzkiej PSP w Koninie (1995). Od 1 września pracownik Biura Rozpoznawania Zagrożeń Komendy Głównej PSP. Od 1 września 2007 r. dyrektor wspomnianego Biura.

Specjalista w zakresie rozpoznawania i analizowania zagrożeń, w tym związanych z kontrolą działań w ob-

szarze przeciwdziałania poważnym awariom przemysłowym (Dyrektywa SEVESO II). Od 2006 r. przedstawiciel KGPPS w działającym przy Komisji Europejskiej Komitecie Kompetentnych Władz ds. Wdrażania Dyrektywy SEVESO II. Autor kilkudziesięciu publikacji dotyczących rozpoznawania, analizowania, oceny i zapobiegania zagrożeniom.

Prof. Dr.-Ing. **Rainer KOCH**
 Dipl.-Inf. **Christina Schäfer**
 University of Paderborn
 Institute for Fire Service and Rescue Technology

EMERGENCY MANAGEMENT IN THE SCOPE OF RESEARCH

Zarządzanie kryzysowe w świetle badań

Summary

Research on IT-application in the domain of public safety and security is none of the traditional research areas in the field of emergency and disaster management. The availability of mobile and ruggedized computing equipment has been the enabler for these researches. C.I.K. focuses on user-integrated research in this context. Since 2007 specific funding schemes on European and national levels have been existing.

Streszczenie

Badania aplikacji IT w dziedzinie bezpieczeństwa publicznego nie były do tej pory tradycyjnymi obszarami badawczymi w zakresie np. Zarządzania kryzysowego. Dostępność mobilnego i wstrząsoodpornego sprzętu komputerowego była bodźcem dla rozwoju tych badań. W tym kontekście CIK (Computer Application and Integration in Design and Planning) skupia się na badaniach dotyczących użytkownika końcowego. Od roku 2007 istnieją specjalne schematy finansowania zarówno na poziomie krajowym jak i międzynarodowym (UE).

Keywords: research in public safety and security, end user driven approach;

Słowa kluczowe: badania w dziedzinie bezpieczeństwa publicznego, bezpieczeństwo i ochrona, orientacja na użytkownika końcowego;

Introduction

First co-operated research activities of the Fire Department Dortmund (FDDO) and the re-search group “Computer Application and Integration in Design and Planning (C.I.K.)” started in 2000 within a project on tunnel fires. The first draft of the proposal was done from a researches perspective, relevant end user oriented aspects and results were achieved by the participation of FDDO and C.I.K. Three additional corporate projects were successfully launched before researches on civil safety and security have been focused in European and national funding. Within all the numerous projects C.I.K. is the interface and coordinator between civil rescue organisations, transportation service providers, additional end user groups and other project partners. As a consequence now C.I.K. is one of the leading German institutes in this context. The grown expertise is the basis for new concepts, systems and technologies in the context of emergency planning, coordination support, training and decision support.

The C.I.K. is an interdisciplinary research group. One of the specific competencies is the analysis of end user requirements in close cooperation with stakeholders based on a broad and detailed knowledge of processes in public safety and security. Here the research is focused on the

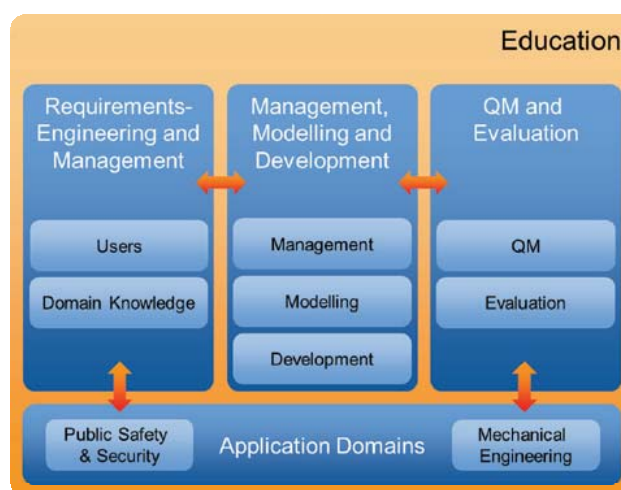


Figure 1. Research areas and interdependencies

adaption and improvement of actual requirement engineering methods. In addition research priorities are the application of software engineering methods from conceptual design to implementation of information systems. Finally a continuous evaluation of research results and quality management in the field of product development focused on usability of software solutions is core part of the C.I.K. work (see Figure 1).

The end user focused approach even finds its way in the university education. Base is a long-term experiences and results related to the research activities in the field of public safety and security. In close cooperation with FDDO lectures and tutorials (see Figure 2) were created together with the head of FDDO, Dirk Aschenbrenner. This provides students from mechanical and industrial engineering and information technologies access to this field and attracts the next generation of researchers. The figure shows the content of the lectures “Emergency Response and Disaster-management” (light grey) and “Information-management for Public Safe-ty and Security” (grey) and the linkage between them.

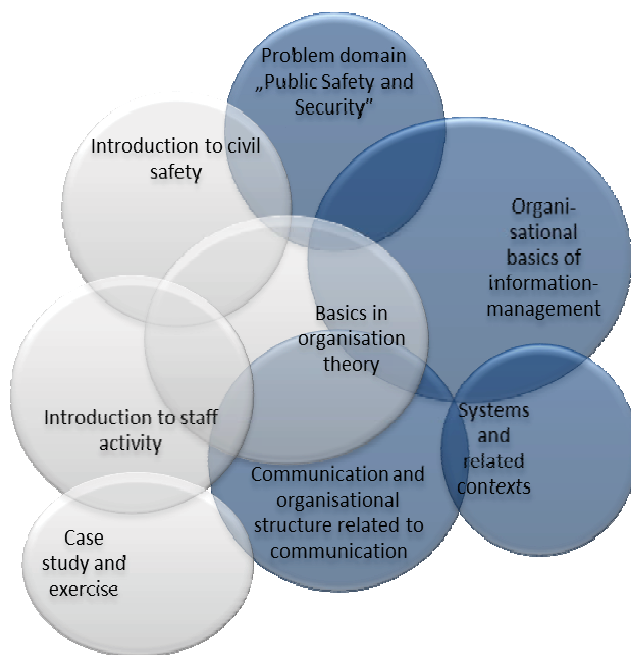


Figure 2. Content of cooperated lectures

Research Activities (Examples)

C.I.K. is involved in European and National funded projects with various core themes. In national funded projects C.I.K. fulfill both roles to participate in and also to coordinate a project. Overall C.I.K. takes part in 17 research projects with a scope on public safety and security. The following figure shows the content direction of C.I.K which includes simulation as well as tactical information advices.

Besides the content-wise positioning of the research group, supporting all stages of disaster management - prevention, preparation, response and recovery - is an important aspect. Decreasing the likelihood for the occurrence of a crisis during the prevention, useful training and planning to be prepared for a potential incident, effective actions to resolve the crisis and at least a standardised process to get a stable state are here relevant topics. C.I.K. projects cover all stages to achieve an overall improvement. Some examples are given in Figure 4 and described further on in detail.

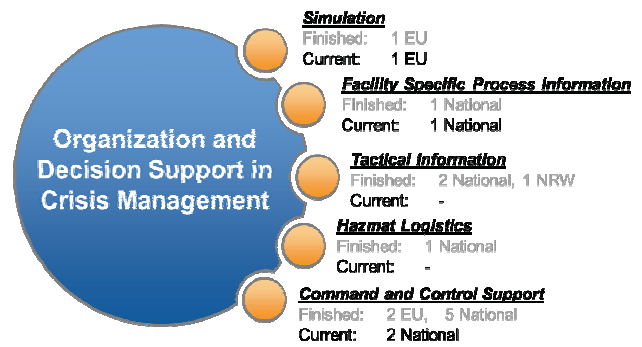


Figure 3. Content-wise order of C.I.K. projects

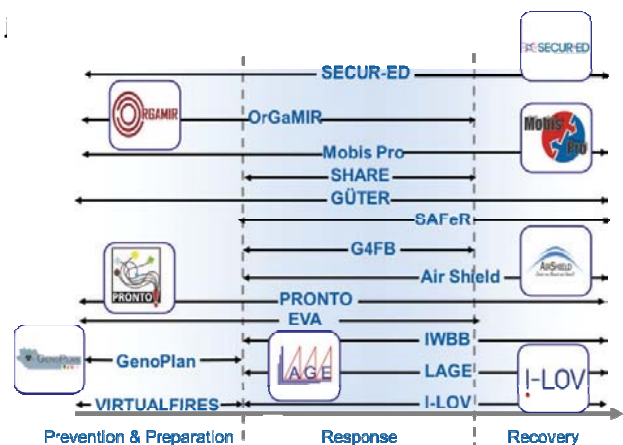


Figure 4. C.I.K. projects related to the crisis management cycle

Prevention and Response.

Research in public safety and security is often scenario-based. E.g. the main objectives of the projects OrGaMIR and OrGaMIRPLUS are an evaluation of the present and expected contamination of underground systems with smoke or hazardous substances by means of substance detection. Based on the calculation of the spread of such gaseous substances the specific distribution of consolidated context and organisation-specific information will be provided to affected passengers and all organisations involved, like subway operators, fire brigades, safety staff and train drivers. Figure 5 shows the demonstrator of the OrGaMIR-project.



Figure 5. OrGaMIR demonstrator



Figure 6. process of OrGaMIR scenario (view of affected stations)

Pedestrians in underground systems have less than 10 minutes to get out of the station before the situation becomes severe. Therefore it is important to direct them their way out as fast as possible. The main challenge is to achieve a reliable prognosis of the smoke and gas spreading within 30 seconds and furthermore dynamic escape routes for each pedestrian [1.]. See Figure 6 to get an overview about the fast development of OrGaMIR scenario. C.I.K. aims of OrGaMIR+ are the including of human factors in the calculation of dynamic escape routes and the designing of new actuator approaches to guide pedestrians out of the involved station. The importance of taking the individual pedestrian into account is shown in [2.]

Preparation and Response

The development of an event-driven system support command and control in emergency and rescue operations was one of the main tasks of the project PRONTO. Figure 7 and 8 show different perspectives of the PRONTO demonstrator.

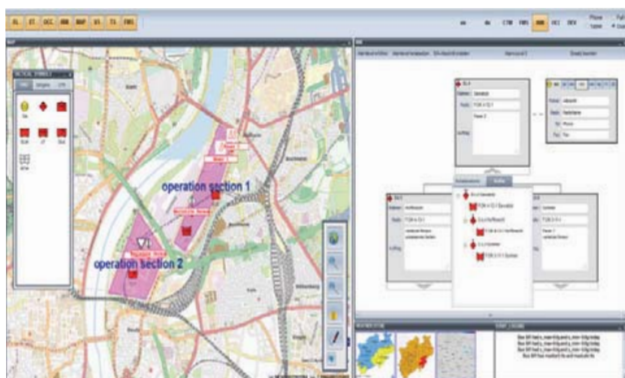


Figure 7. PRONTO Demonstrator [4]

The detection and fusion of information in an event-driven information management improves the configuration of common operational pictures of actual and upcoming situations. By this the amount of manual input is reduced and different command levels are supported. [3.]

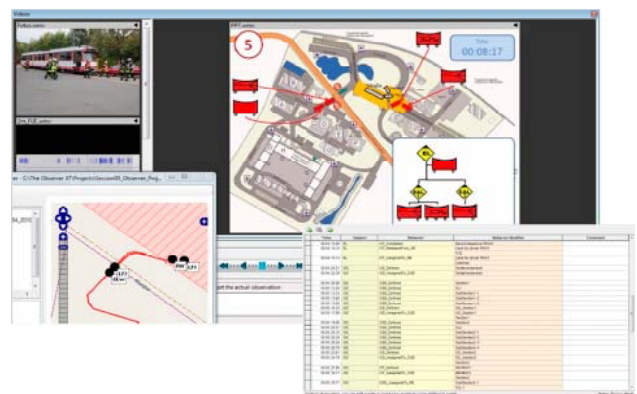


Figure 8. PRONTO Demonstrator¹ [5]

Recovery

Another scenario is addressed by the project I-LOV. It aims to ensure the safety of rescue forces and victims at all times during natural or man-made catastrophes. Main target is timely rescue of people who have been trapped or buried under rubble. The project covers all relevant key aspects and challenges in terms of social conditions, emergency medicine, intervention psychology, law and new technologies.

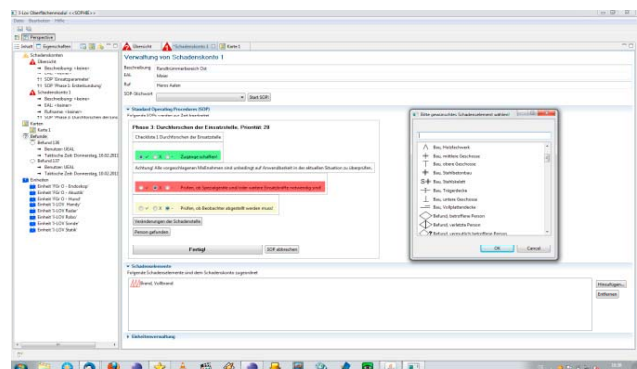


Figure 9. I-LOV demonstrator

¹ Using The Observer® XT with GeoViewer™ plugin provided by Noldus Information Technology BV. Source of map extract: URL <http://www.idf.nrw.de/ausbildung/einrichtungen/aussengelaende/aussengelaende.php>

The contribution of C.I.K. is the development of an IT support to provide dynamic, context-specific standard operation procedures for the necessary location and rescue tasks.

Conclusion

End user driven researches in the domain of public safety and security are highly interdisciplinary and demanding. They require close cooperation with end users and have to consider the mentioned and moreover further conditions. The key success factors are:

- Wide spread and detailed knowledge of operating situations and end user perspective,
- Definition of the required results and the methodology from the end users perspective point, e. g. in close cooperation during the definition phase,
- Development of information systems to obtain first action recommendations based on few known parameters, avoiding scientifically complex solutions with an extensive parameter definition and response time, which would be in contrast to fast response required during operations,
- A continuous evaluation and involvement of end users in the implementation process to achieve highly usable systems.

On the other hand possible risks like data losses and inconsistencies of IT-systems may interfere with on-going operations. For this reason IT-systems can be seen as a critical infrastructure. As a consequence off-line modes and even conventional procedures without IT support have to be provided as back-up solutions.

References

1. Plaß M., Koch R., *Providing dynamic escape routes to support self rescue in subway systems*,. In: Tagungsband der Future Security - 5th Security Research Conference Berlin. Stuttgart: Fraunhofer Verlag, S. 298–302, 2010;
2. Plaß M., Schäfer C., *Rahmenbedingungen für Informationssysteme im Kontext der nicht-polizeilichen Gefahrenabwehr*, In: Engels, Gregor; Luckey, Markus; Pretschner, Alexander; Reussner, Ralf (Hg.): Proceedings 160 Software Engineering 2010 – Workshopband (inkl. Doktoranden-symposium). Zur Tagung 22.-26. Februar 2010 Paderborn. 1., Auflage. Bonn: Köllen, S. 387–395, 2010;
3. Pottebaum J., Artikis A., Marterer R., Paliouras G., Koch R., *Event definition for the application of event processing to intelligent resource management*,. Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference, Lisbon, Portugal, 2011;
4. Marterer R., Moi M., Koch R., *An architecture for distributed, event-driven systems to collect and analyze data in emergency operations and training exercises*. In (L. Rothkrantz, J. Ristvej and Z. Franco, eds.): Proceedings of the 9th International ISCRAM Conference, Vancouver, Canada, 2012;
5. Pottebaum J., *Optimierung des einsatzbezogenen Lernens durch Wissensidentifikation*, (english: “Optimisation of application oriented learning by knowledge identification”). Dissertation, University of Paderborn. MV-Verlag, Münster, Germany, 2012.

Prof. Dr.-Ing. Rainer Koch,

received his Dipl.-Ing. Maschinenbau (mech. Engineering) degree at Ruhr-Universität Bochum in 1978 and his Dr.-Ing. (Ph. D.) at RWTH Aachen in 1985. Since 1989 he is full Professor at the University Paderborn, Faculty of Mechanical Engineering, Research Group “Computer Application and Integration in Design and Planning” (C.I.K.). In 2000 he initiated a specific research focus on public safety and security. Moreover he has long time experience in firefighting, as a volunteer silver-level fire officer of the Fire Department Dortmund. Additionally R. Koch is appointed management consultant for the Fire Department Dortmund and Scientific director of the Institute for Fire Service and Rescue Technology.

Dipl.-Inf. Christina Schäfer

received her diploma in computer science at the University of Paderborn in 2009. She is a research assistant of Prof. Dr.-Ing. Koch since her graduation and made excellent contributions to the Projects OrGaMIR, OrGaMIR+ and AirShield (all funded by the Federal Ministry of Education and Research) in the area of safety and security research.

dr inż. **Zbigniew CIEKANOWSKI**
Akademia Obrony Narodowej

ISTOTA ZARZĄDZANIA ZASOBAMI LUDZKIMI

The essence of human resources management

Streszczenie

W niniejszym opracowaniu omówiono zagadnienia, jakie muszą być spełnione, aby przy pełnym zaangażowaniu i pracy zatrudnionych ludzi, przedsiębiorstwo osiągnęło sukces. Efekt taki jest możliwy tylko wtedy, gdy odpowiedni ludzie znajdują się na odpowiednich stanowiskach.

Funkcjonowanie przedsiębiorstwa w zasadniczym stopniu zależy od sposobu planowania zatrudnienia, a wpływ na nie mają wewnętrzne i zewnętrzne czynniki determinujące jego wielkość i strukturę.

Rekrutacja jest zadaniem organizatorskim, mającym na celu zatrudnienie pracowników najbardziej odpowiednich, jeśli chodzi o ich kwalifikacje i cechy osobowościowe. Wyszukiwanie kandydatów do pracy w ilości i stanie kwalifikacyjnym, zgodnym z planem zatrudnienia jest celem naboru. Pracowników o stosownych kompetencjach Można poszukiwać wewnątrz organizacji lub na zewnątrz. Szkolenia nie tylko przygotowują nowych pracowników do pracy, ale poprawiają efektywność działania pozostałych. Zazwyczaj szkolenia odbywają się dwuetapowo: przygotowanie teoretyczne – poza miejscem pracy i praktyczne – na stanowiskach pracy.

Każda organizacja ma własny system oddziaływań na swoich pracowników, którego celem jest zachęcanie ich do podejmowania korzystnych zachowań na rzecz firmy a unikania niekorzystnych. Największe znaczenie w systemie motywowania odgrywa wynagrodzenie.

Formy płac są uzależnione od ilości i efektów pracy, a zakres ich stosowania ulega ciągłej zmianie. Najczęściej spotykane formy wynagradzania to: elementarne formy płac- dotyczą one wynagrodzenia zasadniczego; formy płac uzupełniających np. premie i płace zadaniowe. Umiejętne zarządzanie pracą i płacą jest sposobem na realizację wspólnego dążenia ludzi i organizacji do zbieżnych ze sobą celów.

Summary

In this study were discussed all the issues necessary for the company to achieve success at full involvement of the staff employed. This goal can only be achieved if the properly qualified employees occupy suitable posts. The functioning of a company largely depends on the employment policy dependable on internal and external factors which determine its size and structure. A recruitment process is an organizational task with a view to employing the most suitable workers considering their personal qualities and professional skills. The search for candidates according to a required quantity and required qualifications is the goal of recruitment. The search for suitable candidates may involve an area inside or outside the company. Professional trainings not only prepare new workers for performance of their duties but also have impact on better work performance of others. Professional trainings are usually carried out in two phases; theoretical preparation which takes place outside the company and practical on-the-job training. Each company has its own system of impact upon their workers in order to encourage them to adopt positive attitude towards the company and avoid the negative one. Remuneration plays the biggest role in the employee motivation system. The forms of remuneration depend on the amount of work done and the effects of work and their scope is subject to constant changes. The most frequent forms of remuneration are; elementary- they refer to basic salaries and supplementary remunerations such as bonuses and performance bonuses. Skilful management of work and salary is a good way to involve common aspirations of employees and a company to concurrent goals.

Keywords: management, planning, bonus awarding, recruitment, evaluation, motivation;

Słowa kluczowe: zarządzanie, planowanie, premiowanie, rekrutacja, ocenianie, motywowanie;

Wstęp

Zarządzanie zasobami ludzkimi jest to zbiór działań dotyczących ludzi, które zmierzają do realizowania celów organizacji i równocześnie do zaspokajania potrzeb i do rozwoju pracowników.

Celem zarządzania kadrami jest doprowadzenie do tego, aby przedsiębiorstwo osiągnęło sukces, dzięki zaangażowaniu się i pracy zatrudnionych w niej pracowników. Inaczej mówiąc, to działania związane z działalnością organizacji (pozyskiwaniem pracowników, ich rozlokowaniem, motywowaniem), które mają kluczowe znaczenie dla przetrwania organizacji i rozwoju. Odpowiednie działania dotyczące zatrudniania i zatrudnionych w organizacji pracowników powodują rozwój ich kreatywności i zaangażowania się, co sprzyja uzyskaniu wyższej efektywności organizacji. Właściwa kadra pracownicza jest podstawowym czynnikiem kształtującym organizację. Kadra pracownicza stwarza unikatowy i wręcz niemożliwy do skopiowania zakres cech przedsiębiorstwa.

Zarządzanie kadrami obejmuje:

- analizę zasobów ludzkich - są to działania związane z badaniem oraz oceną sytuacji kadrowej w przedsiębiorstwie, które opierają się na sytuacji wewnętrznej oraz zewnętrznej firmy w celu dostarczenia kierownictwu przydatnych informacji pomocnych w podejmowaniu decyzji;
- planowanie kadr - to działania polegające na ustaleniu struktury zatrudnienia pod względem ilościowym i jakościowym poprzez utworzenie planów strategicznych i operacyjnych;
- dobór i adaptacja pracowników - to pozyskiwanie pracowników oraz przystosowywanie ich do warunków pracy;
- kierowanie pracą - to działania kierowników polegające między innymi na planowaniu i organizowaniu pracy, przydzielaniu zadań oraz kontroli pracowników;
- ocenianie - to okresowe oraz bieżące oceny pracowników i kierowników działów, wykorzystywane następnie w analizie i wyznaczaniu potrzeb szkoleniowych, motywowania czy też dotyczące zwolnień;
- motywowanie - polega na ustalaniu odpowiednich struktur wynagrodzeń i pozapłacowych środków motywowania zatrudnionych pracowników;
- rozwój - to działania umożliwiające pracownikom i kierownikom poszerzanie wiedzy i kwalifikacji poprzez szkolenia i inne zaprojektowane sposoby rozwoju;
- kształtowanie warunków pracy i stosunek pracy;
- controlling personalny - to działania związane z koordynacją i kontrolą realizacji planów, które umożliwiają odpowiedni czas reakcji na niepoprawne sytuacje zachodzące w kadrach.

Podmioty zarządzania kadrami (kto ma wpływ na zarządzanie kadrami)

Wewnętrzny wpływ:

- kierownik (menedżer);
- wyspecjalizowana komórka kadrowa (dział kadr);
- przedstawicielstwo załogi (np. Związki zawodowe, samorząd pracowniczy, rada pracownicza, wyłanianą związki zawodowe, jeżeli nie ma to organizuje się wybory; rada pracownicza ma większe prawa (siłę) niż związki zawodowe);
- organy kontroli (np. audytorzy, rewident zakładowy);
- akcjonariusze, rada nadzorcza.
- Zewnętrzny wpływ:
- Instytucje ustawodawcze i moderujące (Sejm, Senat, Prezydent);
- Instytucje kontrolno – porządkowe (Państwowa Inspekcja Pracy, Sanepid);
- Banki, organizacje finansowe i ubezpieczeniowe, Urzędy Skarbowe;
- Instytucje kształcące – szkoleniowo – doradcze;
- Jednostki władzy państwowej i samorządowej (Rząd, wojewoda, rada gminy, starosta, wójt, rada powiatu, sejmik wojewódzki);
- Media (radio, prasa, telewizja);
- Organizacje gospodarcze (konkurenci, Narodowy, Fundusz Inwestycyjny).

Realizując działania dotyczące zarządzania kadrami wykorzystuje się wiele technik oraz metod z zakresu zarządzania, socjologii pracy, czy też psychologii społecznej. Niezbędne są również specjalnie opracowane systemy operacyjne i narzędzia odpowiednio dostosowane do warunków, a także wielkości przedsiębiorstwa. Zarządzanie kadrami jest to proces bardzo złożony, tworzy sieć wzajemnie powiązanych elementów, które w warunkach rzeczywistych wzajemnie się przeplatają. Dlatego niezbędne jest zaangażowanie się głównych podmiotów przedsiębiorstwa, do których należą: menadżer personalny, menadżerowie liniowi, naczelne kierownictwo, a także związki zawodowe¹

Planowanie zatrudnienia jest procesem ciągłym, będącym konsekwencją przyjętych celów działalności, strukturalnych i funkcjonalnych form ich realizacji oraz zastosowanej strategii zarządzania, uwzględniającej relację organizacji z otoczeniem w długim okresie czasu. W planowaniu kadr należy konfrontować bieżące potrzeby i stan kadrowy z potrzebami perspektywicznymi oraz stan zatrudnienia z sytuacją w otoczeniu, która okresowo wymagać może zwiększenia lub zmniejszenia liczby zatrudnionych w organizacji.

J.A.F. Stoner i Ch. Wankel wskazują na cztery podstawowe etapy planowania zasobów ludzkich:

1. planowanie dla zaspokojenia przyszłych potrzeb, określające liczbę, poziom i rodzaj kwalifikacji pracowników;

¹ Zarządzanie Kadrami pod redakcją Tadeusza Listwana, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego, Wrocław 2000

2. planowanie dla zapewnienia równowagi przyszłości, przewidujące rozmiar ubytku aktualnych zasobów ludzkich, jaki z różnych powodów może nastąpić w okresie objętym planowaniem;
3. planowanie rekrutacji i doboru lub redukcji, czyli określenie sposobu osiągnięcia przez organizację pożądanego w przyszłości stanu zatrudnienia;
4. planowanie doskonalenia, określające sposoby podnoszenia jakości zasobów ludzkich, którymi organizacja już dysponuje.

1. Instrumenty kadrowe

Instrumenty kadrowe są to elementy wchodzące w skład procesu kadrowego:

- planowanie zasobów ludzkich (zatrudnienia);
- nabór kandydatów do pracy;
- wprowadzanie nowo przyjętych do pracy;
- motywowanie;
- szkolenie i doskonalenie zawodowe pracowników;
- ocenienie efektywności pracy;
- awansowanie, przenoszenie, degradowanie i zwalnianie z pracy.

Właściwemu kształtowaniu zasobów ludzkich służy proces kadrowy, który należy rozumieć jako usystematyzowaną procedurę służącą zapewnieniu pozyskania właściwych ludzi na poszczególne stanowiska pracy we właściwym czasie.

Proces kadrowy powinien być sterowany i kontrolowany przez zarząd przedsiębiorstwa (a w szczególności przez członka zarządu ds. kadrowych – ang. personal manager), natomiast jego realizacja powinna być prowadzona przez komórkę kadrowo-płacową oraz (w niezbędnym zakresie funkcjonalnym) przez kierowników poszczególnych komórek / jednostek organizacyjnych.

2. Planowanie zasobów ludzkich

Planowanie zasobów ludzkich, czyli wielkości i struktury zatrudnienia, jest bardzo istotnym problemem, gdyż generuje ono powstawanie bardzo ważnej wielkości zasobowej, od której w zasadniczym stopniu zależy funkcjonowanie i przyszłość przedsiębiorstwa. Dlatego też działania podejmowane w tym obszarze problemowym powinny być zawsze starannie przemyślane, przygotowane i realizowane.

Sposób planowania zatrudnienia zależy od kształtowania się czynników determinujących jego wielkość i strukturę. Czynniki te można podzielić na grupę czynników wewnętrznych oraz grupę czynników zewnętrznych.

Do grupy czynników wewnętrznych zalicza się:

- czynniki techniczno-technologiczne – np. takie, jak: wielkość i struktura produkcji, stopień i poziom technicznego wyposażenia pracy i inne;
- czynniki organizacyjne – czyli związane z przyjętym podziałem pracy, strukturą organizacji procesów produkcji i obsługi itp.;
- czynniki ekonomiczne – są to głównie przyjęte zasady wynagradzania pracowników i przyznawania im świadczeń pozapłacowych;
- czynniki socjalne – to takie, które określają warunki

pracy oraz wpływ na zdrowie i samopoczucie pracowników.

Do grupy czynników zewnętrznych zalicza się:

- sytuację na rynku pracy – czyli wpływającą na możliwości negocjowania poziomu wynagrodzeń, dyscyplinę pracy i fluktuację kadr;
- postawy społeczne – przejawiające się w stosunku pracowników do wykonywanej pracy;
- politykę socjalną państwa (lub jej brak) – czyli stopień interwencjonizmu

Planowanie wielkości i struktury zatrudnienia wiąże się zasadniczo z planowaniem działalności przedsiębiorstwa. Powinno być ono realizowane odrębnie w poszczególnych grupach kwalifikacyjnych. Zatrudnienie należy planować w takiej wielkości i strukturze, które zapewnią skuteczne osiągnięcie zamierzonych celów przedsiębiorstwa. Trzeba przy tym jednak unikać przerostów zatrudnienia, gdyż obniża to wydajność pracy i generuje wśród pracowników postawy pasywne.

Nie ma jednak uniwersalnej metody planowania zatrudnienia; wybór metody najwłaściwszej w danych warunkach zależy od specyfiki procesu produkcyjnego oraz od rodzaju wykonywanych prac (m.in. część prac wymaga zatrudnienia określanego nadrzędnymi przepisami BHP), a także od stopnia mechanizacji stanowisk pracy oraz od poziomu wykształcenia i kompetencji zawodowych pracowników. Stosunkowo najłatwiej można planować zatrudnienie dla grupy robotników, posługując się przy tym normami pracochłonności poszczególnych operacji produkcyjnych. Liczbę pracowników wykonujących prace normowane powinno się przy tym określać odrębnie dla każdej grupy stanowisk pracy oraz dla każdej grupy zawodowej, z uwzględnieniem możliwych różnic kwalifikacyjnych.

Podstawą planowania liczb robotników zatrudnionych przy pracach normowanych, są następujące dane:

- ilościowo – asortymentowy plan produkcji;
- normy czasu pracy według operacji technologicznych;
- statystyka wykonywania norm czasu pracy w ubiegłych okresach.

Do planowania liczby robotników zatrudnionych przy pracach nienormowanych (np. aparaturowych), a także pracowników na stanowiskach robotniczych w wydziałach produkcji pomocniczej wykorzystuje się następujące dane:

- liczbę stanowisk pracy;
- normy obsad stanowisk pracy, wyrażane liczbą robotników niezbędnych do normalnej obsługi danego stanowiska (lub grupy stanowisk);
- wskaźnik zmianowości dla danej grupy stanowisk pracy;
- wskaźnik wykorzystania nominalnego czasu pracy.

Stosunkowo najłatwiejsze jest planowanie zatrudnienia dla produkcji powtarzalnej. Znacznie trudniejsze i przez to na ogół mniej trafne, jest jego planowanie dla produkcji niepowtarzalnej. W takich przypadkach mogą

być pomocne metody specjalne, oparte na planowaniu sieciowym przebiegu danego procesu produkcyjnego – wówczas zatrudnienie można dopasowywać do potrzeb poszczególnych, kolejnych faz tego procesu.

Odrębnym i znacznie trudniejszym zagadnieniem jest określenie pożądanego stanu liczbowego i poziomu kwalifikacyjnego pracowników inżynieryjno-technicznych, pracowników komórek funkcjonalnych (w tym sztabowych) oraz pracowników administracyjno-biurowych. Wykonują oni prace nienormowane i stąd na ogół nie można opierać się na rozmiarach i charakterystyce przydzielanych im zadań. Istotnie pomocne może być w takich przypadkach uwzględnianie takich czynników organizacyjnych, jak: obciążenie pracą związane z rozpiętością kierowania na danym stanowisku, stopień decentralizacji uprawnień zarządczych, stan wyposażenia technicznego pracy i inne. Niekiedy także i na tym obszarze planowania zatrudnienia stosowane są wskaźniki normatywne, ale ich realna przydatność jest raczej niewielka. Natomiast bardzo pomocne mogą być tzw. wzorcowe opisy stanowisk, precyzujące zakres i ilość pracy przewidywanej do wykonania na określonym stanowisku pracy.²

3. Rekrutacja pracowników

Funkcje organizatorskie w zakresie gospodarowania zasobami ludzkimi skoncentrowane są na ogół w komórce funkcjonalnej, jaką jest dział spraw osobowych lub dział kadr. W związku ze wspomnianym wcześniej znacznym wzrostem znaczenia problematyki kadrowej we współczesnych organizacjach istotnym zmianom ulega także rola i zakres zadań tej komórki organizacyjnej. Z mało znaczącej komórki pełniącej wyłącznie funkcje organizacyjne, w wielu organizacjach komórka ta przekształcona została w sztab naczelnego kierownictwa, skupiający wysoko kwalifikowanych fachowców stosujących wyrafinowane analizy kadrowe i projektujących różnorakie zamierzenia mające na celu zwiększenie efektywności potencjału ludzkiego w organizacji. Konkurencyjnym rozwiązaniem jest pozostawienie zadań administracyjnych w dziale kadr przy jednoczesnym zwiększeniu zadań z zakresu gospodarki kadrami na stanowiskach kierowników różnych szczebli, wspomaganych wyspecjalizowanymi w tej dziedzinie fachowcami. Tak czy inaczej w profesjonalizacji pracy dotyczącej problematyki kadrowej upatruje się obecnie gwarancji bardziej skutecznego rozwiązywania i problemów personalnych w organizacji.

Pierwszym zadaniem organizatorskim w procesie realizacji planu zatrudnienia jest rekrutacja pracowników. Rekrutacja ma na celu zatrudnienie pracowników najbardziej odpowiednich, jeśli chodzi o ich kwalifikacje i cechy osobowościowe biorąc pod uwagę cechy organizacji i warunki jej funkcjonowania. Na rekrutację składają się dobór i selekcja kandydatów na pracowników.

Głównym założeniem doboru jest opracowanie wyraźnych kryteriów. Proces doboru powinien, więc rozpocząć się od dokonania analizy pracy i określenia na tej podstawie wymagań pracy i stanowiska. Powstaje w ten sposób opis stanowiska, na które dokonywany będzie dobór pracowników.

Opis stanowiska pracy – jest dokumentem zawierającym główne charakterystyki danego stanowiska. Każda firma powinna posiadać swój wzór opisu. Głównymi elementami składowymi opisu stanowiska pracy powinny być:

- zadania – działania i czynności będące do wykonania;
- materiał – to, co jest przedmiotem obróbki na stanowisku pracy;
- obsada – człowiek pracujący na stanowisku;
- wyposażenie – maszyny, urządzenia, narzędzia pracy i inne;
- stanowisko – otoczenie i warunki pracy w tym materialne;
- metody pracy – sposoby wykonywania powierzonych zadań;
- ukształtowanie środowiska – powierzchnia pracy, struktura przestrzenna;
- organizacja.

Istotą doboru jest znalezienie kandydatów, których profil walorów odpowiadać będzie profilowi wymagań. W tym celu wymagania te powinny być wyraźnie sprecyzowane i opublikowane bądź w ogłoszeniu o naborze, bądź zakomunikowane zgłaszającym się kandydatom, umożliwiając im samoocenę. Przekazanie kandydatom możliwie realistycznego i dokładnego obrazu organizacji i ich przyszłej pracy jest w tej fazie rekrutacji bardzo ważne.

Samooceny kandydata i prezentowanych przez niego dokumentów, będących formalnym potwierdzeniem posiadanych walorów, nie można jednak uznać za wystarczającą podstawę podjęcia decyzji o zatrudnieniu na danym stanowisku, zwłaszcza, jeśli stanowisko to zalicza się do kluczowych w organizacji. W związku z tym konieczna jest selekcja kandydatów, której celem jest znalezienie kandydata, którego profil walorów jest najbardziej zgodny z profilem wymagań. Zgodnie z zasadą przystosowalności należy eliminować zarówno tych kandydatów, których walory są zbyt małe, jak i tych, których walory są zbyt duże w stosunku do wymagań stanowiska pracy.

Metody selekcji są dość rozbudowane i różnorodne. Do najczęściej stosowanych należy zaliczyć:

- analizę dokumentów kandydata;
- rozmowę selekcyjną;
- testy psychologiczne;
- sprawdziany merytoryczne.

Selekcja jest częścią pozyskiwania pracowników zakończonych ostatecznego wyboru najodpowiedniejszego i decyzją, kto spośród kandydatów, którzy się zgłosili się w wyniku akcji rekrutacyjnej zostanie zatrudniony na wakuującym stanowisku pracy. Wstępne etapy selekcji

² Kierowanie, James A.F. Stoner, R. Edward Freeman, Daniel R. Gilbert Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne

mają już miejsce w trakcie rekrutacji, gdy świadomie ogranicza się i ukierunkowuje napływ kandydatów oraz przegląda nadchodzące aplikacje pod kątem stworzenia skróconej listy odpowiednich kandydatów. Ci właśnie poddawani są działaniu właściwych technik selekcyjnych, wśród których najczęściej stosuje się różnego typu wywiady, testy i dodatkowe analizy.³

Analiza dokumentów, takich jak: podanie, życiorys, świadectwa ukończenia szkół i kursów, opinie i referencje są stałym elementem procesów selekcji. Dokumenty te mogą uzasadniać aspiracje kandydata do ubiegania się o dane stanowisko; nie mogą jednak na ogół być wystarczającym źródłem informacji o jego rzeczywistych walorach.

Rozmowa selekcyjna pozwala nieco lepiej poznać kandydata, chociaż wiedza ta oparta jest przede wszystkim na ogólnym wrażeniu, jakie sprawia kandydat swoim zachowaniem i sposobem prowadzenia rozmowy. Nie mniej jednak rozmowa pozwala ujawnić postawę, motyw i oczekiwania kandydata, a także uzupełnić informacje zawarte w dokumentach. Rozmowa selekcyjna powinna być w maksymalnym stopniu, ustrukturyzowana i skoncentrowana na rzeczywistych wymaganiach stanowiska pracy, z punktu widzenia, których oceniać należy wykształcenie i doświadczenie zawodowe kandydata, jego motywację i cele zawodowe oraz uwidocznione w trakcie rozmowy cechy osobowości.

Testy psychologiczne są standardowymi, wielokrotnie sprawdzonymi metodami, które opierają się na założeniu, że obecne i przyszłe reakcje indywidualne dadzą się wyjaśnić przez empirycznie dające się oddzielić cechy kandydata, poddające się pomiarowi. Generalnie, testy psychologiczne można podzielić na testy służące do oceny sprawności intelektualnej (pamięć, wyobraźnia, sprawność różnych wymiarów myślenia, zdolność rozpoznawania wzajemnych zależności) oraz służące do rejestracji cech osobowości. Zasadniczą sprawą w selekcji kandydatów jest właściwy dobór testów psychologicznych, tzn. takich, które mierzyć będą te cechy, które są szczególnie istotne w pracy na danym stanowisku. Wyniki testów psychologicznych informują o potencjalne rozwojowym kandydatów oraz możliwości ich adaptacji do określonych warunków organizacyjno-społecznych.

Sprawdziany merytoryczne mają z reguły największy ciężar gatunkowy w procesie selekcji kandydatów. Przedmiotem oceny są, bowiem w tym wypadku wiedza i umiejętności potrzebne na danym stanowisku. Sprawdziany te mogą mieć rozmaity charakter – od prostych testów wiedzy w danej dziedzinie, po przez stawianie kandydatom bardziej złożonych zadań do rozwiązania, do symulacji gier, podczas których kandydaci stawiani są w sytuacjach quasi – rzeczywistych, podobnych do sytuacji na ich przyszłym

stanowisku pracy. Ta ostatnia metoda rozpowszechniona na zachodzie pod nazwą „Assesment – Center”, obejmuje szereg ćwiczeń zarówno indywidualnych, jak i grupowych, podczas których kandydaci są obserwowani i oceniani przez specjalnie do tego przygotowanych obserwatorów, posługujących się ustalonymi wcześniej kryteriami. W przypadku kandydatów na stanowiska kierownicze ćwiczenia te obejmują najczęściej projektowanie działalności podległego zespołu na podstawie analizy sytuacji, gry dotyczące umiejętności współpracy, rozwiązywania sytuacji konfliktowych, podejmowania decyzji w zainscenizowanych sytuacjach i planowania zadań.

Wymienione metody selekcji wzajemnie się uzupełniają, dostarczając wieloaspektowych informacji o kandydatach. Dlatego najlepsze rezultaty przynosi zastosowanie wszystkich tych metod.

W projektowaniu metod selekcji zwrócić należy uwagę nie tylko na badanie przystosowania kandydata do aktualnych wymagań stanowiska pracy, ale również na jego możliwości przystosowania się do przewidywanego kierunku zmiany tych wymagań. W warunkach częstych zmian w otoczeniu organizacji i wymaganej, w związku z tym, elastyczności pracowników, ten drugi rodzaj umiejętności adaptacyjnych może okazać się szczególnie ważny.⁴

4. Nabór kandydatów i wprowadzanie nowo przyjętych do pracy

Celem naboru jest wyszukanie kandydatów do pracy w ilości i stanie kwalifikacyjnym ustalonym planem zatrudnienia. Zapewnienie odpowiednio przygotowanych pracowników. W przypadku gdy organizacji brakuje pracowników o stosownych kompetencjach lub ich liczba na konkretnych stanowiskach jest niewystarczająca należy pozyskać ich z zewnątrz lub wewnątrz organizacji. Nabór następuje na rynku pracy, spośród będących do dyspozycji ludzi o kwalifikacjach odpowiednich do potrzeb danego przedsiębiorstwa.

Jeśli kandydat pomyślnie przejdzie przez wszystkie etapy selekcji, otrzymuje ofertę pracy, zawierającą głównie oferowane warunki pracy i płacy. Jeśli ją przyjmie, wówczas załatwiane są wszystkie niezbędne formalności związane z jego angażem, w tym głównie zawarcie umowy o pracę. Umowa taka, zgodnie z regulacjami obowiązującego Kodeksu Pracy, może być zawarta na czas nieokreślony, na czas określony, lub też na czas wykonywania określonej pracy. Musi ona być zawarta na piśmie, z wyraźnym określeniem rodzaju i warunków umowy, a w szczególności powinna określać:

- rodzaj pracy i miejsce jej wykonywania;
- termin rozpoczęcia pracy;
- wynagrodzenie odpowiadające rodzajowi i warunkom pracy.

³ Narzędzia i praktyka zarządzania zasobami ludzkimi, Marta Juchnowicz, Tomasz Rostkowski, Łukasz Sienkiewicz, Wydawnictwo Poltext Warszawa 2003

⁴ Podstawy zarządzania, Bogusław Kaczmarek, Czesław Sikorski, Wydawnictwo Absolwent, Łódź 1996

Umowa taka jest aktem prawnym o dużym znaczeniu zarówno dla pracobiorcy jak i dla pracodawcy, gdyż ustala warunki zatrudnienia przyszłego pracownika, które muszą być przestrzegane przez obie strony umowy. Wysoka ranga tego dokumentu jest stanowiona m.in. przez to, że jego pogwałcenie podlega rozpatrywaniu przez Sąd Pracy. Zmiana warunków pracy, o ile jest znacząca, wymaga z reguły rozwiązania dotychczasowej umowy i zawarcia nowej, na nowych warunkach.

Po zawarciu umowy o pracę dotychczasowy kandydat staje się nowym pracownikiem przedsiębiorstwa na warunkach określonych zawartą umową. Wtedy musi jeszcze przejść etap wprowadzenia do pracy, co ma zapewnić mu informacje potrzebne do tego, aby mógł swobodnie i skutecznie działać w danych warunkach pracy. W typowych warunkach pracy powinien on otrzymać trzy rodzaje informacji:

1. ogólne informacje o codziennej, rutynowej pracy;
2. przegląd historii firmy, jej celów, realizowanej działalności, oraz informacje o tym, jak jego praca wpływać może na stan firmy i przyczyniać się do zaspokajania jej potrzeb;
3. szczegółowe informacje (z reguły na piśmie) o zasadach działań obowiązujących w przedsiębiorstwie, jego regulaminie organizacyjnym i o świadczeniach przysługujących jego pracownikom.

Pracownicy nowo przyjmowani do pracy odczuwają zrozumiały niepokój, charakterystyczny dla sytuacji znalezienia się w nowym środowisku, wobec nowych, niejednokrotnie trudnych, problemów. Prawidłowo realizowane wprowadzenie do pracy minimalizuje ten niepokój nowego pracownika i jego niepewność, czy potrafi on sprostać stawianym przed nim zadaniom. Daje mu przy tym już na wstępie odczuć, że jest pożądanym i ważnym elementem organizacji, która o nim myśli i dba o niego. Stworzenie takiego przekonania już na samym początku u każdego pracownika znakomicie przyczynia się do wewnętrznej integracji personelu i do utożsamiania się pracowników z organizacją i jej celami, co stanowi istotny czynnik motywujący ich do wydajnej, a niejednokrotnie nawet ofiarnej pracy.

W sumie przy niedostatku pracowników niekoniecznie trzeba stosować nabór nowych. Należy tu zauważyć, iż alternatywą naboru są:

- praca w godzinach nadliczbowych (stosowana dość powszechnie w warunkach zmiennego obciążenia zadaniami);
- zatrudnienie osób z zewnątrz na umowy (zlecenia lub o dzieło);
- leasing personalny – czyli odpłatne wypożyczanie pracowników z innej firmy, na pewien czas lub do wykonania określonych zadań.⁵

5. Szkolenie i doskonalenie pracowników

Szkolenie ma na celu przygotowanie nowych pracowników do pracy, a także utrzymanie i poprawę efektywności działania pracowników pozostałych, w pracy dotychczas przez nich wykonywanej. Potrzeba szkolenia nowych lub świeżo awansowanych pracowników jest oczywista – muszą oni nabrać nowych umiejętności i nawyków, niezbędnych do dobrego wykonywania pracy.

Istnieją różne sposoby szkolenia. Z reguły w fazie przygotowawczej występuje szkolenie poza miejscem pracy, przygotowujące nowego pracownika teoretycznie i praktycznie przez treningi symulujące normalne warunki pracy. Jest to zbliżone do nauczania zawodu w różnych szkołach zawodowych (z tym, że wówczas nauczanie nie jest organizowane przez pracodawcę dla jego potrzeb). Kolejnym etapem jest szkolenie na stanowisku pracy, w którego trakcie nowy pracownik wykonuje pracę z reguły pod nadzorem przełożonego lub bardzo wprawionego kolegi, niejednokrotnie na różnych stanowiskach pracy.

Natomiast doskonalenie ma na celu rozwój umiejętności doświadczonych już pracowników, często z ukierunkowaniem na pracę, którą dopiero będą wykonywać. Dotyczy to zwłaszcza kierowników różnych szczebli i kandydatów na stanowiska kierownicze. Z uwagi na znaczący wzrost wymagań w stosunku do pracy kierowniczej, występujący w warunkach ostrej konkurencji rynkowej, programy doskonalenia kierowników stały się od pewnego czasu bardzo istotnym elementem budowania sukcesu firmy. Poświęca się im szczególną uwagę, zlecając z reguły ich opracowanie i realizację wyspecjalizowanym ośrodkom, w tym częstokroć wyższym uczelniom, a nakłady ponoszone na ten cel bywają dość znaczne. Doskonalenie takie w wielu nowoczesnych przedsiębiorstwach jest obowiązkowe i kończy się sprawdzianem wiedzy, decydującym częstokroć nie tylko o możliwym awansie pracownika, ale nawet o możliwości utrzymania się przez niego nadal na zajmowanym (zwłaszcza kierowniczym) stanowisku pracy.

6. Ocenianie jakości i efektywności pracy

Ocenianie jakości i efektywności pracy podwładnych jest jednym z ważniejszych zadań każdego kierownika. Jest to przy tym zadanie trudne, a bywa, że jeszcze trudniej jest, po dokonaniu oceny, przekazać ją zainteresowanemu pracownikowi.

Podstawowym kryterium oceny jakości i efektywności pracy jest to, na ile jest ona dobrze wykonywana i przyczynia się do osiągania celów (sukcesu) przedsiębiorstwa. Nie jest to przesadą, gdyż przy prawidłowym podziale pracy każde stanowisko pracy jest ważne i ma znaczący wpływ na wyniki gospodarowania. Przyjmuje się przy tym założenie, że praca skuteczna (osiągająca zamierzony cel) jest pracą efektywną.

⁵ Kierowanie, James A.F. Stoner, Charles Wankel, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne

Ocenianie pracy podwładnego może mieć charakter nieformalny lub formalny. Oceny nieformalne dokonywane są z zasady w sposób naturalny i ciągły – przełożony ocenia niejako spontanicznie, czy dana praca została wykonana dobrze; suma takich ocen w pewnym okresie buduje swoisty wizerunek ocenianego pracownika – dobry lub zły. Za tym idą z reguły określone konsekwencje – może to być nagroda lub kara, może też następować przesunięcie pracownika do innej pracy lub skierowanie go na dodatkowe szkolenie. W każdym jednak przypadku pracownik powinien być informowany o tym, jak jest oceniany i jakie go czekają konsekwencje w wyniku takiej czy innej oceny. Natomiast oceny formalne dokonywane są w sposób standardowo ustalony w danej organizacji i dotyczą ustalonego okresu pracy na danym stanowisku.

7. Awansowanie, przenoszenie, degradowanie i zwalnianie z pracy

Awansowanie pracownika jest bardzo silnym środkiem motywującym, gdyż łączy ze sobą znaczącą zachętę materialną oraz nominalny wzrost prestiżu awansowanego. Jest zatem szczególnie ważne, aby awans był sprawiedliwy, to znaczy, aby był oparty zarówno na dotychczasowych zasługach w pracy, jak i na ocenie przydatności awansowanego do zajmowania określonego nowego stanowiska. Nic bardziej nie psuje atmosfery w miejscu pracy, jak awanse oparte na nieznanach lub nie uznawanych kryteriach, awanse protekcyjne lub też (bo i tak bywa) awanse ogólnie przypadkowe. Świadczy to o złej pracy kierownika i źle rokuje dla danej organizacji. Jednak nawet wtedy, gdy awanse są sprawiedliwe i właściwe, mogą stwarzać wiele problemów, jako że wyróżnienie kogoś awansem bywa często odczytywane przez pominiętych, jako co najmniej zła ocena ich pracy, co deprymuje i może niekorzystnie wpłynąć na morale i wydajność tych pracowników. Dlatego też bezkonfliktowe i skuteczne awansowanie bywa uważane za sztukę, gdyż wymaga szczególnego doświadczenia i predyspozycji kierowniczych.

Przenoszenie polega ogólnie na dokonywaniu tzw. poziomych ruchów kadrowych. Może ono spełniać różne zadania, w zależności od potrzeb. Może mieć charakter rotacji między stanowiskowej, dokonywanej dla poszerzenia kwalifikacji zawodowych pracowników, może być prowadzone w celu uzyskania prawidłowej (w danej sytuacji) struktury zatrudnienia, może mieć wreszcie na celu zapewnienie powstających wakatów, czy też zwalnianie miejsca dla pracownika dużo lepiej nadającego się na dane stanowisko niż ten, które je aktualnie zajmuje.

Degradacja jest drastycznym obniżeniem pozycji pracownika i przez to jest zabiegiem bardzo przykrym, szczególnie dla pracownika o dłuższym stażu pracy. Przykrość ta może być jeszcze większa, gdy degradowany pozostaje w tym samym zespole, którym kierował, ponieważ z reguły powoduje to trudności w ułożeniu sobie przez niego stosunków z byłymi podwładnymi. Dlatego też należy bezwzględnie unikać degradowania bez bardzo

ważnych powodów, a nieraz wyraźnie lepiej jest przenieść takiego pracownika na inne stanowisko do innego zespołu, lub nawet zwolnić go z pracy (o ile nie będzie to dla niego relatywnie zbyt dużą karą).

Zwalnianie pracowników, czyli rozwiązywanie z nimi stosunku pracy, może mieć charakter indywidualny lub grupowy. Zwolnienia indywidualne następują z woli pracownika bądź pracodawcy, lub też z przyczyn niezależnych, np. w wyniku osiągnięcia przez pracownika wieku emerytalnego. Zwolnienia grupowe następują zasadniczo z woli pracodawcy, np. w wyniku konieczności znacznego zmniejszenia zatrudnienia z przyczyn ekonomicznych lub innych (nie mówiąc już o zwolnieniach w sytuacji upadłości firmy). W każdym przypadku zwolnienie pracownika jest dla niego bardzo ważnym wydarzeniem o różnych konsekwencjach, – dlatego też przyczyny i warunki dokonywania zwolnień są precyzyjnie normowane w Kodeksie Pracy.

8. Systemy motywowania płacowego

Każda organizacja tworzy system motywacyjny, czyli system oddziaływań na swoich uczestników, którego celem jest zachęcanie ich do podejmowania zachowań korzystnych oraz unikania zachowań niekorzystnych z punktu widzenia całości.⁶

Szczególne miejsce w systemie motywowania zajmują wynagrodzenia, co wynika ze spełnianych przez nie funkcji. Jedną z nich jest funkcja dochodowa, wynikająca stąd, że wynagrodzenie stanowi istotny składnik dochodów osiąganych przez pracowników. Determinuje ono, więc możliwość nabywania pożądaných dóbr służących do zaspokajania różnorodnych potrzeb ludzi. Wynagrodzenie pełni również funkcję kosztową stanowiąc dla organizacji zatrudniającej pracowników element kosztów działalności, wpływając tym samym na konkurencyjność firmy na rynku. Wynagrodzenie jest również rodzajem nagrody otrzymywanej przez pracowników za wykonywaną pracę, pełniąc tym samym funkcję bodźcową tj. motywującą pracowników do zachowań oczekiwanych przez zatrudniającą ich organizację.

Dla realizacji wymienionych funkcji niezbędne jest zbudowanie w każdej firmie (organizacji) odpowiedniego systemu wynagradzania. System wynagradzania określa:

- składniki wynagrodzenia;
- zasady kształtowania (ustalania) poszczególnych składników;
- formy płac;
- taryfikatory i tabele płac.

Rozwiązania płacowe kształtowane na podstawie systemu wynagradzania firmy winny gwarantować możliwość prowadzenia w organizacji polityki płacowej ukierunkowanej na realizację jej celów i strategii.

Biorąc pod uwagę fakt, że w poszczególnych firmach cele oraz strategię są z reguły zróżnicowane, a także, że mogą być zmienne w czasie, konieczne jest tworzenie odmiennych

⁶ Systemy motywacyjne w nowoczesnym przedsiębiorstwie, Zbigniew Ciekanowski, PUP, Wołomin 2011

systemów płac. W rozmaitych firmach systemy te różnić się mogą ilością składników wynagrodzenia, zasadami ich kształtowania, formami płac stosowanymi w danej firmie.

9. Formy płac

Formy płac lub wynagradzania określają sposób uzależnienia wynagrodzenia od ilości i efektów pracy. Chodzi tu szczególnie o tę część wynagrodzenia indywidualnego, która obejmuje płacę zasadniczą lub wynagrodzenie akordowe oraz premie lub prowizje.

Motywacyjne oddziaływanie form płac polega zarówno na ukierunkowaniu go na te czynniki, od których wynagrodzenie zostało uzależnione, jaki na wywołaniu odpowiedniego natężenia motywacji. Zależy ono głównie od wpływu formy wynagrodzenia na poziom wynagrodzenia pracownika.

Spośród spotykanych w literaturze klasyfikacji form wynagradzania interesujący jest przedstawiony przez A. Melicha podział tych form ze względu na samodzielność występowania. Wyróżnia on w nim elementarne formy płac i formy płac uzupełniających.

Elementarne formy płac dotyczą przede wszystkim wynagrodzenia zasadniczego lub akordowego oraz tych dodatkowych składników wynagradzania, które są ustalane w sposób uzależniający ich wysokość od płacy zasadniczej lub akordowej. Powstaje, bowiem w ten sposób forma łącząca integralnie wszystkie te składniki wynagrodzenia.

Formy płac uzupełniających dotyczą wszelkich wyodrębnionych premii, dodatków za wydajność, prowizji i innych elementów wynagrodzenia, które są ustalane w oderwaniu od płacy elementarnej (tj. głównie zasadniczej).

Interesujący jest szczególnie podział elementarnych form płac. Obejmuje on dwie grupy form płac, to jest:

1. Elementarne formy płac na podstawie płac czasowych:
 - czyste” formy płac czasowych;
 - różnicowane formy płac czasowych;
 - bonusowe” formy płac czasowych.
2. Elementarne formy płac na podstawie płac akordowych:
 - akord ze stałą stawką (akord prosty);
 - akord ze zmienną stawką (akord progresywny lub regresywny);
 - mieszane formy płac akordowo-czasowych.

Ten podział przeciwstawia sobie przede wszystkim płace czasowe i akordowe. Te pierwsze charakteryzują się ukierunkowaniem motywacyjnego oddziaływania płac na jakościowe i ekonomiczne (kosztowe) efekty pracy. Jak pokazuje praktyka ostatnich lat w Polsce, wzorem krajów zachodnich, radykalnie zwiększył się udział czasowych form płac w wynagradzaniu pracowników, zwłaszcza w grupie robotników? O ile początkowo, to jest w drugiej połowie lat osiemdziesiątych i w pierwszych latach dziewięćdziesiątych odchodzenie od akordu było związane

z obowiązkowymi obciążeniami zysku z tytułu nadmiernego wzrostu płac, to w latach następnych rozszerzeń zakresu stosowania czasowych form wynagrodzenia związane było i jest nadal z przesłankami ekonomicznymi takimi jak jakość i koszty wytwarzania.

Formy akordowe są z reguły nastawione na ilościowe wyniki pracy. Rola tych wyników uległa radykalnemu obniżeniu jako przedmiot motywacji, zwłaszcza wobec istnienia w Polsce znacznej liczby osób bez pracy. Jest to czynnik - generalnie rzecz ujmując - wystarczająco silny, aby wymusić pożądaną wydajność pracy.

Inny podział form płac, znacznie bardziej interesujący z praktycznego punktu widzenia w obecnej sytuacji przedsiębiorstw, zaczerpnięty jest z literatury niemieckiej. Wyróżnia się w nim następujące formy płac:

- płace czasowe;
- płace czasowe z premią za wyniki ogólne zespołu czy przedsiębiorstwa;
- płace czasowe z oceną wydajności pracy i jej pomiarem;
- płace czasowe z oceną wydajności;
- płace akordowe;
- płace akordowe z oceną wydajności;
- płace prowizyjne i z umówionym poziomem wydajności pracy.

W wymienionych formach rozróżnia się dwa sposoby oceny wydajności (efektywności) pracy. Pierwszy z nich to klasyczna ocena wydajności prac na podstawie ustalenia stopnia wykonania norm pracy. Drugi to tzw. jakościowa ocena wydajności pracy, dokonywana na podstawie takich kryteriów szczegółowych, jak: punktualność, dyspozycyjność, przestrzeganie porządku na stanowisku, współpraca z innymi pracownikami i in.

Formy płac oraz zakres ich stosowania ulegają ciągłej zmianie. W ostatnich latach w krajach zachodnich, a także w Polsce wystąpiły następujące tendencje:

- radykalnemu ograniczeniu uległ zakres stosowania płacy czasowej czystej oraz akordu prostego;
- pojawiły się różnorodne szczegółowe rozwiązania czasowo-premiowych form wynagradzania, przy czym znacznie zwiększył się udział pracowników opłacanych według tych form;
- tradycyjne formy akordowe (prosty, progresywny) są zastępowane przez formy akordowe zawierające w sobie mechanizm kontroli wzrostu płac

Są to przede wszystkim płace zadaniowe.

Płaca zadaniowa charakteryzuje się „premią ujemną”. Grupa pracowników otrzymuje do wykonania ściśle określone zadanie wraz z ustalonym czasem i wynagrodzeniem. Jeżeli zadanie zostanie wykonane zgodnie z umową, wówczas pracownicy otrzymują 100% ustalonego wynagrodzenia. Zwiększenie wydajności pracy przez skrócenie terminu wykonania zadania nie jest z zasady premiowane. Przy niedotrzymaniu warunków umowy nastąpić może obniżenie należnego wynagrodzenia.

Praktyka dowodzi, że formy czasowo-premialne są w stanie zastąpić akord bez istotnego uszczerbku dla wydajności pracy, a jednocześnie są pozbawione istotnej wady form akordowych, jaką jest niepożądany wzrost wydajności pracy.

Szczególne znaczenie dla wzrostu efektywności pracy mają prowizyjne formy wynagradzania. Ich podstawą jest zasada udziału pracownika w efektach pracy (np. w sprzedaży, w zysku, w obniżce kosztów itp.). Mogą być skutecznym instrumentem motywowania takich grup pracowniczych, jak: sprzedawcy, pracownicy marketingu, zaopatrzenia, transportu i inni.

Formy wynagradzania mogą dotyczyć pojedynczych pracowników, bądź grup (zespołów). W tym drugim przypadku używa się określenia - zespołowa forma wynagradzania. Jej motywacyjne oddziaływanie obejmuje integrację zespołu i jego działania w kierunku realizacji celu grupowego (zespołowego).

10. System premialny narzędziem pozytywnego motywowania

Zasady premialne są elementem systemu wynagrodzeń pełniących w sposób bezpośrednią funkcję stymulującą poprawę wyników, efektywne wykorzystanie zasobów i aktywizację zaangażowanie pracowników. Żaden inny instrument płacowy nie odgrywa tak konstruktywnej roli, nie oddziałuje tak silnie motywacyjnie. Jej szczególną cechą jest możliwość selektywnego ukierunkowania zainteresowania pracowników realizacją celów strategicznych, a więc uznanych przez pracodawcę za szczególnie istotne w danym miejscu i czasie. Opracowanie w firmie systemu premialnego wymaga określenia:

1. podstawy przyznawania premii;
2. metody i kryteriów pomiaru efektów;
3. sposobu określenia wysokości premii;
4. warunków uzyskania premii, to znaczy wymagań, jakie pracownik musi spełnić, by ją uzyskać;
5. zasad dotyczących tego, kto przyznaje premie, do kogo pracownik może się odwołać w razie przyznania zbyt niskiej premii lub nie przyznania jej wcale.⁷

Wynagrodzenie zespołowe może dotyczyć wyłącznie premii, lub wynagrodzenia akordowego. W pierwszym przypadku czynnikiem zespalaającym członków grupy jest premia zespołowa uzależniona od wspólnych efektów pracy. Siła motywacyjna tej formy wynagradzania zależy od udziału premii w wynagrodzeniu pracownika - członka zespołu. Skonkretyzowane rozwiązania premialne zespołowe mogą być rozmaite.

Usprawnianie form wynagradzania jest bardzo prężnym działaniem, gdyż odbywa się na szczeblu stanowiska bądź grup pracowniczych. Formy wynagradzania mają, bowiem postać zindywidualizowaną, dostosowaną

do potrzeb motywowania poszczególnych grup pracowniczych lub stanowisk. Ponieważ generalne zmiany w zakresie stosowania form wynagrodzeń spowodowały powszechne stosowanie form wynagrodzeń czasowo-premialnych, dlatego też obecnie w większości przedsiębiorstw usprawnienia wymagają te formy wynagradzania. Chodzi przy tym głównie o sposób kształtowania wynagrodzenia zasadniczego oraz system premialnego.⁸

Założenia regulaminu nagradzania pracowników

Nagroda jest formą wyróżnienia za ponadprzeciętne zaangażowanie pracowników w realizację konkretnych celów i zadań, istotnych w danym czasie z punktu widzenia interesów firmy.

W ramach każdej firmy istnieją wyodrębnione jednostki organizacyjne, centra, ponoszące odpowiedzialność za specyficzną grupę działań. W strategii firmy, a także w planach taktycznych dla każdej z tych jednostek określonych są inne, specyficzne cele i zadania. W związku z tym system nagród, powiązany z oceną stopnia ich realizacji, powinien zawierać odrębne mierniki dostosowane do każdego z tych celów, a także odpowiednie mechanizmy różnicujące nagrody.

Nagrody w firmie powinny być, więc tworzone na trzech poziomach:

- fundusz nagród firmy;
- fundusze nagród wyodrębnionych jednostek organizacyjnych – centrów odpowiedzialności;
- nagrody indywidualne.

Z założenia tego, wynika, że wysokość nagrody każdego pracownika zależeć będzie w pierwszym rzędzie od wyników ekonomicznych całej firmy. Następnie pracownicy poszczególnych centrów powinni być nagradzani w zależności od wyników osiągniętych przez konkretny zespół. Wysokość wypłat indywidualnych powinna także uwzględniać zróżnicowany stopień przyczyniania się pracowników do wspólnych efektów zespołu oraz ocenę osobistych osiągnięć. Wysokość nagród indywidualnych jest różnicowana odpowiednio do wyników oceny osiągnięć pracowników. Należy przy tym podkreślić uprawnienia kierowników zespołów do indywidualnego ustalania nagród dla poszczególnych pracowników.

Podstawowym warunkiem prawidłowości regulaminu nagród są jasno sprecyzowane i jawne, tzn. podane do wiadomości pracowników, kryteria oraz procedury różnicowania nagród. Natomiast kwoty przyznanych nagród indywidualnych są utajnione. Nagrody nie powinny być ustalane w relacji do wynagrodzeń zasadniczych.

Nagroda w odróżnieniu od premii ma charakter uznaniowy. Pracownik nie może, więc rościć prawa do otrzymania nagrody. Przyznanie mu nagrody i jej wysokość zależy od pozytywnej oceny jego osiągnięć i zasług dla firmy, dokonanej na podstawie obowiązującej w firmie

⁷ Narzędzia i praktyka zarządzania zasobami ludzkimi, Marta Juchnowicz, Tomasz Rostkowski, Łukasz Sienkiewicz, Wydawnictwo Poltext Warszawa 2003

⁸ Zarządzanie Zasobami Ludzkimi, Janowska Zdzisława, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2002

regulaminu. Roszczenie pozostaje dopiero z chwilą podjęcia decyzji o przyznaniu nagrody.

W przypadku zaistnienia warunków do uruchomienia funduszu nagród na szczeblu firmy, przy odpowiednim podziale środków dla poszczególnych jednostek organizacyjnych i zespołów pracowników oraz decyzji przyznającej nagrody indywidualnemu pracownikowi – nagrody mogą być wypłacane miesięcznie lub kwartalnie.

Podsumowanie

Współczesne firmy, chcąc pozyskać wykwalifikowanego pracownika, są zmuszone do zaoferowania, oprócz atrakcyjnego wynagrodzenia, także szeregu świadczeń pozapłacowych. Rola tych świadczeń, oferowanych przez przedsiębiorstwa swoim pracownikom, z dnia na dzień nabiera coraz większego znaczenia.

Naszym zdaniem zarządzanie przypomina trochę grę w szachy. Często trzeba dokonywać roszad. Cały czas trzeba myśleć, być gotowym na nieoczekiwane posunięcia inne, a przede wszystkim zdawać sobie sprawę z tego, iż nawet jeden ruch może zmienić radykalnie sytuację. Gospodarowanie zasobami ludzkimi jest funkcją sztabową. Kierownicy gospodarowania zasobami ludzkimi doradzają kierownikom liniowym w całej organizacji. Ponadto firma może od czasu do czasu potrzebować większej albo mniejszej liczby kierowników i pracowników. Dlatego też gospodarowanie zasobami ludzkimi jest procesem ciągłym, zmierzającym do zapewniania organizacji właściwych ludzi na właściwych stanowiskach, wtedy, kiedy będą potrzebni. Funkcja gospodarowania zasobami ludzkimi jest szczególnie ważna przy następującej obecnie tendencji do zmniejszania organizacji, na którym nie potrafią zadowalająco wywiązać się ze swoich obowiązków.

Otwarta ocena i konstruktywna informacja zwrotna wpływa na motywację i rozwój pracownika. Pogłębia zależności i partnerstwo pomiędzy organizacją, przełożonym a pracownikiem, co akcentuje znaczenie wspólnych celów pracodawcy i pracownika. Pozwala to na usunięcie niedociągnięć oraz braków w pracy, co z kolei pozwala na zaplanowanie oraz podjęcie kroków w celu ich eliminacji. Kierowanie zasobami ludzkimi w organizacjach, w głównej mierze koncentruje się na stosunkach pomiędzy pracodawcą reprezentowanym przez kierownictwo a załogą. Poddanie zasobów ludzkich regułą zarządzania i marketingu, jak w odniesieniu do instytucji i towarów, korzystnie wpływa na działalność przedsiębiorstwa, umożliwia jak najefektywniejsze wykorzystanie możliwości pracowników. Koncepcja zarządzania

zasobami ludzkimi jest sposobem realizacji wspólnego dążenia ludzi i organizacji do celów, które są ze sobą zbieżne. Jest to strategiczne podejście do kwestii motywacji i rozwoju ludzi, stymulowanie ich zaangażowania i poświęcenia tak, aby realizując swoje indywidualne ambicje i cele, przyczyniali się do osiągnięcia celów organizacji. W tym celu, pracodawca powinien dokonać oceny pracy z pryzmatu założonych celów, poprzez różnorodne procesy związane z zarządzaniem pracą i płacą. Zarządzanie pracą i płacą wyrażone może być poprzez formy komunikacji z pracownikami i stylem kierowania organizacją.

Literatura

1. Tadeusz Listwan [red], *Zarządzanie Kadrami* Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. Oskara Langego, Wrocław 2000;
2. Stoner J. A.F, Freeman R. E., Gilbert D. R., *Kierowanie*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne;
3. Stoner J.A.F., Wankel C., *Kierowanie*, Państwowe Wydawnictwo Ekonomiczne.
4. Kucharczyk A., *Ekonomika i podstawy zarządzania w przedsiębiorstwie przemysłowym*, Uczelniane Wydawnictwo Naukowo- Dydaktyczne, Kraków 1999;
5. Armstrong M, *Zarządzanie zasobami ludzkimi* Dom Wydawniczy ABC, Kraków 2000;
6. Ciekankowski Z., *Systemy motywacyjne w nowoczesnym przedsiębiorstwie*, PUP, Wołomin 2011
7. Ciekankowski Z., *Rola procesu motywowania w kształtowaniu efektywnej organizacji*, Zeszyt Naukowy nr 12, WSPiE, Kielce 2011
8. Janowska Z., *Zarządzanie Zasobami Ludzkimi* Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2002;
9. Kaczmarek B., Sikorski C., *Podstawy zarządzania*, Wydawnictwo Absolut, Łódź 1996;
10. Juchnowicz M., Rostkowski T., Sienkiewicz Ł., *Narzędzia i praktyka zarządzania zasobami ludzkimi*, Wydawnictwo Poltext Warszawa 2003.

dr inż. Zbigniew Ciekankowski

Jest adiunktem w Akademii Obrony Narodowej i Wyższej Szkole Społeczno-Ekonomicznej w Warszawie. Jego zainteresowania naukowe skupiają się wokół zagadnień związanych z bezpieczeństwem wewnętrznym w zakresie ekonomii, telekomunikacji, antyterroryzmu, zarządzania kryzysowego, jak również zarządzania zasobami ludzkimi. Jest autorem wielu opracowań krajowych i zagranicznych w wyżej wymienionych dziedzinach.

Виктор.И. Климкин,
нач. ин-та, канд. техн. наук

ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ ОБОРОНЫ

**Federal State Establishment All-Russian Research Institute for Fire
Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emer-
gencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters**

«Потребности общества двигают науку больше, чем 100 университетов»

Фридрих Энгельс

Содержание

Рассмотрена деятельность ФГБУ ВНИИПО МЧС России на современном этапе развития. Дана краткая характеристика состояния института и полученных в настоящее время результатов. Определены приоритетные направления развития института как центра новых технологий и инноваций в системе МЧС России. Представлены основные направления развития ВНИИПО до 2025 г.

Streszczenie

Omówiona została działalność Wszechrosyjskiego Naukowo Badawczego Instytutu Bezpieczeństwa Pożarowego (VNIIPO) Ministerstwa Sytuacji Nadzwyczajnych Rosji na współczesnym etapie rozwoju. Omówiono zasady działalności instytutu i uzyskanych efektów. Określono kierunki priorytetowe rozwoju instytutu jako centrum nowych technologii i innowacyjnych rozwiązań w systemie ministerstwa MCzS Rosji. Przedstawiono podstawowe kierunki rozwoju instytutu do 2025 roku.

Summary

Presented was the activity of All-Russian Research Institute For Fire Protection of The Ministry of Emergency Situations in Russia at the present stage of development.

The rules of Institute's activity and achieved results were shown.

Directions of the development as a center for new technologies and innovative solutions in structure of The Ministry of Emergency Situations in Russia were specified.

The primary course of the Institute's development by 2025 were shown

Ключевые слова: пожарная безопасность, инновационная деятельность в области пожарной безопасности, Концепция развития ВНИИПО как центра новых технологий и инноваций в системе МЧС России;

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo pożarowe, działalność innowacyjna w dziedzinie bezpieczeństwa pożarowego, koncepcja rozwoju VNIIPO jako centrum nowych technologii i innowacyjności w systemie Ministerstwa Sytuacji Nadzwyczajnych Rosji;

Keywords: fire safety, innovation activity in scope of fire safety, conception of VNIIPO development;

Институт в соответствии с Федеральным законом от 24 декабря 1994 г. № 69-ФЗ «О пожарной безопасности» и Уставом является головным пожарно-техническим научно-исследовательским учреждением в Российской Федерации. Институт – многопрофильное научно-исследовательское учреждение в облас-

ти пожарной безопасности, ведущее свою историю с 1937 г.

30-е годы прошлого века – это, прежде всего, годы подготовки к войне, неизбежность которой была очевидна. В СССР создается серия прикладных НИИ и КБ с целью разработки и создания новых образ-

цов вооружения и техники. Опыт войны в Испании показал, что при бомбардировке городов и объектов промышленности, возникающие пожары могут причинить многократно больший ущерб, чем поражение ударной волной и осколками при взрыве фугасных боеприпасов.



Рис. 1. Мобильный робот (МР) «Сойка»
Fig. 1. Mobile robot (MR) „Soyka”

Во многие армии во второй половине 30-х годов на вооружение стало поступать зажигательное оружие, и прежде всего авиабомбы. С учетом этих обстоятельств 5 июля 1937 года Председателем Совета Народных Комиссаров Молотовым было подписано Постановление СНК «Об усилении научно-исследовательских работ по изысканию средств борьбы с зажигательными веществами» и создан Центральный научно-исследовательский институт противопожарной обороны.

Научные направления деятельности будущего института, по существу, сформировались еще в стенах Центральной научно-исследовательской пожарной лаборатории (ЦНИПЛ) при ГУПО НКВД СССР, созданной в 1934 г. на базе испытательной химической лаборатории НПТК (1931–1934 гг.) на территории Хамовнической пожарной части в г. Москве. В ЦНИПЛ был развернут комплекс научных исследований по огнезащите, пожарной сигнализации, огнетушителям, пожарным стволам, воздушно-механической пене и другим направлениям (представленным в музее истории ВНИИПО). Уже тогда лаборатории требовались дополнительные помещения, в связи с чем руководством НКВД СССР был решен вопрос об отводе земельного участка под строительство нового здания для лаборатории на территории Балашихинского района в пределах живописной зоны отдыха «Красная поляна», вблизи водоема, окруженного хвойным и лиственным лесами. Уже в феврале 1936 г. был завершен проект, утвержденный заместителем народного комиссара внутренних дел СССР, генеральным комиссаром 1 ранга Г.А. Прокофьевым, а в 1937 г. – строительство зданий для лаборатории. В связи с предстоящим переводом лаборатории в новое здание в апреле 1937 г. ее штат был существенно расширен. За сравнительно короткий период (1934–1937

г.) ученые и специалисты ЦНИПЛ заложили основы научных направлений по предотвращению, обнаружению, тушению пожаров и вместе со всем накопленным опытом и полученными результатами были переведены в построенное для лаборатории здание в подмосковной Балашихе. В 1937 г. было принято постановление Правительства СССР о преобразовании ЦНИПЛ в Центральный научно-исследовательский институт противопожарной обороны НКВД СССР. По сути это характеризовало начало работы «старого» коллектива лаборатории (в Хамовниках) в новом здании (в Балашихе) со статусом – «институт».

На основной территории института (г. Балашиха) расположены 48 корпусов общей площадью более 37 тыс. м², в которых размещены лабораторные, административно-управленческие и хозяйственные подразделения. Институт имеет развитую инфраструктуру, включая конференц-зал, столовую, амбулаторию, котельную, опытное производство и другие объекты. На балансе института – 14 жилых домов, общежитие.



Рис. 2. Структура института
Fig. 2. Structure of the Institute

Структура института включает 6 научно-исследовательских центров, 4 филиала в гг. Санкт-Петербурге, Оренбурге, Краснодаре, Новокузнецке, обеспечивающие отделы и службы. В Институте функционируют адъюнктура и докторантура, осуществляющие подготовку научно-педагогических кадров по специальности 05.26.03 «Пожарная и промышленная безопасность», действует совет по защите диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук.

На базе института работает Технический комитет по стандартизации «Пожарная безопасность» (ТК 274). Институт является членом международных комитетов по стандартизации (ИСО ТК 92, ТК 21); Международного электротехнического комитета (МЭК/ТК 89); Международной организации по защите судов (ИМО/ПК); Международного комитета по техническим альтернативам хладам (НТОС); Европейской ассоциации официальных лабораторий пожарных испытаний (EGOLF).

ВНИИПО располагает высококвалифицированными научными кадрами. В подразделениях института работает более 650 штатных научных сотрудников, более 20 % которых обладают учеными степенями и званиями (34 доктора и 100 кандидатов наук). Общая численность института более 1200 человек.

За последние 10 лет существенно укреплены материальная и экспериментальная базы. Введено в эксплуатацию и модернизировано 42 экспериментальных объекта, в том числе такие крупные объекты, как: установка для испытаний на горючесть строительных и отделочных материалов «Метод SBI», которая позволяет проводить оценку пожарной опасности строительных материалов по европейским нормам; стенд «Термонаекен»; беззюзовая камера для испытаний элементов пожарной автоматики на электромагнитную совместимость; стенд для испытаний пожарной автоматики при тушении пожаров в высокопролетных помещениях («Каскад»); стенд для испытаний на огнестойкость электрических кабелей под напряжением; стенд для испытания извещателей пожарной сигнализации на эффективность срабатывания.

Стенд для определения степени огнестойкости строительных конструкций и инженерного оборудования зданий и сооружений в условиях развития пожара по углеводородным температурным кривым («Углеводородная печь»)



Рис. 3. Экспериментальные объекта
Fig. 3. The tests benches

Закрытый стенд для всесезонных испытаний навесных фасадных систем; стенд для проведения исследований эффективности газоаэрозольных и порошковых огнетушащих составов («Камера переменного объема»); экспериментально-тренировочный стенд «Фрагмент здания».

Стенд для определения угла поперечной устойчивости пожарных автомобилей и определения их развесовки («Опрокидывание»).

Экспериментальная база института позволяет проводить натурные и лабораторные огневые испытания пожарно-технической продукции и вооружения,

а также огневые испытания на пожарную опасность и огнестойкость веществ, материалов, строительных конструкций, продукции, электротехнического оборудования, инженерного оборудования зданий и сооружений и т. д.



Рис. 4. Стенд для определения угла поперечной устойчивости пожарных автомобилей
Fig. 4. The fire vehicle stability test bench

Активно развивается научно-производственный комплекс для разработки, производства и внедрения новых технологий тушения пожаров и проведения спасательных работ, основанных на применении специальных робототехнических комплексов.

Проведена работа по совершенствованию лабораторно-экспериментальной базы Санкт-Петербургского филиала института и созданию на его основе Центра экспертизы пожаров. Завершена передача на баланс Оренбургского филиала полигона, построенного за счет средств Газпрома.

Из запланированных мероприятий развития социальной инфраструктуры института следует отметить строительство двух жилых домов, в которых получили квартиры очередники ВНИИПО и сотрудники других подразделений МЧС России.

Реализация программ развития института позволила обеспечить решение ряда проблем пожарной безопасности. Так, в области нормативного правового обеспечения подготовлены федеральные законы «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», «О добровольной пожарной охране» и проект закона «Об обязательном страховании имущества юридических лиц на случай пожара». Для обеспечения действия Технического регламента институтом создано 85 национальных стандартов, 13 сводов правил, 11 нормативных правовых актов.

Разработаны методы и технические решения обеспечения пожарной безопасности ряда промышленных объектов, зданий, сооружений, включая критически важные для национальной безопасности страны объекты.

Созданы принципиально новые огнетушащие вещества в области газового пожаротушения, взрывопредупреждения. Разработаны новые образцы пожарной техники, специальной и защитной одежды.

Результаты исследований защищены 35 патентами. Только за период с 2003 г. по настоящее время подано 47 заявок на изобретения. С 2003 по 2011 г. пять работ удостоены премии Правительства России в области науки и техники.

Вместе с тем, несмотря на серьезные успехи, достигнутые коллективом ВНИИПО, в последние годы наметились негативные тенденции, которые могут существенно снизить результативность исследований и разработок.

Поэтому в 2010–2011 гг. руководством МЧС России и ВНИИПО был принят ряд мер, направленных на повышение результативности деятельности института:

- утвержден новый Устав института;
- организационно-штатная структура приведена в соответствие с актуальными и приоритетными направлениями научно-технической политики МЧС России, в том числе созданы:
 - отдел научно-методического обеспечения горноспасательных работ;
 - отдел по обеспечению научно-технической и инновационной деятельности в системе МЧС России;
 - робототехническая пожарная часть;
- создан филиал в г. Новокузнецке.

В соответствии с поручением министра МЧС России С.Г. Шойгу от 4 мая 2010 г. коллективом ФГБУ ВНИИПО МЧС России совместно с подразделениями центрального аппарата МЧС России разработана Концепция развития ВНИИПО как центра новых технологий и инноваций в системе МЧС России, которая была заслушана и одобрена на заседании коллегии МЧС России (решение коллегии МЧС России от 30 августа 2011 г. № 5/1).

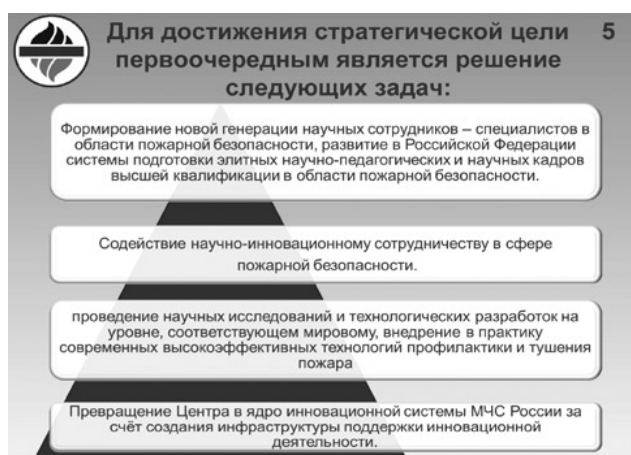


Рис. 5. Схема достижения стратегической цели
Fig. 5. Achievement of the strategic purpose

В соответствии с принятой Концепцией развития ВНИИПО как центра новых технологий и инноваций в системе МЧС России институт должен стать одним из лидеров в научно-инновационных разработках в области пожарной безопасности.

В результате создания центра должна быть достигнута **стратегическая цель**: формирование научно-инновационного кластера, обеспечивающего лидерство в разработках пожарно-технической продукции и получении новых научных знаний в области пожарной безопасности.

Для достижения стратегической цели первоочередным является решение **следующих задач**:

- формирование новой генерации научных сотрудников – специалистов в области пожарной безопасности, развитие системы подготовки элитных научно-педагогических и научных кадров высшей квалификации в области пожарной безопасности;
- содействие научно-инновационному сотрудничеству в сфере пожарной безопасности;
- проведение научных исследований и технологических разработок на уровне, соответствующем мировому, внедрение в практику современных высокоэффективных технологий профилактики и тушения пожара;
- вращение центра в ядро инновационной системы МЧС России посредством создания инфраструктуры поддержки инновационной деятельности.

Для достижения поставленных задач будет реализован комплекс мероприятий по трем **основным направлениям**:

1. Создание конкурентоспособных на мировом уровне результатов научно-технической деятельности.
2. Формирование развернутой системы партнерских отношений с образовательными учреждениями, научными центрами, коммерческими и некоммерческими организациями, органами власти.
3. Создание современной системы управления и инфраструктуры центра.

Создание конкурентоспособных технологий и инноваций центра предполагает:

- повышение эффективности существующей инновационной инфраструктуры;
- совершенствование экспериментальной базы института, развитие и создание филиалов института в региональных центрах, строительство постоянно действующего выставочно-делового центра (технопарка) и опытного производства инновационной продукции;
- развитие финансовой инновационной инфраструктуры, формирование системы поддержки инноваций;
- разработку технических регламентов, стандартов и правил, которые будут способствовать расширению практики и ускорению создания высокотехнологичных совместных предприятий;
- упрощение и ускорение процедур сертификации, в том числе в соответствии с международными стандартами качества;
- развитие инструментов стимулирования взаимодействия научных, образовательных учреждений и бизнеса в инновационной сфере;

- поддержку формирования высокотехнологичных кластеров, продвижения продукции этих кластеров на внутреннем и мировом рынках.

Второе направление реализации Концепции – создание системы партнерских отношений. Партнерские отношения центра с другими организациями будут строиться на базе системы долгосрочных взаимовыгодных соглашений, обеспечивающих решение стратегических задач инновационного развития в сфере пожарной безопасности.

Одной из главных задач будет заключение и развитие партнерских отношений по решению проблем пожарной безопасности с инновационным центром «Сколково», а также с участниками российской сети трансфера технологий. Предполагается создание в инновационном центре «Сколково» сегмента по разработке и внедрению современных инновационных технологий в области пожарной безопасности.

Третье направление реализации Концепции – формирование системы управления и инфраструктуры. Система управления Центра будет строиться на современных подходах к управлению крупными научно-исследовательскими комплексами, в частности:

- на формировании новых и оптимизации существующих органов управления, экспертных структур;
- обеспечении информационной и финансовой прозрачности деятельности для общества, бизнеса и власти;
- создании авторитетного наблюдательного совета, который будет определять направления стратегического развития центра в долгосрочной перспективе;
- создании и активном использовании современной автоматизированной системы управления центром, которая позволит формировать планы и программы инновационной, научной и образовательной деятельности;
- поддержке самостоятельности и инициативы структурных подразделений центра и организаций-партнеров, эффективном делегировании им ряда полномочий и ответственности;
- широком использовании матричных моделей и проектных методов управления;
- разработке и внедрении новой структуры центра, системы управления и оплаты труда персонала всех категорий, ориентированной на сокращение накладных расходов и достижение обозначенных в Концепции результатов.

Создание центра предполагает поэтапное развитие **инфраструктуры института**, необходимой для эффективного выполнения возложенных на центр задач, а именно:

- модернизацию существующих научно-исследовательских, лабораторных, экспериментальных, производственных и учебно-вспомогательных объектов в целях доведения уровня их оснащения

до уровня оснащения ведущих европейских исследовательских центров;

- проведение исследований и разработку проектов создания новых интегрированных испытательных комплексов для обеспечения проведения НИОКР по приоритетным направлениям деятельности центра;
- строительство новых объектов инфраструктуры института, в том числе объектов социального назначения – общежития для молодых специалистов и адъюнктов (докторантов), спортивного комплекса;
- развитие существующих и создание новых филиалов института в регионах.



Рис. 6. Результаты реализации Концепции развития ВНИИПО

Fig. 6. Concept development results VNIIPPO

В результате выполнения мероприятий по реализации Концепции развития ВНИИПО в качестве центра новых технологий и инноваций в системе МЧС России планируется:

1. Усилить научный потенциал и повысить эффективность научных исследований посредством увеличения:

количества подготовленных и принятых в установленном порядке нормативных правовых актов, нормативных и методических документов на 60 %;

числа новейших технических разработок (инновационных проектов), внедренных в практику (принятых на оснащение), на 80 %;

количества разработанного и принятого в эксплуатацию специального программного и информационного обеспечения на 140 %;

доли сотрудников, имеющих ученую степень доктора и кандидата наук, до 40 %;

числа адъюнктов и докторантов до 50 чел.;

доли научных сотрудников, являющихся действительными членами или членами-корреспондентами национальных и международных академий наук, до 15 %;

доли научных сотрудников, имеющих более 100 цитируемых работ в течение последних 7 лет, до 5 %;

числа публикаций в год в расчете на одного научного сотрудника до 7 ед.;

количества заявок на изобретение и патентов, получаемых по результатам выполнения НИОКР, на 200 %;

доли зарегистрированных договоров об уступке патента и лицензионных договоров до 40 %.

2. Расширить вовлеченность ВНИИПО в национальное и мировое научное, образовательное сообщество за счет:

прироста финансовых средств, получаемых по международным контрактам и договорам, до 40 %;

расширения лабораторно-экспериментальной базы для проведения экспериментальных, сертификационных и эксплуатационных испытаний технологий и технических средств на 85 %;

увеличения числа конференций, конгрессов и иных крупных научных мероприятий, организованных ВНИИПО, на 70 %;

роста числа совместных с вузами исследовательских центров, лабораторий, кафедр на 100 %;

увеличения количества сотрудников, ведущих преподавательскую деятельность, на 70 %.

3. Усилить прикладное значение результатов исследований за счет увеличения:

доли внебюджетных средств во внутренних затратах на исследования и разработки, развитие инфраструктуры до 70 %;

объема финансовых средств, поступивших от передачи (использования) разработанных технологий, на 100 %;

объема финансовых средств по договорам на создание научно-технической продукции на 100 %.

4. Улучшить кадровую обеспеченность ВНИИПО за счет доведения:

доли числа научных сотрудников в общей численности работников до 85 %;

доли числа научных сотрудников в возрасте до 39 лет в общей численности научных сотрудников до 50 %;

среднего возраста кандидатов и докторов наук до 35 и 45 лет.

5. Усилить ресурсную обеспеченность ВНИИПО за счет увеличения:

доли площади, занятой научным оборудованием, до 65 %;

среднегодовой стоимости машин и оборудования в расчете на одного научного сотрудника на 40 %;

доли стоимости машин и оборудования в возрасте до 3 лет в общей стоимости оборудования до 80 %.

Заключение

Реализация Концепции развития ВНИИПО как центра новых технологий и инноваций в системе МЧС России позволит значительно повысить результативность деятельности института по реализации государственной научно-технической политики в области обеспечения пожарной безопасности, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций, а также обеспечить лидирующие позиции в России и мире в разработке научно-технической продукции и получении новых научных знаний в области пожарной безопасности.

Виктор Иванович Климкин

окончил Ленинградское пожарно-техническое училище МВД СССР (1978 г.) и Высшую инженерную пожарно-техническую школу МВД СССР (1983 г.). Имеет ученую степень кандидата технических наук (2006 г.).

В феврале 2011 г. В.И. Климкин назначен на должность начальника Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны» (ФГБУ ВНИИПО) МЧС России.

В.И. Климкин является председателем технического комитета 274, членом экспертного и научно-технического советов МЧС России, возглавляет научно-технический совет ФГБУ ВНИИПО МЧС России, является главным редактором журнала «Пожарная безопасность».

dr inż. **Andrzej ZBROWSKI**
Instytut Technologii Eksploatacji –
Państwowy Instytut Badawczy

ANTYTERRORYSTYCZNE SYSTEMY MONITORUJĄCE – KIERUNKI ROZWOJU

Anti-terroristic monitoring systems -the directions of the development

Streszczenie

W artykule scharakteryzowano współczesne systemy monitorowania antyterrorystycznego. Zaprezentowano systemy monitoringu jako integralny element zapobiegania atakom terrorystycznym. Udokumentowano konieczność rozwoju działań badawczych i rozwojowych systemów monitorowania osób, przedmiotów oraz środowiska naturalnego jako priorytetowego kierunku we współczesnej polityce bezpieczeństwa państwowego. Wskazano na potrzebę integracji monitoringu i środków taktycznych do poziomu spójnego systemu walki z terroryzmem, w którym eliminacja przeciwnika może być zastąpiona skutecznym obezwładnianiem siły żywej. Obezwładnianie terrorysty uniemożliwiające wykonanie ataku, nie tylko zapobiega ludzkiej tragedii i zniszczeniom materialnym ale także przyczynia się do zwiększenia skuteczności metod śledczych i dochodzeniowych. W przedstawionym ujęciu obezwładnianie jest następstwem prawidłowego rozpoznania przeprowadzonego z zastosowaniem systemu monitoringu. W prezentowanym artykule przeprowadzono ogólną klasyfikację antyterrorystycznych systemów monitorujących na systemy monitorowania osób, przedmiotów oraz zagrożenia ekologicznego. Wskazano kierunki rozwoju prac badawczych związanych z doskonaleniem metod monitorowania. Omówiono zagadnienia związane z monitoringiem osób ukierunkowanym na rozpoznawanie tożsamości oraz zachowań potencjalnie uznawanych za niebezpieczne przeprowadzonym na podstawie aktywnej identyfikacji i weryfikacji obiektów. Wskazano zagadnienia, których rozwój badawczy jest wspierany przez programy badawcze Unii Europejskiej oraz programy krajowe. Podkreślono duże znaczenie połączenia problematyki analizy obrazu i analizy zjawisk związanych z „mową ciała” w celu rozwoju technologii przewidywania ludzkich zachowań oraz technologii „skanowania myśli”. Omówiono zagadnienia związane z monitoringiem przedmiotów uznawanych za materiały wybuchowe, broń, substancje chemiczne lub narzędzia potencjalnie niebezpieczne. Zaprezentowano najnowsze możliwości wieloparametrycznych skanerów ciała umożliwiających uzyskanie obrazu niebezpiecznych urządzeń i śladów znajdujących się na ciele np.: skrytych pod ubraniem. Ponadto przedstawiono najnowsze rozwiązania skanerów przeznaczonych do wykrywania materiałów wybuchowych wykorzystujących technologię skanowania bagażu za pomocą technik stosowanych w tomografii komputerowej. Podkreślono istotną rolę biosensorów jako nowego sposobu wykrywania materiałów wybuchowych. Omówiono zagadnienia związane z monitoringiem parametrów środowiska naturalnego jako elementu bezpieczeństwa w warunkach zagrożenia terrorystycznego. Przystawiono kierunki rozwoju prac badawczych zmierzających do zwiększenia skuteczności zdalnego wykrywania skażeń w systemach on line.

Summary

The article presents contemporary anti-terrorist monitoring systems as integral elements of a complex anti-terrorist systems. Monitoring systems are of great importance to national safety and thus R&D activity aiming at their development and improvement should be of priority in the research policy of each and every country. The authors emphasize the need for a compound anti-terrorist system, in which complete elimination of the aggressor can be replaced with their effective incapacitation that reduces the number of casualties and at the same time increases the success and efficiency of investigation methods. In the case presented in the article, the incapacitation of the terrorist is possible due to the application of the monitoring system. Apart from people monitoring systems, the authors of the article distinguish between two more groups of monitoring systems, i.e. environment and object monitoring systems, however the emphasis is put on people monitoring systems that prevent terrorist activity. The features of such systems that are widely discussed in the paper include their ability to identify potentially dangerous behaviour, read facial expressions and body language. Additionally, the range of tasks performed by contemporary multi-parameter body scanners that allow the images of potentially dangerous objects and weapon concealed underneath people's clothing to be recorded is also presented. A significant part of the article is also devoted to object monitoring systems with particular attention paid to scanners for the detection of explosives hidden in luggage that employ computer tomography methods and biosensors. The issues connected with the monitoring of the condition of the environment are also discussed in the context of national safety,

particularly the problems of remote on-line monitoring and detection of hazardous contamination. The authors also point out the R&D activity in the field of national safety and anti-terrorist protection that are supported within the framework of EU strategic research programmes.

Słowa kluczowe: terroryzm, monitoring, identyfikacja, weryfikacja, materiały niebezpieczne;

Keywords: terrorism, monitoring, identification, verification, dangerous materials;

Wprowadzenie

Zapobieganie atakom terrorystycznym stanowi jeden z priorytetowych kierunków działań we współczesnej polityce bezpieczeństwa państwowego. Dwa podstawowe elementy systemu walki z terroryzmem to prewencja i taktyka. Prewencja to przede wszystkim działania związane z monitorowaniem zagrożenia terrorystycznego, zaś taktyka to nowoczesne i niekonwencjonalne środki zwalczania terrorystów. W nowoczesnych systemach rozwiązywania sytuacji kryzysowych oba kierunki są ze sobą wzajemnie powiązane.

Rozwój środków taktycznych jest związany przede wszystkim z nowymi technologiami umożliwiającymi unieszkodliwianie terrorystów w sposób nie powodujący strat ludzkich i materialnych. W tym obszarze prace badawcze skupiają się nad opracowaniem nowego typu niezabijającej lecz obezwładniającej „broni” (*non-lethal weapon, NLW*)¹. Systemy *NLW* są przeznaczone do chwilowego obezwładniania przeciwnika (np. w przypadkach piractwa, napadów zbrojnych, aktach terroryzmu)². Prace badawcze skupiają się na wykorzystaniu emisji fal dźwiękowych dalekiego zasięgu³. Uzyskiwane rezultaty pozwalają na skuteczną reakcję w sytuacjach zagrożenia dzięki ogromnej energii fali akustycznej przekraczającej 150 dB. Opracowane rozwiązania⁴ (np.: system *LRAD - Long Range Acoustic Device*) posiadają możliwość przekazu sygnałów odstrasżających, ostrzegawczych oraz obezwładniających na odległość do 1000 m. Emitery fal dźwiękowych to także znakomite systemy ochrony portów lotniczych i morskich, kolei, stref wokół platform i rurociągów, ogrodzeń zabezpieczających obiektów strategicznych, obiektów przemysłu petrochemicznego, elektrowni jądrowych, a także wielu innych obszarów, które wymagają ochrony infrastruktury krytycznej. W Polsce prace badawcze dotyczące opracowania źródła dźwięku do oddziaływania odstrasżającego w zastosowaniach specjalnych prowadzone są w AGH w Krakowie w Katedrze Wibroakustyki⁵. Pomimo rozwoju antyterrorystycznych

systemów taktycznych, główny ciężar prac związanych z poprawą bezpieczeństwa dotyczy antyterrorystycznych systemów monitorujących.

Monitorowanie osób

Podstawowy element monitoringu jest związany z zapewnieniem bezpieczeństwa poprzez weryfikację osób i zdarzeń w miejscach i obiektach technicznych o szczególnym znaczeniu (porty lotnicze, zbiorniki wodne, elektrownie atomowe i inne obiekty użyteczności publicznej). Instytucje publiczne na poziomie lokalnym i krajowym coraz częściej sięgają po rozwiązania z zakresu monitoringu wizyjnego w ramach działań związanych z bezpieczeństwem państwa i obywateli. Współczesne cyfrowe systemy monitoringu wizyjnego umożliwiają wykonywanie zdjęć w wysokiej rozdzielczości w połączeniu z analizą wzorców zachowań i rozpoznawania twarzy w celu wykrywania i oznaczania podejrzanych osób. Te zaawansowane możliwości, podobnie jak długie okresy archiwizacji wymagane w przypadku wielu obiektów rządowych, wymagają zarówno doskonalenia technologii wizyjnych na poziomie sprzętowym i programowym jak i rozwoju prac w dziedzinie pamięci masowej o dużej pojemności.

W ramach 7 Programu Ramowego jest realizowany projekt *ADABTS*⁶. W swych założeniach jest on systemem, który z wykorzystaniem metod wizyjnych ma wykrywać zachowania wskazujące, że dana osoba może być zaangażowana w działania przestępcze. System, analizując nagrania z kamer, dokładnie śledzi zachowania ludzi. Możliwe jest śledzenie podejrzanej osoby jednocześnie wieloma kamerami i analizowanie jej kolejnych podejrzanych zachowań np.: szybkie przemieszczanie się po lotnisku, czy też częste korzystanie z toalety.

Działające obecnie systemy monitoringu, pomimo dużego nasycenia kamerami oraz ciągłej rejestracji danych video, nie posiadają jeszcze cech w pełni skutecznej aktywnej identyfikacji i weryfikacji obiektów. Intensywny rozwój rozwiązań softwareowych ma na celu eliminację tych ograniczeń poprzez zapewnienie jednoznacznej weryfikacji osób, które pojawiają się przed obiektywem kamery oraz ich identyfikacji [1]. Weryfikacja w systemach zabezpieczeń pozwala bardzo dokładnie zweryfikować

¹ Non-Lethal Weapons. <http://www.globalsecurity.org/military/systems/munitions/non-lethal.htm>

² Bradford Non-Lethal Weapons, Research Project. <http://www.geneva-forum.org/Reports/20040311b.pdf>

³ Less than lethal weapons, <http://defense-update.com/events/2004/summary/LIC041-hs-nlw.htm>

⁴ LRAD - Long Range Acoustic Device, <http://www.terrorism.com.pl/index.php?go=lrad>

⁵ Batko W.: Panelowe niskoczęstotliwościowe źródło dźwięku do oddziaływania odstrasżającego w zastosowaniach specjalnych. Projekt Rozwojowy 0083/R/T00/2010/11

⁶ Automatic Detection of Abnormal Behaviour and Threats in crowded Spacer. http://cordis.europa.eu/fetch?CALLER=FP7_SECURITY_PROJ_EN&ACTION=D&DOC=37&CAT=PROJ&QUERY=0123e36de3ce:4312:2d3b7d9&RCN=91158

osobę na podstawie wyglądu twarzy. Uniemożliwia to posługiwanie się np. skradzionymi kartami identyfikacyjnymi lub kartami płatniczymi. Identyfikacja jest zagadnieniem bardziej złożonym, które uwzględnia relacje dopasowania jeden do wielu oraz wielu do wielu [2]. Ma ona zastosowanie szczególnie w systemach monitoringu obiektów (lotnisk, dworców, budynków użyteczności publicznej, itp.), w których umieszczonych jest wiele kamer, obserwujących jednocześnie wiele lokalizacji. Baza osobowa w przypadku identyfikacji jest zazwyczaj dużo większa niż w przypadku weryfikacji i zawiera deskryptory (opcjonalnie również fotografie) osób poszukiwanych lub niepożądanych w określonych miejscach.

Efektywne metody rozpoznawania twarzy, będą odgrywały w najbliższym czasie dużą rolę w zagadnieniach sprawdzania tożsamości, eliminacji osób poszukiwanych, weryfikacji operacji przeprowadzanych z użyciem kart płatniczych, itp.

Analiza obrazu stanowi podstawę rozwoju technologii „skanowania myśli”⁷. Skanery wyposażone w odpowiednie czujniki pomagają wykryć wszelkie podejrzanе reakcje osoby na prezentowane wizerunki. Mowa ciała, częstość akcji serca, zmiany w poruszaniu gałek ocznych czy w temperaturze ciała stanowią miarodajny wskaźnik świadczący o ukrytych zamiarach monitorowanej osoby.

Innego typu urządzenia czytające myśli wykorzystują skanowanie ruchów twarzy oraz obserwowanie powiększających się źrenic wskazujących na złe intencje obserwowanego⁸.

Monitorowanie przedmiotów

Skanery całego ciała to urządzenie, które dzięki nasświetleniu człowieka milimetrowymi falami radiowymi jest w stanie uzyskać obraz niebezpiecznych urządzeń i śladów np.: pod ubraniem⁹. Zaletą skanerów ciała jest ich szybkie działanie (3 sekundy) i bezdotykowość. Uzupełnienie tych urządzeń stanowią bramki przejściowe emitujące podmuchy powietrza, które mają poruszyć cząsteczki znajdujące się na odzieży lub skórze. Następnie czujniki bramki przechwytyują i analizują próbki powietrza, poszukując w nich śladów materiałów wybuchowych¹⁰.

Zagadnienie monitoringu w równym stopniu odnosi się do problemów związanych z kontrolą bagażu w celu wykrywania materiałów wybuchowych i promieniotwórczych [3]. Zaawansowane systemy wykrywania materiałów wybuchowych wykorzystują technologię skanowania bagażu za pomocą technik stosowanych w tomografii

komputerowej¹¹. Wirujące głowice skanują obiekty w wysokiej rozdzielczości, a algorytmy komputerowe porównują uzyskane dane z parametrami znanych materiałów wybuchowych. Szczególnie intensywne badania nad ulepszeniami systemu kontroli bagażu prowadzone są w koncernie GE. Prowadzone są prace nad wykorzystaniem technologii lamp rentgenowskich z emisją polową (źródło elektronów, którymi można sterować elektronicznie, co przyspiesza skanowanie) w celu budowy nowej generacji tomografów komputerowych o znacznie wyższej rozdzielczości. W niedalekiej przyszłości system zostanie również wzbogacony o uzupełniające technologie obrazowania, które będą oferować dodatkowe informacje, np. efektywną liczbę atomową zidentyfikowanych substancji. Będą one w stanie wykrywać mniejsze zagrożenia, a ich wydajność będzie zdecydowanie wyższa.

Prowadzone są również badania nad opracowaniem nowych, skuteczniejszych sposobów wykrywania materiałów wybuchowych na odległość [4, 5]. Jedną z takich metod wykorzystuje obserwację wiązki laserowej, która rozprasza się na obecnych w powietrzu cząsteczkach związków chemicznych. Badając w jaki sposób wiązka się rozprasza, można stwierdzić na jakie związki chemiczne napotyka [6] ponieważ każdy związek ma inny wpływ na kształt oświetlającej go wiązki. W Polsce prace nad metodami i urządzeniami do wykrywania materiałów wybuchowych prowadzone są w Instytucie Problemów Jądrowych w Świerku¹². W ramach realizowanego projektu powstają unikatowe w skali globalnej systemy detekcyjne do zastosowań antyterrorystycznych¹³. Pozwola one szybko i skutecznie wykrywać niebezpieczne materiały w portach przeładunków kontenerowych, dużych węzłach kolejowych i przejściach granicznych. Powstałe rozwiązania wykorzystują wiązkę neutronów, która wzbudza napotymane materiały. Emitowane przez nie promieniowanie gamma pozwala na przybliżoną identyfikację substancji [7]. Badania są skoncentrowane na metodach detekcji węgla, wodoru, tlenu i azotu. Badając proporcje między liniami widmowymi tych pierwiastków, możliwe jest prawdopodobne określenie związków chemicznych, a tym samym ustalenie z bezpiecznej odległości, czy np. w podejrzanym pojeździe znajdują się materiały wybuchowe. Urządzenia z wiązkami neutronowymi [8] będą miały stosunkowo małe rozmiary, co umożliwi ich instalowanie m.in. na mobilnych robotach używanych przez oddziały antyterrorystyczne.

⁷ Odkryją nasze myśli na lotniskach. http://www.4safe.pl/wiadomosci/odkryja_nasze_mysli_na_lotniskach

⁸ The Opportunity - Wanted: Intent Detection Systems. http://www.epicos.com/epicos/extended/israel/wecu/wecu_home.htm

⁹ Full Body Scanner Image. <http://www.mahalo.com/full-body-scanner-images>

¹⁰ http://www.aviationnews.us/articles.php?article_id=232&start=1. GE EntryScan

¹¹ System kontroli bagażu i wykrywania materiałów wybuchowych GE CTX 9000. [http://www.ochrona.pl/?page=Structure&id=48&nid=2644GE CTX 9000](http://www.ochrona.pl/?page=Structure&id=48&nid=2644GE%20CTX%209000)

¹² Projekt „Akcelerator i detektory” POIG.01.01.02.-14-012/08-00

¹³ Projekt budowy nowatorskich systemów antyterrorystycznych wkracza w fazę doświadczeń. <http://www.elektrownia-jadrowa.pl/Projekt-budowy-nowatorskich-systemow-antyterrorystycznych-wkracza-w-faze-doswiadczen-Institut-Problemow-Jadrowych-im-Andrzeja-Soltana-w-Swierku.html>

Jedną z perspektywicznych metod wykrywania materiałów niebezpiecznych jest zastosowanie generatorów neutronowych z detektorami cząstek alfa [9], [10].

Naukowcy z Uniwersytetu Stanu Colorado prowadzą badania nad nowym sposobem wykrywania materiałów wybuchowych z zastosowaniem roślin¹⁴ w charakterze bio sensorów [11]. Celem badań jest opracowanie zmodyfikowanych roślin, które niemal natychmiast będą mogły wykryć obecność materiałów wybuchowych [12]. W momencie wykrycia takich substancji w powietrzu, roślina zmieni kolor swoich liści. Roślinne wykrywacze będą miały szerokie zastosowanie¹⁵. Można będzie nimi obsadzić szkoły, szpitale, stadiony, rządowe budynki i inne miejsca podatne na ataki terrorystyczne. Naukowcy planują stworzenie pierwszych roślinnych wykrywaczy w ciągu kilku lat.

Monitorowanie zagrożenia ekologicznego

Monitorowanie skażeń i zagrożenia ekologicznego wywołanego atakiem chemicznym lub biologicznym to istotny element bezpieczeństwa w warunkach zagrożenia terrorystycznego [13]. Prowadzone prace badawcze i aplikacyjne skupiają się na rozwiązaniach sieciowych umożliwiających monitorowanie on-line powietrza oraz wód na dużych obszarach o różnorodnej infrastrukturze. Pozwoli to - w razie ataku terrorystycznego z użyciem broni biologicznej czy chemicznej - szybko ustalić trasę zanieczyszczeń oraz w jakim kierunku prowadzić ewakuację ludności.

Systemy zdalnego monitorowania skażeń i zanieczyszczeń dzielą się na systemy typu „stand-off” i „remote”. Pierwsze z nich umożliwiają wykrycie zanieczyszczenia (chmury gazów lub bakterii) ze znacznej odległości, bez bezpośredniego kontaktu ze skażeniem. Natomiast drugie wykorzystują niewielkie czujniki punktowe, z których dane przesyłane są do centrów, gdzie są analizowane i określany jest poziom zagrożenia. W systemach „remote” konieczny jest kontakt czujnika z analizowanym obszarem.

W systemach „stand-off” stosowane są lidary, wykorzystywane głównie do wyznaczania przejrzystości powietrza, badania koncentracji zanieczyszczeń w atmosferze i detekcji ich składu, wykrywania obszarów o odmienniej temperaturze, pomiaru ruchów powietrza na dużych odległościach itp.

W systemach „remote” stosowane są czujniki elektrochemiczne, elektryczne, grawimetryczne, termometryczne, magnetyczne, optyczne oraz biosensory. Czujnikami elektrochemicznymi są różnego rodzaju elektrody (inercyjne, aktywne chemiczne, modyfikowane) przystosowane do oznaczania konkretnych substancji chemicznych. Efekty zachodzącej reakcji elektrochemicznej oceniane są metodami potencjometrycznymi, konduk-

tometrycznymi, woltamperometrycznymi lub kulometrycznymi. Czujniki elektryczne działają na zasadzie adsorbowania substancji chemicznych (z fazy ciekłej lub gazowej) na aktywnej powierzchni sensora i zmianie jego elektrycznych parametrów: przewodnictwa, potencjału, ładunku. W czujnikach grawimetrycznych wykorzystywane są adsorpcyjne właściwości materiałów piezoelektrycznych, w wyniku czego następuje zmiana ich masy. Jest ona przetwarzana na sygnał elektryczny. Czujniki termometryczne działają na zasadzie pomiaru ilości ciepła wytwarzanego lub pochłanianego podczas reakcji oznaczanej substancji z aktywną powierzchnią sensora. W czujnikach magnetycznych wykorzystywany jest pomiar paramagnetycznych właściwości analizowanych substancji. Natomiast w czujnikach optycznych analiza zmian parametrów strumienia świetlnego w wyniku kontaktu oznaczanej substancji z powierzchnią sensora, pokrytego optycznie aktywnym związkiem chemicznym. W biosensorach do generowania sygnału analitycznego wykorzystywane są materiały biologiczne i biochemicznie aktywne, np.: białka, enzymy, hormony, mikroorganizmy, kwasy nukleinowe. Używane są one przede wszystkim do wykrywania i identyfikacji substancji toksycznych i mutagennych. W systemach ciągłego monitorowania powietrza i wód powierzchniowych najczęściej wykorzystywane są czujniki optyczne, elektrochemiczne oraz fotoakustyczne. Najczęściej są one sprzężone w hybrydowy układ modułów funkcjonalnych skonfigurowanych do oznaczania wybranych substancji chemicznych

Wnioski

Prace podejmowane w obszarze antyterrorystycznych systemów monitorujących powinny koncentrować się na zagadnieniach związanych z doskonaleniem metod analizy zachowań w celu skutecznego wykrywania osób podejrzanych i stwarzających potencjalne zagrożenie. Równoległym kierunkiem prac musi być rozwój systemów wykrywania materiałów wybuchowych i toksyn w celu zmniejszenia niedogodności związanych z realizacją procedur kontrolnych. Monitoring antyterrorystyczny będzie ściśle połączony z metodami unieszkodliwiania siły żywej. Prace badawcze będą obejmować badania związane z budową systemów selektywnej eliminacji, minimalizującej ryzyko uszkodzenia zakładników i osób postronnych i oraz wystąpienia strat materialnych.

Literatura

1. Liting Wang, Liu Ding, Xiaoqing Ding, Chi Fang: *2D face fitting-assisted 3D face reconstruction for pose-robust facerecognition*. Soft Comput (2011) 15 pp:417–428.
2. Blanz V., Grother P., Phillips P., Vetter T.: *Face recognition based on frontal views generated from nonfrontal images*. IEEE Conf Comput Vis Pattern Recognit 2 (2005) pp:454–461.

¹⁴ CSU Gets Grant For Bomb-Detecting Vegetation. <http://denver.cbslocal.com/2011/01/26/csu-gets-grants-for-bomb-detecting-vegetation/>

¹⁵ Nowe wykrywacze bomb na lotniskach? http://www.4safe.pl/wiadomosci/10/nowe_wykrywacze_bomb_na_lotniskach

3. Shipilov N, Fazylov M., Podkovirin A, Karimov, Petrenko Y., Yuldashev B.: *Identification of radioactive materials in moving objects*. Applied Radiation and Isotopes Vol: 63, Issue: 5-6, November - May, 20 pp. 783–787.
4. Dogariu A, Michael JB, Scully MO, Miles RB.: *High-gain backward lasing in air*. Science. 2011 Jan 28; 331(6016): pp.442-5.
5. Reber E., Blackwood L., Edwards A., Egger A., Petersem P.: *Idaho Explosives Detection System: Development and Enhancements*. Sensing and Imaging: An International Journal. (2007) 8: pp.121–130
6. Gottfried J., De Lucia F., Munson C., Miziolek A.: *Laser-induced breakdown spectroscopy for detection of explosives residues: a review of recent advances, challenges, and future prospects*. Analytical and Bioanalytical Chemistry (2009) 395, pp.283–300.
7. Naydenov S, Ryzhikov V, Smith C.: *Direct reconstruction of the effective atomic number of materials by the method of multi-energy radiography*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 215 (2004) pp.552–560.
8. Yigang Yang, Yuanjing Li, Haidong Wang, Tiezhu Li, Bin Wu: *Explosives detection using photoneutrons produced by X-rays*. Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A Vol: 579, Issue: 1, August 21, 2007 pp.400–403
9. Sim, Cheul Muua; Kim, Yi Kyunga; Kim, Tae Jooa; Hong, Kwang Pyoa; Em, V.T.a; Lee, Kye Honga; Kim, Young Jina; Kim, Jeong Ukb. *Fast neutron interrogation system development for the detection of explosive materiale*. Nuclear Inst. and Methods in Physics Research, A Vol: 605, Issue: 1-2, June 21, 2009 pp. 65–68
10. Kozlovsky S., Kyzyurovb V, Laykinb A., Olshansky Y.: *Development of a combined device for the detection of unauthorized transportation of explosive, fissionable and radioactive materiale*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment Vol: 505, Issue: 1-2, June 1, 2003 pp. 478–481
11. Singh S.: *Sensors—An effective approach for the detection of explosives*. Journal of Hazardous Materials Volume: 144, Issue: 1-2, June 1, 2007, pp. 15-28.
12. Antunes M., Morey K., Smith J., Albrecht K., Bowen T., Jeffrey., Zdunek K., Troupe J., Cuneo M., Webb C., Hellinga H., Medford J.: *Programmable Ligand Detection System in Plants through a Synthetic Signal Transduction Pathway*
13. <http://www.plosone.org/article/info%3Adoi%2F10.1371%2Fjournal.pone.0016292#s2>
14. Abbaspoura M., Mansouri N.: *City hazardous gas monitoring network*. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. Vol: 18, Issue: 4-6, July - November, 2005 pp.: 481–487

dr inż. Andrzej Zbrowski

jest adiunktem w Instytucie Technologii Eksploatacji - PIB w Radomiu. Kieruje Zakładem Doświadczalnym. Jest autorem lub współautorem 150 publikacji naukowych, 37 uzyskanych patentów oraz 110 zgłoszeń patentowych. Brał udział w realizacji 40 projektów badawczych, ponadto kierował 12 projektami badawczymi i rozwojowymi.

Augustyn Chwaleba,
 Anatoly G. Jatsunenکو¹
 Włodimir P. Kamkov¹
 Jan Szczurko²
 Józef Szmitkowski³
 Sergey A. Yatsunenکو⁴
 Stefan Wilczkowski³

¹ Instytut Mechaniki Technicznej

Ukraińska Akademia Nauk i Agenda Badan Kosmicznych

Dniepropietrowsk, Ukraina

² Instytut Systemów Mechatronicznych Wojskowa Akademia Techniczna

³ Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwporażeniowej - PIB

⁴ Instytut Fizyki PAN

OCENA POZIOMU ODPORNOŚCI I TYPU REAKCJI ADAPTACYJNEJ ORAZ MOŻLIWOŚCI TERAPII STYMULACYJNEJ STRESU Z WYKORZYSTANIEM PÓL ELEKTROMAGNETYCZNYCH BARDZO WIELKIEJ CZĘSTOTLIWOŚCI

**Assessment of the level and type of immune response and the possibility
 of adaptive stimulation therapy using electromagnetic fields very high frequency**

Streszczenie

Diagnostyka stanu organizmu człowieka z wykorzystaniem sygnałów elektrycznych wielkiej częstotliwości polega na pomiarze parametrów elektrycznych (składowych czynnej i biernej, przewodności elektrycznej) komórki lub zespołu komórek oraz płynu tkankowego (środowiska humoralnego). Parametry te mierzy się za pośrednictwem punktów biologicznie aktywnych (PBA) i wyraża w jednostkach umownych (j.u.) - względnych w stosunku do parametrów wzorców chorobowych. Wielokrotne badania na dużej grupie pacjentów zdrowych pozwoliły ustalić „korytarz normy”, który dla składowej biernej przewodności elektrycznej (admitancji) zawiera się w przedziale (51÷65) j.u., a dla składowej czynnej w przedziale (60÷75) j.u. Stres jest definiowany jako stan organizmu o charakterze emocjonalno - funkcjonalnym, zaburzającym jego właściwe funkcjonowanie. Stres może być pochodzenia fizycznego (biologicznego) lub psychologicznego. Stres ma trzy fazy : obawy, strachu (faza stabilności odpornościowej), wyczerpania. Dwie pierwsze fazy stresu charakteryzują się tym, że organizm samoczynnie uruchamia mechanizmy aktywacyjno - adaptacyjne. Faza wyczerpania jest równoznaczna z chorobą, w wyniku której może nastąpić zgon. W dwóch pierwszych fazach wartości modułów składowych czynnej i biernej admitancji są powyżej korytarza normy, natomiast w fazie wyczerpania towarzyszy zmniejszenie modułów składowych admitancji dla większości organów, a objawami stanu patologii są procesy puchnięcia i ogólnej arteriosklerozy.

Terapia stresu z wykorzystaniem pól elektromagnetycznych b.w.cz. ma charakter reaktywacyjny i polega na pobudzaniu i podtrzymaniu w organizmie reakcji adaptacyjnych. Celem terapii jest usprawnienie komunikacji informacyjnej między narządami i układami wewnątrz organizmu a środowiskiem zewnętrznym - skutkującym podwyższeniem odporności i normalizacją homeostazy organizmu. Przy terapii stymulacyjnej należy uwzględnić cykliczność i dyskretność reakcji adaptacyjnych organizmu. Dlatego terapia stresu powinna mieć charakter okresowy (dostosowany do biorytmu organizmu), a dawka pierwsza medium terapeutycznego powinna być mała, a następne powinny się różnić o (10÷20)%. Terapia (podobnie jak stany zachorowań) powinna przebiegać według algorytmu : informacja -> energia -> materia. Pierwsza dawka promieniowania elektromagnetycznego oddziałuje na cały organizm - aktywując właściwości regulacyjne komórek, a następnie wzmacniają tę aktywację - działając leczniczo. Ogólne i miejscowe reakcje adaptacyjne w czasie ich długotrwałego podtrzymania doprowadzają do ich inercyjnej stabilizacji - poziom reaktywności organizmu dostosowuje się do nowych warunków środowiskowych. Oznacza to, że człowiek dostosuje się do otaczającego środowiska - co jest równoznaczne ze skutecznym leczeniem.

Summary

Diagnosis of the human body using high frequency electrical signals consists in measuring the electrical parameters (active and passive components, electrical conductivity) of the cell or group of cells and tissue fluid (humoral environment). These parameters are measured through biologically active points (BAP) and are expressed in arbitrary units (a.u.) - relative to the parameters of disease patterns. Repeated tests on a large group of healthy patients have established „corridor standards,” which for the passive component of the electrical conductivity (admittance) is in the range ($51 \div 65$) already, and for the active component in the interval ($60 \div 75$) a.u.

Stress is defined as a condition of the body of an emotional - functional character, disrupting its proper functioning. Stress may have physical (biological) or psychological origins.

Stress has three phases: anxiety, fear (stability phase of immunity), exhaustion. The first two phases of stress are characterized by the fact that the body automatically runs the activation - adaptive mechanisms. Exhaustion phase is synonymous with the disease - as a result death may occur. In the first two phases values of the constituent modules of active and passive admittance are above the norm, while at the stage of exhaustion values are accompanied by a reduction in the constituent modules of admittance to most organs, and symptoms of pathology are the processes of swelling and general arteriosclerosis.

Treatment of stress with the use of RF & Microwave electromagnetic fields has a reactivation character and includes stimulating and sustaining adaptive reactions in the body. The aim of therapy is to improve communication of information between the organs and systems within the body and the external environment - resulting in an increase of immunity and normalization of homeostasis. Stimulation therapy should take into account the periodicity and the discretion of body's adaptive responses. Therefore, stress therapy should have periodic character (adapted to the biorhythm of the body), and the first dose of therapeutic medium should be small, and the next should be differ about ($10 \div 20$)%. Therapy (as well as disease states) should be handled by the algorithm: information $\rightarrow$ energy $\rightarrow$ matter. The first dose of electromagnetic radiation affects the whole body - activating the regulatory properties of cells, and then reinforcing this activation - acting therapeutically. General and local adaptive responses during their long-term maintenance have led to their inertial stabilization - the level of reactivity of the organism adapts to new environmental conditions. This means that a person adapts to the surrounding environment - which is tantamount to effective treatment.

Słowa kluczowe: nowe technologie medyczne, choroby psychosomatyczne, stres, efekt antystresowy;

Keywords: new medical technologies, psychosomatic illness, stress, antistress effect;

Wprowadzenie

Zgodnie z filozofią wschodu, człowiek nie staje się zdrowy uwalniając się od choroby. Proste obserwacje świadczą o tym, że stanów zdrowia może być wiele. Prawidłowe są wyobrażenia o zdrowiu jako o procesie całkowitego przystosowania organizmu do otaczającego środowiska.

Najbardziej stabilnym stanem organizmu z charakterystycznymi zmianami w organizmie, odpowiadającym górnym granicom normy, bliskiej normie młodego organizmu jest stan podwyższonej reaktywności.

Współcześnie opracowano szereg metod i sposobów oceny stanu funkcjonalnego organizmu i bezinwazyjnego sterowania tym stanem w celu ich profilaktyki i leczenia. Są to następujące diagnostyczne i terapeutyczne zestawy aparaturowo-programistyczne:

- zestaw do elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki stanu funkcjonalnego organizmu ludzkiego, bazujący na wskaźnikach określających poziom odporności i rodzaj reakcji adaptacyjnej organizmu;
- zestaw do informacyjno-punktowej terapii biorezonansowej z wykorzystaniem promieniowania elektromagnetycznego bardzo wielkiej częstotliwości o subniskim poziomie gęstości mocy.

W ramach diagnostyki i terapii stresu wykorzystuje się metodykę i aparaturę do:

- monitorowania stanu funkcjonalnego centralnego i wegetatywnego systemów nerwowych, różnych organów i sy-

stemów w warunkach początkowej fazy rozwoju stresu, a także w fazie ostrego i chronicznego stresu;

- dynamicznej obserwacji poziomu odporności i rodzaju reakcji adaptacyjnej w trakcie terapii stymulacyjnej z wykorzystaniem promieniowania elektromagnetycznego b.w.cz.

Zadania stawiane przed metodyką i zestawem aparaturowo-programistycznym służącym do diagnostyki i terapii stymulacyjnej stresu są następujące:

- ocenić stan funkcjonalny wszystkich organów i systemów tkankowych ludzkiego organizmu;
- wyznaczyć poziom reaktywności i rodzaj reakcji adaptacyjnej;
- wyprowadzić organizm z reakcji stresowej i przeprowadzić go na bardziej przyjazne (właściwe) organizmowi reakcje energetyczne;
- podtrzymać stałość podstawowych parametrów środowiska wewnętrznego organizmu, przede wszystkim, zapewnić oddziaływanie energo-informacyjne na procesy biochemiczne.

Diagnostyka stresu podczas zaburzeń funkcjonalnych organizmu z wykorzystaniem pól elektromagnetycznych

Istotną różnicą proponowanych diagnostycznych zestawów aparaturowo-programistycznych od klasycznej Wołoskiej diagnostyki jest wydzielenie z przewodności

elektrycznej zespolonej admitancji PBA dwóch składowych: biernej i czynnej. Wykorzystanie wartości składowych admitancji zespolonej - biernej i czynnej w elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyce pozwala jakościowo i ilościowo ocenić stan funkcjonalny badanego pacjenta, a także, w przypadku obecności stresu, określić jego stadium rozwoju, z perspektywnym określeniem taktyki leczenia danego stanu.

Składowa bierna charakteryzuje środowisko wewnątrzkomórkowe, a składowa czynna charakteryzuje przestrzeń międzykomórkową. Między środowiskami wewnętrznym i zewnętrznym komórki cały czas występują wzajemne oddziaływania, polegające na wymianie cząstek materialnych, energii i informacji. Mając na uwadze fakt, że procesy elektryczne zachodzące na poziomie komórki, podyktowane są prądem jonów, należy zaznaczyć, że między wewnętrznym i zewnętrznym środowiskami komórki do normalnego przebiegu życiodajnych procesów powinien być zachowany pewien gradient jonowy. W tym sensie niezgodność wartości modułów składowych admitancji zespolonej – biernej i czynnej w trakcie przeprowadzania elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki, okazuje się doskonałym naturalnym czynnikiem odzwierciedlającym jakość procesów życiodajnych.

W wyniku przeprowadzonych badań, na dużej grupie pacjentów, udowodniono, że wartość składowej czynnej jest w normie, jeżeli przy jednoczesnym pomiarze punktów biologicznie aktywnych (PBA), będzie większa od wartości składowej reaktancyjnej o 5-15 jednostek umownych (j.u.). Korytarz normy modułów składowej biernej odpowiada poziomowi 51-65 j.u., korytarz normy składowej czynnej wynosi 60-75 j.u.

Stres jest definiowany jako stan organizmu o charakterze emocjonalno-funkcjonalnym, zaburzającym jego właściwe funkcjonowanie. Stres może być pochodzenia fizycznego (biologicznego) lub psychologicznego. Pierwszy rodzaj stresu powodowany jest przez bodźce szkodliwe dla organizmu (tzw. Stresor) np. głód, zimno, wtargnięcie drobnoustrojów chorobotwórczych. Stres psychologiczny powodowany jest przez czynniki zewnętrzne utrudniające (lub uniemożliwiające) zaspokojenie potrzeb, osiągnięcie określonych wartości.

Przy braku stresu: wartości wskaźników składowych biernej i czynnej admitancji zespolonej elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki i wskaźnika wegetatywnego zabezpieczenia funkcji znajdują się w korytarzu normy.

Pierwszym etapem stresu (ogólnego syndromu adaptacyjnego) jest stan obawy. Jego rozwój jest bardzo intensywny (średnio w ciągu 6 godzin po oddziaływaniu czynnika stresogenego). Zgodnie z zasadami patofizjologii, w czasie tego etapu zostaje zainicjowana początkowa mobilizacja ochronna organizmu. Jednym z podstawowych mechanizmów ochronnych organizmu jest wyraźna aktywacja systemu sympatoadrenalicznego. Charakteryzuje się tym, że następuje zwiększenie i wzrost aktywno-

ści kory przysadki mózgowej, zmieniają się właściwości strukturalno-funkcjonalne między innymi węzłów limfatycznych.

Wykorzystując wyniki wieloletnich badań z zastosowaniem elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki i ontogenicznego modelu organizmu ludzkiego, który jest podstawą elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki, należy stwierdzić, że na etapie obawy występują następujące zmiany ogólnego syndromu adaptacyjnego. Nietypowe zmiany (mogą być charakterystyczne dla różnych systemów morfologiczno-funkcjonalnych, niezależnie od przynależności ich do tego lub innego bloku modelu ontogenetycznego): wartości składowej czynnej powyżej korytarza normy. Te zmiany podczas elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki są spowodowane tym, że zmiany zachodzące w organizmie na danym etapie, występują przede wszystkim na poziomie środowiska humoralnego, w przestrzeni międzykomórkowej. Przy czym w blokach tranzytowym, strukturalnym i adaptacyjnym systemu morfologicznego mogą mieć charakter wybiórczy – w zależności od indywidualnych właściwości organizmu pacjenta (celowe jest tutaj wspomnieć o takiej kategorii jak, locus resistens minoris – miejsce najmniejszego oporu). Zmiany typowe (odzwierciedlają rodzaj ogólnego syndromu adaptacyjnego): wartości wskaźników składowych reaktancyjnej i czynnej, otrzymanych podczas badania systemu morfologicznego, odnoszących się do bloku adaptacyjnego organizmu przewyższają korytarz normy. Związane jest to z tym, że na etapie reakcji na strach zachodzą zmiany nie tylko funkcjonalne, ale zachodzą też zmiany biochemiczne i strukturalne. Badania za pomocą elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki dowodzą, że typowe oznaki, charakteryzujące etap strachu nie objawiają się jednocześnie. Doświadczenie z diagnozowania stanów ostrych w początkowym etapie ich rozwoju pozwalają wyodrębnić wskaźniki składowych biernej i czynnej morfologicznego systemu limfatycznego organizmu najbardziej reagujące na zachodzące procesy.

Należy zauważyć, że już na etapie niepokoju, na podstawie wskaźników ogólnego adaptacyjnego syndromu otrzymanych z elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki, można sądzić o tym, jak silny był wpływ czynnika stresogenego na organizm człowieka. Jeżeli składowa bierna systemu morfologicznego, odnosząca się do bloku adaptacyjnego nie przewyższa 80 j.u. (energetyka napięć, stany przedzapalne) to wynik oddziaływania czynnika stresogenego oceniamy jako umiarkowany. W takiej sytuacji organizm, z zasady, jest zdolny w niedługim okresie samodzielnie korygować dany stan. Jeśli wartość wskaźnika przewyższa 80 j.u. – oddziaływanie czynnika stresogenego oceniamy jako silne. Rekomendowana jest niezwłoczna interwencja medyczna – oddziaływanie lekami, fizjoterapeutycznie.

Stadium obawy: wartości wskaźników składowych biernej i czynnej impedancji zespolonej elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki, charakteryzujących system morfologiczny bloku adaptacyjnego powyżej kory-

tarza normy; składowa czynna i wskaźnik wegetatywnego zabezpieczenia funkcji szeregu systemów morfologicznych odnoszących się do bloków transportowego, produkcyjnego i strukturalnego są powyżej korytarza normy.

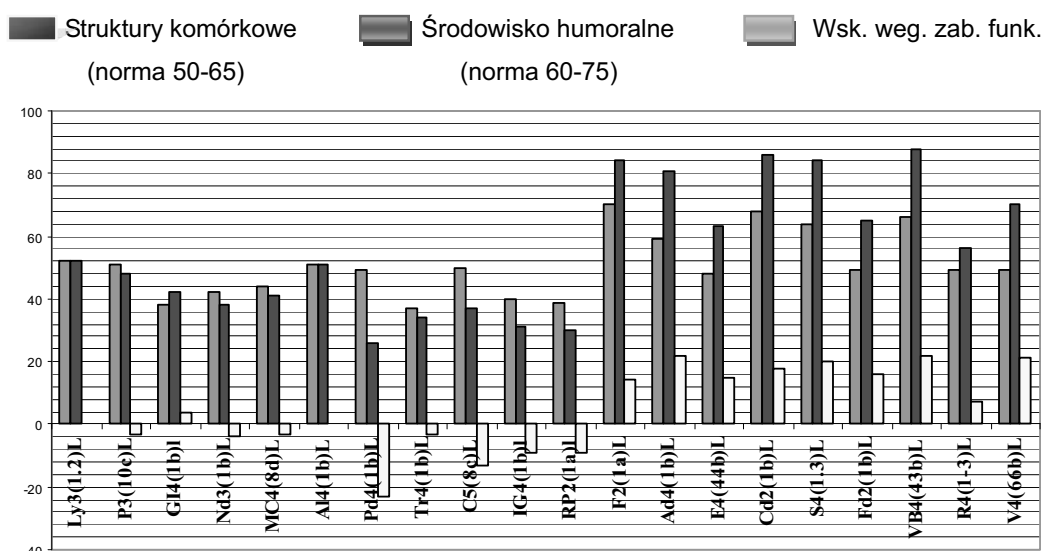
W praktyce diagnozowanie etapu niepokoju, ze względu na jego charakter ostry i krótkotrwały, nie jest zbyt częste. Bardziej aktualnym, przy przewidzianych wizytach pacjentów w gabinetach lekarskich i rehabilitacyjnych jest diagnozowanie następnych etapów ogólnego syndromu adaptacyjnego. Etap niepokoju w czasie 1-2 dni przechodzi w następny etap stresu – etap stabilności odpornościowej. Dla danego etapu charakterystyczne są takie pojęcia jak eustres (stres lekki, np. podniecenie przed podjęciem trudnego zadania, trema aktora lub sportowca przed występem) i distres. Eustres jest synonimem normalnego przebiegu procesu adaptacyjnego. Przykładem jego przebiegu mogą być procesy zachodzące w czasie treningów przy obciążeniu adekwatnym do możliwości sportowca. Badania, przeprowadzane na sportowcach wyczynowcach, dowodzą, że przy braku skarg i wyraźnych objawów klinicznych, wskaźniki elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki nie zawsze znajdują się w korytarzu normy. Tutaj pojawia się takie pojęcie, jak „zapłata za adaptację” – przebiegające jako dość stabilne odchylenie ze strony systemu morfologicznego, pośrednio odnoszące się do ostatecznego celu trenowanego organizmu (np.: system przygotowywania -stopniowania wysiłków, system wydolnościowy i inne). Diagnozowanie eustresu z następnym opracowaniem programów naprawczych odnosi się w większym stopniu do zagadnień medycyny sportowej niż medycyny klinicznej.

Stan distresu (drugi etap – odporność w stanie patologicznym) można zobrazować na przykładzie choroby chronicznej na etapie stabilnej remisji. Samopoczucie w tym stanie może charakteryzować się minimalnymi skargami (ponieważ stan systemu morfologicznego zmienia się dość dynamicznie) lub całkowitym ich brakiem.

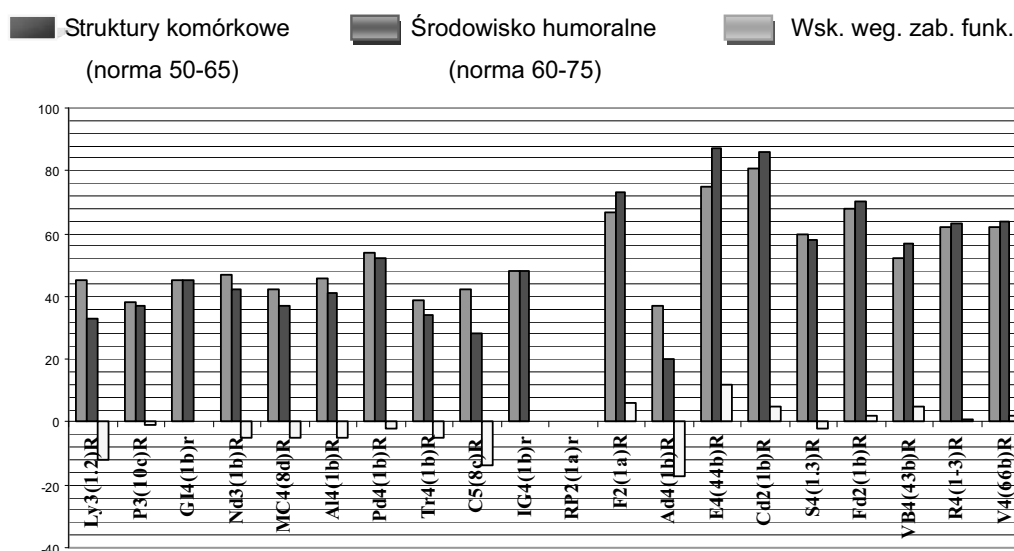
W związku z tym, wskaźniki elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki u pacjentów uwiadcniają się w wartości składowych reaktywnej jak i czynnej impedancji zespolonej. Specyfika patologii określana jest na podstawie odchylen od normy wskaźników systemu morfologicznego. Na etapie kompensacji pojedynczych wskaźników elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki mogą one mieć charakter prognostyczny.

Stadium odporności: stres fizjologiczny – wartości wskaźników składowych biernej i czynnej systemu morfologicznego (głównie - pośrednio zaangażowane w proces adaptacyjny) powyżej korytarza normy; stres patologiczny - wartości wskaźników składowych biernej i czynnej systemu morfologicznego, bezpośrednio zaangażowanych w proces adaptacyjny wyżej korytarza normy.

Jeżeli czynnik stresogenny okazuje się zbyt silnym lub organizm jest niezbyt stabilny, to wtedy następuje trzeci etap rozwoju ogólnego syndromu adaptacyjnego – etap wyczerpania organizmu (wycieńczania). W odróżnieniu od poprzednich etapów, mobilizujących organizm, silne i długotrwałe oddziaływanie czynnika stresogennego prowadzi do choroby a nawet śmierci organizmu. Etapowi wycieńczania towarzyszą także odpowiednie oznaki pochodzące z wartości modułów elektrograficznej punktowej ekspres- diagnostyki. Ten etap charakteryzuje się zmniejszeniem wartości absolutnych wskaźników składowych reakcyjnej i czynnej składowych przewodności zespolonej. Przykładem takiej patologii, której towarzyszy trzeci etap ogólnego syndromu adaptacyjnego może być – proces puchnięcia, ogólna arteroskleroza. Praktyka pokazuje, że ponad połowa z diagnozowanych elektrograficzną punktową ekspres-diagnostyką ma zniżoną wartość wskaźników składowych reakcyjnej i czynnej, jak i znaczące zmniejszenie wskaźnika wegetatywnego zabezpieczenia funkcji. Taką sytuację można zobrazować za pomocą wykresów przedstawiających wyniki otrzymane w codziennej praktyce (rys. 1 i rys. 2).



Ryc. 1. Wyniki elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki pacjenta W.D. – strona lewa
Fig. 1. The results point electrographic express-diagnostics of patient W.D. – left



Ryc. 2. Wyniki elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki pacjenta W.D. – strona prawa
Fig. 2. The results point electrographic express-diagnostics of patient W.D. - right

Na rysunkach przedstawiono wyniki elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki ogólnych zmian miażdżycy. Z przeprowadzonych badań wynika, że w około trzech czwartych badanych pacjentów systemy morfologiczne charakteryzują się zmniejszeniem wartości składowych biernej i czynnej elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki. W celu podkreślenia wyczerpania organizmu należy zaznaczyć, że charakterystyczne objawy występują nie tylko we wskaźnikach systemu morfologicznego a także odnoszą się do bloków adaptacyjnego, transportowego i produktywnego ontogenetycznego modelu ludzkiego organizmu. Nie w mniejszym stopniu niż zmiany w systemach morfologicznym odnoszą się także do bloku strukturalnego: system morfologiczny tkanki kostnej, chrząstki, naczyń krwionośnych, tkanki łącznej, mięśni i tkanki tłuszczowe.

Stadium wycieńczenia – składowe reaktancyjna i czynna admitancji zespolonej elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki poniżej korytarza normy. W trakcie całkowitego wycieńczenia organizmu (stan ciężkiej patologii organizmu) - wartości wskaźników składowych biernej i czynnej, dla ponad połowy badanych systemu morfologicznego poniżej korytarza normy.

Analiza danych z reakcji adaptacyjnych ma bezpośrednie powiązanie z problemem stresu. Jednak, w związku z dynamiką procesów zachodzących w czasie formowania tych reakcji, celowym środkiem jest poznanie ich - przez porównania wyników metody elektrograficznej punktowej ekspres-diagnostyki z innymi funkcjonalno-diagnostycznymi metodami, na przykład wspólnie z analizą widmową fali elektromagnetycznej.

Perspektywa technicznej realizacji operacyjnego sprzężenia zwrotnego w warunkach współczesnego rozwoju technologicznego okazuje się realnym. Najlepsze firmy proponujące rozwiązania aparaturowo-programistyczne wykorzystywane w biologii i medycynie, które są skomputeryzowanymi generatorami funkcyjnymi do fizy-

koterapii. Te urządzenia przeznaczone są do dozowanego oddziaływania czynnika leczniczego na organizm człowieka. Zasadniczo istnieje możliwość sterowania takim urządzeniem przez określony sygnał wejściowy zmieniający parametry w czasie rzeczywistym. Z tego wynika, że nieodzowne jest poszukiwanie sposobów i środków do technicznych realizacji urządzeń zdolnych przedstawiać wskaźniki stanu systemów morfologicznych w czasie rzeczywistym.

Zapoznanie się z rozwojem współczesnych funkcjonalno-diagnostycznych sposobów pozwala wnioskować, że perspektywnym podejściem do rozwiązania dowolnego zadania jest analiza widmowa fal elektromagnetycznych. Przekonanie o słuszności takiego podejścia ma swoje naukowe uzasadnienie. Potwierdza to odkrycie reakcji treningu i aktywacji, ilościowo wyrażone zespołem badań organizmu i jego systemów. To odkrycie pozwoliło rozwiązać szereg zadań związanych z diagnostyką. Przede wszystkim można określać rodzaj reakcji adaptacyjnej na podstawie pomiaru parametrów fali elektromagnetycznej. Został przebadany sygnał elektromagnetyczny, otrzymany za pomocą czujnika akustycznego pulsu z częstotliwością dyskretyzacji 100 Hz z wykorzystaniem 12 kanałowego analogowo-cyfrowego przetwornika.

Podczas badań z zastosowaniem analogowo-cyfrowego przetwornika udowodniono, że składowe harmoniczne widmowej analizy Fouriera mają różne poziomy regulacyjne dla różnych podsystemów. W trakcie rozwijania się różnych reakcji: stresu, treningu, spokojnej aktywacji, podwyższonej aktywacji i przewyższonej aktywacji w organizmie i jego podsystemach rozwijają się różne zespoły zmian. Posłużyło to za podstawę do wnioskowania, że różnice w charakterystykach częstotliwościowych fal elektromagnetycznych w różnych reakcjach adaptacyjnych wynikają z zestawu zmian w organizmie, szczególnie w jego adaptacyjności, wywoływaniem w mózgu wyciszenia (ochronnego lub poza zakresowego) lub

wzbudzenia (fizjologicznego) funkcjonalnej aktywności podsystemów, ich synchronizacji i aktywnej wymiany energetycznej. Mając na uwadze, że organizm to złożony system drganiowy, należy założyć, że zmiany charakterystyk częstotliwościowych, amplitud harmoniczych i widma Fouriera powinny odzwierciedlać zmiany funkcjonalne organizmu.

Opisane rozwiązania mają bezpośrednie powiązania z praktycznym zastosowaniem w praktyce klinicznej jak i w ekspres-diagnostyce adaptacyjnych możliwości człowieka.

Terapia stymulacyjna z wykorzystaniem pól elektromagnetycznych b.w.cz. i o subniskim poziomie gęstości mocy

Terapia stymulacyjna – jest to terapia drogą pobudzenia i podtrzymywania w organizmie reakcji adaptacyjnych (reakcji treningu, spokoju i podwyższonej aktywności), przede wszystkim pobudzanie reakcji aktywacji. Pobudzając rozwój reakcji aktywacyjnej, tym samym podnosimy do górnych granic normy funkcjonalną aktywność regulacyjną podsystemów ochronnych organizmu, usprawniamy wzajemną komunikację informacyjną między organami i systemami wewnątrz organizmu oraz organizmu z zewnętrznymi czynnikami otoczenia, podwyższamy odporność i normalizujemy jego homeostazę. W następstwie organizm samoczynnie normalizuje stany funkcjonalne organów i systemów do poziomów charakterystycznych dla osoby zdrowej.

System okresowych reakcji adaptacyjnych pozwala wyjaśnić mechanizm adaptacyjny organizmu dla małych zmian czynników stresogennych. Na dowolny organizm oddziałują różne czynniki, pod względem ilościowym i jakościowym. Mechanizm adaptacji organizmu dla małych zmian czynników oddziałujących okazuje się najkorzystniejszy, ponieważ podczas reakcji na małe zmiany straty energetyczne są minimalne. Okresowość reakcji zwiększa efektywność i ekonomiczność adaptacji, wyjaśnia obecność zmian dyskretnych oraz różnic podczas przejścia z jednej reakcji w drugą.

System adaptacyjnych niespecyficznych reakcji (ogólnych i miejscowych) i system areaktywności, rozwój których podporządkowuje się okresowym ilościowo-jakościowym prawom, staje się podstawą rozwoju w organizmie stanów dyskretnych, realnych mechanizmów wielostopniowej regulacji homeostazy. W każdej chwili w organizmie zachodzą reakcje, następuje charakterystyczny zespół zmian, określanych rodzajem reakcji, a objawia się nowym poziomem reaktywności.

Autorzy opracowują metodę wielopoziomowego okresowego systemu regulacji organizmu, w celu ustanowienia mechanizmów samoregulacji za pomocą informacyjno-punktowej terapii biorezonansowej z wykorzystaniem promieniowania elektromagnetycznego b.w.cz. o subniskim poziomie gęstości strumienia mocy. Takie oddziaływanie wzmacnia reakcje adaptacyjne całego or-

ganizmu, samo staje się czynnikiem leczniczym, optymalizuje przeprowadzenie dowolnej terapii tradycyjnymi preparatami leczniczymi, przyczyniając się do zmniejszenia dawek leku.

Hierarchia stymulacyjnego oddziaływania informacyjno-punktowej terapii biorezonansowej przedstawia się następująco: informacja – energia – materia.

Dowolna zmiana patologiczna rozpoczyna się od zmian na bardzo subtelnym poziomie systemu biologicznego tam, gdzie zostaje naruszona równowaga na poziomie informacyjnym. Właśnie z tego powodu stosuje się informacyjno-punktową terapię biorezonansową. Promieniowanie elektromagnetyczne b.w.cz., o subniskim poziomie gęstości strumienia mocy, oddziałuje na najdelikatniejsze struktury energo-informacyjne organizmu, przywracając ich funkcje regulacyjne. Analogiczne oddziaływanie mają preparaty i biostymulatory pochodzenia roślinnego, zawierające w sobie informacyjną i materialną składową. Takie oddziaływanie jest możliwe na poziomie komórek jak i na poziomie organu, systemu organów i organizmu w całości.

W ten sposób ustanawiana jest synchroniczność pracy systemów regulacyjnych organizmu, w stanie równowagi dynamicznej, co prowadzi do pełnowartościowego funkcjonowania organizmu i systemów komórkowych.

Terapia stymulacyjna ma na celu indywidualny dobór mocy i dawki oddziaływania promieniowania elektromagnetycznego b.w.cz. o subniskim poziomie gęstości strumienia mocy, preparatów i biostymulatorów roślinnego pochodzenia, na organizm ukierunkowanych na stopniowe polepszanie pracy systemów ochronnych i podsystemów regulacyjnych organizmu, i ma zastosowanie:

- w czasie zdrowienia;
- przy aktywnej profilaktyce;
- w czasie leczenia różnych zachorowań;
- w ochronie organizmu przed szkodliwym oddziaływaniem dowolnych czynników;
- w czasie wzmożonych obciążeń psychoemocjonalnych jak i fizycznych;
- w celu spowolnienia procesów starzenia;
- w celu zwiększenia efektywności sportowców.

Regulowana terapia stymulacyjna (najistotniejszym w niej nie jest środek, a sposób jego aplikacji) oparta jest na zasadach reakcji żywych systemów.

Drogą doświadczalną udowodniono, że struktury informacyjne organizmu reagują na zmianę dawki w granicach 10-20 %, co jest właśnie określane progiem czułości żywych systemów. Taka zmiana dawki wywołuje w organizmie różne poziomy reakcji, właściwe różnym reakcjom adaptacyjnym (trening, aktywność i inne). Udowodniono, że zaaplikowanie drugiej dawki, w przedziale od 3 do 6 godzin, też trafia na biorytmy fazowe. Jeśli przy pierwszej dawce oddziałujemy na nerwową, informacyjną składową, to przy drugiej na humoralną, materialną składową. Po drugie, bardziej mocne oddziaływanie, wzmacnia początkowe zmiany w tym kierunku, który doprowadza do

rozwoju pełnowartościowej reakcji, a w następstwie do bardziej efektywnego oddziaływania leczniczego.

W ten sposób, na początku oddziałujemy na cały organizm, aktywizujemy regulacyjne systemy i na tej podstawie podejmujemy konkretne rozwiązania zadania leczniczego. Każdy organizm pracuje tylko, w mniej lub bardziej wąskim korytarzu poziomów reakcji, który staje się dla niego przyzwyczajeniem, i dlatego należy przeprowadzić wielką i długą pracę, żeby zmienić granice korytarza energetycznego. Ogólne i miejscowe reakcje adaptacyjne w czasie długiego ich podtrzymywania, później przyjmują właściwą sobie inercję. Zażywanie różnych dawek leku lub niesystematyczne oddziaływanie z wykorzystaniem promieniowania elektromagnetycznego b.w.cz. subniskiego poziomu gęstości strumienia mocy lub też zażywanie preparatów farmakologicznych przez bardzo krótki okres jest niedopuszczalne, ponieważ do osiągnięcia wystarczająco stabilnego efektu nieodzowne jest okresowe powtarzanie oddziaływania według określonego algorytmu.

Koncepcja sterowania stanem funkcjonalnym organizmu za pomocą promieniowania elektromagnetycznego b.w.cz. o subniskim poziomie gęstości sprzyja oddziaływaniu na aktywacyjne zdrowienie, profilaktykę aktywacyjną i własną (regulacyjną) terapię, która:

- wzmacnia efekt dowolnego sposobu leczenia;
- sprzyja zmniejszeniu dawek preparatów tradycyjnych;
- podtrzymuje efekt terapeutyczny.

W ten sposób, metoda terapii stymulacyjnej z wykorzystaniem promieniowania elektromagnetycznego zakresu b.w.cz. subniskiego poziomu gęstości strumienia mocy, która pozwala hormonizować pracę wszystkich systemów organizmu zwiększając jego odporność, jest nieskomplikowana do kontroli, indywidualna dla każdego pacjenta i ma szerokie perspektywy zastosowania w praktyce medycznej. Taką drogą medycyna aktywacyjna zbliżyła się do leczenia różnych zachorowań, i takie leczenie można nazwać właściwym, dlatego, że przeprowadza go nie preparat i nie lekarz a sam organizm. Różnica nie jest zawarta w tym, kto leczy, a w wyniku: po samoregulacji efekt leczenia jest lepszy i trwa dłużej.

Zakończenie

Sedno sprawy w nowym podejściu do zagadnień profilaktyki i leczenia różnych zachorowań, w tym też i terapii stresu, z wykorzystaniem proponowanej aparatury zawiera się:

- w ukierunkowanym oddziaływaniu na PBA systemu akupunktowego organizmu człowieka promieniowaniem elektromagnetycznym zakresu b.w.cz. o subniskim poziomie gęstości strumienia mocy, co pozwala , przez naprawienie zaburzeń w strukturze sygnałów informacyjnych powstających w komórkach, organach, systemach tkankowych i w całym organizmie, ustabilizować rozbalansowaną energoinformacyjną homeostazę;

- we wzmocnieniu mechanizmów kompensacyjnych i możliwości adaptacyjnych organizmu drogą wnoszenia ważnej informacji do organizmu ludzkiego drogą systemu akupunktowego.

Wzmocnienie możliwości korelacyjnych i adaptacyjnych organizmu ludzkiego – to podstawowe i główne zadanie proponowanej metody diagnozowania i terapii z zastosowaniem nowej medycznej technologii z wykorzystaniem promieniowania elektromagnetycznego zakresu b.w.cz. o subniskim poziomie gęstości mocy.

Metoda i aparatura omówiona w artykule szczególnie przydatna może być w diagnostyce i terapii stresu u ratowników, pracujących w warunkach permanentnego stresu.

Literatura

1. Pylypenko O.V., Yatsunenko A.G., Hryniuk V.A., Kamkov V.P., *Punkturnaya elektrograficheskaya ekspres-diagnostika funktsionalnogo sostoyaniya organizma cheloveka (Prakticheskoe rukovodstvo)*. Dnepropetrovsk: ITM NANU i NKAU, 2006. – 238 c.;
2. Pylypenko O.V., Yatsunenko A.G., Hryniuk V.A., Kamkov V.P.: *Biorezonansnaya informatsionno-punkturnaya terapiya s isnolzovaniem elektromagnitnykh voln (Prakticheskoe rukovodstvo)*. Dnepropetrovsk: ITM NANU i NKAU, 2006. – 248 s.;
3. Devatkov N.D., Holant M.B., Betsky O.V.: *Peculiarities of Medico-Biological Application of Millimetric Waves* (in Russian), Moscow: Institute of Radio Physics and Electronics of the Russian Academy of Sciences, 1994. c. 164.;
4. Chwaleba A., Yatsunenko A.G., Szczurko J., Vintman Z.L.: *Therapeutic and diagnostic devices based on very high frequency and extremely low intensity electromagnetic radiation*, X Międzynarodowej Konferencji “Covremennyye informatsionnye i elektronnyye tekhnologii” - “SIET-2009”, Odessa 18-22 maja 2009, Materiały konferencyjne, s. 176.;
5. Chwaleba A., Yatsunenko S.A., Podciechowski M., Yatsunenko A.G., Vintman Z.: *Wymagania stawiane współczesnej aparaturze stosowanej w energio-informacyjnych medycznych technologiach*. XII Szkoła komputerowego wspomagania projektowania, wytwarzania i eksploatacji, Materiały konferencyjne. Warszawa 2008, s. 243-247.;
6. Kamkov V.P., Yatsunenko A.G., Vintman Z.L., Para W., Szczurko J., *Metodyka bezinwazyjnej punktowej immunodiagnostyki z zastosowaniem aparatury „Rammed-ekspert”*, XIII Międzynarodowa Szkoła Komputerowego Wspomagania Projektowania, Wytwarzania i Eksploatacji, Jurata 11-15 maja 2009, Materiały konferencyjne, ISBN 978-83-61486-13-8, s. 163-170.;
7. Chwaleba A., Yatsunenko A. G., Szczurko J.: *Zastosowanie modeli mechatronicznych zjawisk biorezonansowych występujących w organizmie ludzkim w diag-*

nostyce i terapii medycznej, Mechanik Nr 7/2010, PL
ISSN 0025-6552, Index 36522X, s. 492-495.

Augustyn Chwaleba

prof. elektronik; specjalność metrologia elektryczna - przetwarzanie informacji pomiarowej; w ostatnim dwudziestoleciu zajmuje się wykorzystaniem elektroniki i technik pomiarowych w medycynie; autor lub współautor około 200 publikacji - w tym : szeregu książek, artykułów i referatów, kilkunastu patentów, wielu opracowań aparatury kontrolno - pomiarowej.

Anatoly G. Yatsunenko

radiofizyk; specjalizuje się w opracowywaniu aparatury mikrofalowej głównie na użytek medycyny; jest głównym metrologiem Instytutu Mechaniki Technicznej Ukraińskiej Akademii Nauk; autor lub współautor około 140 publikacji, ponad 60 patentów i 50 opracowań konstrukcyjnych aparatury mikrofalowej.

Volodymyr P. Kamkov

dr n. med. - internista; pracuje jako docent w Instytucie Mechaniki Technicznej Ukraińskiej Akademii Nauk i Instytucie Medycyny Konwencjonalnej i Niekonwencjonalnej w Dniepropietrowsku; jest autorem i współautorem 4 monografii i około 100 artykułów i referatów.

Jan Szczurko

dr n. tech. – dyscyplina mechanika, specjalność- diagnostyka techniczna; adiunkt w Instytucie Systemów Mechatromicznych Wydziału Mechatroniki Wojskowej Akademii Technicznej; jest autorem i współautorem kilkudziesięciu artykułów i referatów.

Sergey A. Yatsunenko - dr fizyki; specjalizuje się w badaniach właściwości optycznych półprzewodników; jest adiunktem w Instytucie Fizyki PAN; jest autorem i współautorem ponad 40 publikacji i patentu.

Józef Szmitkowski

dr inż. elektryk - specjalność metrologia elektryczna; adiunkt w . Centrum Naukowo - Badawczym Ochrony Przeciwpowodziowej - PIB; zajmuje się analizą symulacyjną pól temperaturowych oraz detekcją zagrożeń ratowników w trakcie akcji; jest autorem lub współautorem kilkudziesięciu artykułów i referatów.

Stefan Wilczkowski

dr inż. - specjalność chemia pożarnicza. Sekretarz Rady Naukowej Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowodziowej – PIB. Autor 17 patentów oraz wielu opracowań i artykułów z zakresu chemii pożarniczej.

dr inż. **Renata DOBRZYŃSKA**

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

Wydział Techniki Morskiej i Transportu

Katedra Technicznego Zabezpieczenia Okrętów

TOKSYCZNOŚĆ PRODUKTÓW ROZKŁADU TERMICZNEGO I SPALANIA PIANEK POLIURETANOWYCH STOSOWANYCH DO WYROBU MEBLI TAPICEROWANYCH

The toxicity of products of thermal decomposition and combustion of polyurethane foams used in manufacturing of upholstered furniture

Streszczenie

Podczas pożaru człowiek narażony jest na działanie mieszaniny toksycznych gazów takich jak: tlenek węgla, dwutlenek węgla, cyjanowodór, dwutlenek azotu, chlorowodór, dwutlenek siarki, itd. Wydzielane są one podczas rozkładu termicznego i spalania materiałów znajdujących się w pomieszczeniu objętym pożarem. Największe zagrożenie toksyczne podczas pożaru pomieszczeń mogą stanowić meble tapicerowane. Przyczyną zagrożenia toksycznego w czasie pożaru mogą być produkty rozkładu termicznego i spalania pianek poliuretanowych stosowanych do wyrobu mebli tapicerowanych. Wyniki badań wskazują, że już w początkowej fazie rozwoju pożaru pianek poliuretanowych stężenia tlenku węgla i cyjanowodoru są często śmiertelne dla człowieka. Obecnie obowiązujące w budownictwie przepisy nie wymagają oceny toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów stosowanych w budynkach mieszkalnych. Tymczasem dane statystyczne dotyczące ofiar pożarów wskazują na znaczny procentowy udział śmiertelności spowodowanej dymem i toksycznością produktów pożaru. W związku z tym istnieje potrzeba opracowania metody oceny ilościowej toksycznego zagrożenia pożarowego. Parametrem oceny materiałów z punktu widzenia stwarzanego przez nie pożarowego zagrożenia toksycznego może być krotność przekroczenia stężenia granicznego produktów rozkładu termicznego i spalania jednostki masy materiału spalonego w danych warunkach termicznych w pomieszczeniu o określonej objętości. Zastosowanie w praktyce krotności przekroczenia stężenia granicznego produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów do oceny toksycznego zagrożenia pożarowego pozwoli na dobór odpowiednich materiałów wyposażenia wnętrz, może wpłynąć na zmniejszenie poziomu pożarowego zagrożenia toksycznego pomieszczeń oraz umożliwi przeprowadzenie bezpiecznej ewakuacji ludzi z pomieszczeń objętych pożarem w początkowej jego fazie.

Summary

During the fire the man is exposed to a mixture of toxic gases such as: carbon monoxide, carbon dioxide, hydrogen cyanide, nitrogen dioxide, sulphur dioxide, hydrogen chloride, etc. They are emitted during thermal decomposition and combustion of materials which they are in the room of the fire. The highest fire toxic hazard is caused by upholstered furniture. The cause of the toxic fire hazard may be the products of thermal decomposition and combustion of polyurethane foams used in manufacturing of upholstered furniture. Results of the research indicate that already in the initial phase of fire progress of polyurethane foams the concentration of carbon monoxide and hydrogen cyanide are often lethal for humans. Valid in building at present recipes do not require the evaluation of toxicity of products thermal decomposition and combustion materials used in habitable buildings. Meanwhile, statistic data concerning victims of fires indicate a significant percentage of mortality caused by smoke and fire products toxicity. In this connection, is a need to develop a method of quantitative evaluation. Parameter of quantitative evaluation of materials in view of toxic fire hazards may be exceed multiplication factor of critical concentration of products of thermal decomposition and combustion materials in room of specific volume after burning under specific thermal conditions material mass unit. Practical application of the exceed multiplication factor of critical concentration of products of thermal decomposition and combustion materials of quantitative evaluation of materials, would decrease fire toxic hazard level in rooms and it permits on selection of suitable materials of equipment interiors, to in initial phase of fire to assure people safe evacuation from fire rooms.

Słowa kluczowe: toksyczność produktów pożaru, toksyczne zagrożenie pożarowe, bezpieczeństwo pożarowe;

Keywords: toxicity of fire products, fire toxic hazard, fire safety;

Wprowadzenie

Toksyczność produktów rozkładu termicznego i spalania materiału zależy od składu chemicznego jego podstawowego składnika, natury chemicznej różnego rodzaju dodatków, plastifikatorów i wypełniaczy użytych w celu osiągnięcia pożądanych jego właściwości użytkowych oraz od warunków, w jakich ten rozkład termiczny i spalanie zachodzi [12].

Obecnie na rynku jest bogaty wybór pianek poliuretanowych, które stosowane są do wyrobu mebli tapicerowanych. Wyniki badań własnych wskazują, że mogą one podczas pożaru powodować poważne zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi, ze względu na emisję toksycznych gazów – głównie tlenku węgla i cyjanowodoru, których stężenia już w początkowej fazie rozwoju pożaru są często śmiertelne dla człowieka [2-4]. Ponadto, znajdujące się w meblach tapicerowanych pianki poliuretanowe z dodatkiem środka ogniuo odporniającego, podczas bezpłomieniowego rozkładu termicznego mogą wydzieląć duże ilości dymu, który może utrudniać lub nawet uniemożliwić bezpieczną ewakuację [5]. Tymczasem przepisy obowiązujące w budownictwie nie stawiają wymagań materiałom stosowanym do wyposażenia wnętrz w mieszkaniach, zapewniających pożarowe bezpieczeństwa toksyczne [10]. W związku z tym do wyrobu mebli tapicerowanych przeznaczonych do mieszkań, można stosować dowolne pianki poliuretanowe bez względu na toksyczność ich produktów rozkładu termicznego i spalania. Jakże są tego konsekwencje wskazują dane statystyczne dotyczące ofiar pożarów pomieszczeń mieszkalnych. Znaczny procentowy udział śmiertelności spowodowanej jest dymem i toksycznością produktów pożaru (60% ÷ 80%) [1,6,7,9,11].

Badania toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania pianek poliuretanowych stosowanych do wyrobu mebli tapicerowanych

W celu określenia zagrożenia powodowanego toksycznością produktów rozkładu termicznego i spalania pianek poliuretanowych stosowanych do wyrobu mebli tapicerowanych przeprowadzono badania własne tapicerskich pianek poliuretanowych będących produktami handlowymi dostępnymi na polskim rynku (pianka PU 1 – Pianka PU 12). Badania przeprowadzono metodą wg PN-B-02855 [8]. Metoda ta jest przeznaczona do klasyfikacji materiałów. Na podstawie wyników badań określa się czy produkty rozkładu termicznego i spalania badanych materiałów są umiarkowanie toksyczne, toksyczne, czy bardzo toksyczne. Jest to zatem metoda jakościowa i nie daje podstaw do określenia rzeczywistego zagrożenia pożarowego. Jednak otrzymane wyniki badań można zastosować również do oceny ilościowej toksycznego zagrożenia pożarowego.

Zasada metody polega na ilościowym, chemicznym oznaczeniu produktów rozkładu termicznego lub spalania materiałów decydujących o toksyczności śro-

dowiska pożaru. Rozkład termiczny i spalanie próbek przeprowadza się w piecu z programowaną w trzech temperaturach: 450°C, 550°C i 750°C. W czasie badań określa się stężenia tlenku węgla, dwutlenku węgla, chlorowodoru, cyjanowodoru, dwutlenku azotu i dwutlenku siarki. Na tej podstawie wyznacza się *emisję właściwą* (E_i) wymienionych produktów rozkładu termicznego i spalania. Emisja właściwa oznacza masę toksycznego produktu wytworzoną w czasie rozkładu termicznego i spalania jednostki masy materiału w danych warunkach badania:

$$E_i = \frac{m_i}{m_p}, \text{ g} \cdot \text{g}^{-1} \quad (1)$$

gdzie:

E_i - emisja właściwa i-tego toksycznego produktu rozkładu termicznego i spalania, g · g⁻¹

m_i - masa i-tego toksycznego produktu rozkładu termicznego i spalania, g

m_p - masa próbki badanego materiału, g

Wartości średnie emisji właściwej produktów rozkładu termicznego i spalania wybranych pianek poliuretanowych przedstawiono w Tabeli 1.

Aby stwierdzić, czy stężenia gazów wydzielających się podczas rozkładu termicznego i spalania pianek poliuretanowych mogą być szkodliwe dla zdrowia lub życia ludzi narażonych na ich działanie, należy je odnieść do ich stężeń granicznych. **Stężenie graniczne** LC_{50i}^{30} danej substancji toksycznej oznacza stężenie powodujące śmierć 50% populacji przy 30 minutowej ekspozycji (Tabela 2).

Tabela 2.

Stężenia graniczne produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów

Table 2.

Critical concentration of products of thermal decomposition and combustion of materials

Produkty rozkładu termicznego i spalania (Products of thermal decomposition and combustion)		Stężenia graniczne LC_{50i}^{30} (Critical concentration)	
		g · m ⁻³	ppm
Tlenek węgla	CO	3,75	2999
Dwutlenek węgla	CO ₂	196,4	99963
Cyjanowodor	HCN	0,16	133
Dwutlenek azotu	NO ₂	0,205	100
Chlorowodor	HCl	1	614

W celu oceny toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania badanych pianek poliuretanowych wyznaczono **krotność przekroczenia stężenia granicznego** ($X_{gr,i}$) i-tego produktu rozkładu termicznego i spalania 1 kg materiału spalonego w danych warunkach termicznych w pomieszczeniu o objętości 30 m³ (V_{pom}):

Tabela 1.

Emisja właściwa produktów rozkładu termicznego i spalania pianek poliuretanowych

Table 1.

Emission of products of thermal decomposition and combustion of polyurethane foams

Lp.	Material (Material)	Temperatura rozkładu termicznego, °C (Thermal decomposition temperature)	Emisja właściwa produktów rozkładu termicznego i spalania, g/g (Emission of products of thermal decomposition and combustion)				
			CO	CO ₂	HCN	NO ₂	HCl
1	pianka PU 1	450	0,068	0,010	0,0002	0,0000	0,0005
		550	0,143	0,092	0,0006	0,0000	0,0002
		750	0,015	1,492	0,0015	0,0001	0,0017
2	pianka PU 2	450	0,018	0,004	0,0004	0,0000	0,0018
		550	0,055	0,123	0,0023	0,0000	0,0015
		750	0,060	1,319	0,0056	0,0000	0,0101
3	pianka PU 3	450	0,015	0,014	0,0085	0,0000	0,0033
		550	0,050	0,271	0,0472	0,0000	0,0052
		750	0,039	0,534	0,0621	0,0001	0,0119
4	pianka PU 4	450	0,022	0,010	0,0008	0,0000	0,0033
		550	0,066	0,125	0,0089	0,0000	0,0039
		750	0,018	0,934	0,0065	0,0003	0,0034
5	pianka PU 5	450	0,061	0,077	0,0199	0,0001	0,0048
		550	0,178	0,130	0,0201	0,0001	0,0057
		750	0,091	1,834	0,0698	0,0001	0,0126
6	pianka PU 6	450	0,077	0,127	0,0020	0,0000	0,0056
		550	0,053	0,256	0,0115	0,0000	0,0091
		750	0,048	1,246	0,0113	0,0000	0,0115
7	pianka PU 7	450	0,090	0,166	0,0005	0,0000	0,0006
		550	0,215	0,406	0,0151	0,0000	0,0002
		750	0,045	1,401	0,0057	0,0005	0,0011
8	pianka PU 8	450	0,113	0,119	0,0003	0,0000	0,0005
		550	0,214	0,436	0,0038	0,0000	0,0014
		750	0,095	3,166	0,0124	0,0000	0,0052
9	pianka PU 9	450	0,012	0,020	0,0007	0,0000	0,0042
		550	0,068	0,126	0,0061	0,0000	0,0044
		750	0,071	0,903	0,0123	0,0001	0,0077
10	pianka PU 10	450	0,001	0,002	0,0006	0,0000	0,0022
		550	0,074	0,261	0,0084	0,0000	0,0243
		750	0,275	1,662	0,0385	0,0000	0,0078
11	pianka PU 11	450	0,036	0,020	0,0006	0,0000	0,0014
		550	0,106	0,322	0,0064	0,0000	0,0006
		750	0,073	1,558	0,0022	0,0000	0,0072
12	pianka PU 12	450	0,025	0,289	0,0006	0,0000	0,0013
		550	0,138	0,289	0,0083	0,0000	0,0013
		750	0,065	1,188	0,0130	0,0000	0,0091

$$x_{gr_i} = \frac{E_i}{V_{pom} \cdot LC_{50}^{30}} \quad (2)$$

Aby warunek bezpieczeństwa toksycznego podczas pożaru był spełniony:

$$x_{gr_i} < 1 \quad (3)$$

Wyniki przedstawiono w Tabeli 3.

Tabela 3.

Krotność przekroczenia stężenia granicznego produktów rozkładu termicznego i spalania pianek poliuretanowych

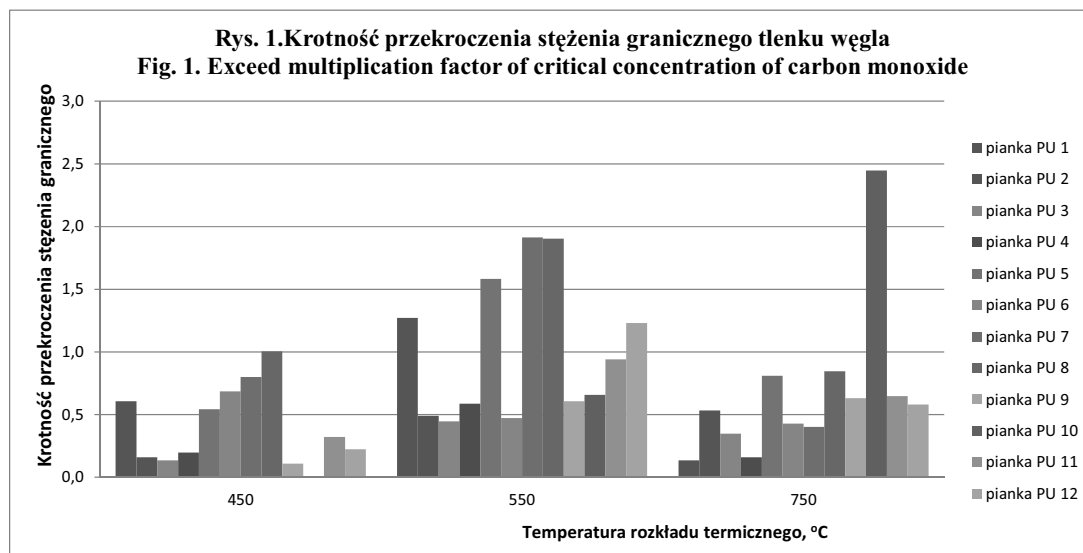
Tabela 3.

Exceed multiplication factor of critical concentration of products of thermal decomposition and combustion of polyurethane foams

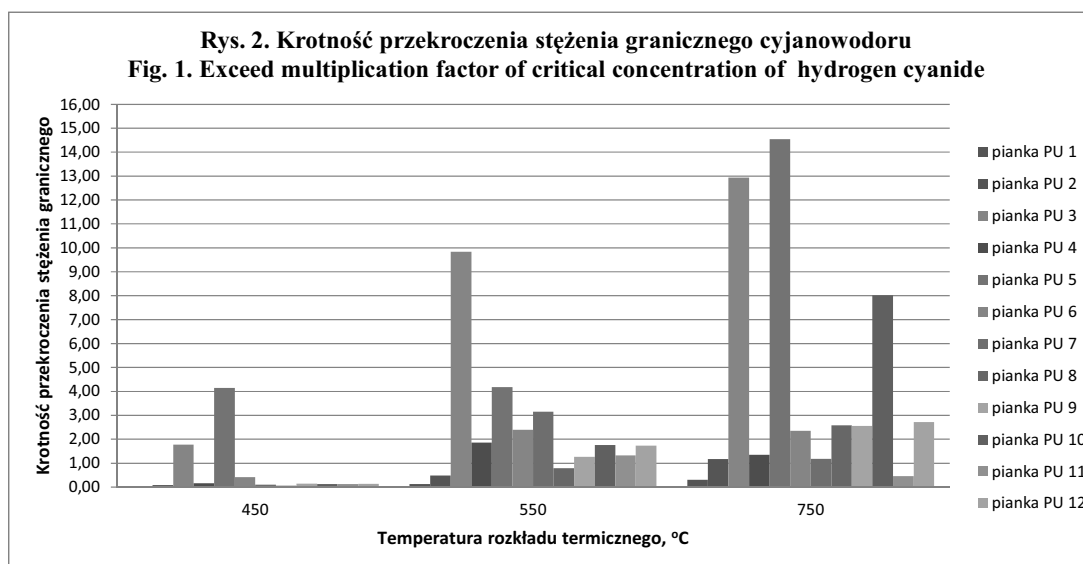
Lp.	Material (Material)	Temperatura rozkładu termicznego, °C (Thermal decomposition temperature)	Krotność przekroczenia stężenia granicznego (Exceed multiplication factor of critical concentration)				
			CO	CO2	HCN	NO2	HCl
1	pianka PU 1	450	0,6	0,002	0,04	0,000	0,02
		550	1,3	0,016	0,13	0,000	0,01
		750	0,1	0,253	0,31	0,016	0,06
2	pianka PU 2	450	0,2	0,001	0,08	0,000	0,06
		550	0,5	0,021	0,48	0,000	0,05
		750	0,5	0,224	1,17	0,000	0,34
3	pianka PU 3	450	0,1	0,002	1,77	0,000	0,11
		550	0,4	0,046	9,83	0,004	0,17
		750	0,3	0,091	12,94	0,014	0,40
4	pianka PU 4	450	0,2	0,002	0,17	0,003	0,11
		550	0,6	0,021	1,85	0,004	0,13
		750	0,2	0,159	1,35	0,049	0,11
5	pianka PU 5	450	0,5	0,013	4,15	0,011	0,16
		550	1,6	0,022	4,19	0,013	0,19
		750	0,8	0,311	14,54	0,012	0,42
6	pianka PU 6	450	0,7	0,022	0,42	0,000	0,19
		550	0,5	0,043	2,40	0,002	0,30
		750	0,4	0,211	2,35	0,002	0,38
7	pianka PU 7	450	0,8	0,028	0,10	0,000	0,02
		550	1,9	0,069	3,15	0,000	0,01
		750	0,4	0,238	1,19	0,078	0,04
8	pianka PU 8	450	1,0	0,020	0,06	0,000	0,02
		550	1,9	0,074	0,79	0,000	0,05
		750	0,8	0,537	2,58	0,000	0,17
9	pianka PU 9	450	0,1	0,003	0,15	0,000	0,14
		550	0,6	0,021	1,27	0,002	0,15
		750	0,6	0,153	2,56	0,015	0,26
10	pianka PU 10	450	0,0	0,000	0,12	0,001	0,07
		550	0,7	0,044	1,76	0,001	0,81
		750	2,4	0,282	8,01	0,006	0,26
11	pianka PU 11	450	0,3	0,003	0,12	0,002	0,05
		550	0,9	0,055	1,33	0,002	0,02
		750	0,6	0,264	0,46	0,004	0,24
12	pianka PU 12	450	0,2	0,049	0,13	0,001	0,04
		550	1,2	0,049	1,73	0,001	0,04
		750	0,6	0,202	2,72	0,007	0,30

Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że badane pianki poliuretanowe wydzielają podczas rozkładu termicznego i spalania dwutlenek węgla, dwutlenek azotu i chlorowódor w ilościach, które nie zagrażają życiu człowieka. Sześć badanych pianek poliuretanowych może podczas pożaru powodować toksyczne zagrożenie pożarowe ze względu na emisję tlenku węgla. W ich przypadku krotność przekroczenia stężenia granicznego CO jest większa od 1, a to oznacza, że warunek pożarowego

retanowej, to wbrew pozorom nie jest dużo. Tylko w siedzisku fotela tapicerowanego o wymiarach 45x45x7,5 cm może znajdować się od około 0,3 kg do 1,5 kg pianki poliuretanowej. W związku z tym niezwykle istotne jest, aby stosować w meblach tapicerowanych takie pianki poliuretanowe, które w początkowej fazie rozwoju pożaru nie będą wydzielały gazów w śmiertelnych dla człowieka stężeniach i umożliwią mu bezpieczną ewakuację z pomieszczenia objętego pożarem.



Ryc. 1. Krotność przekroczenia stężenia granicznego tlenku węgla
Fig. 1. Exceed multiplication factor of critical concentration of carbon monoxide



Rys. 2. Krotność przekroczenia stężenia granicznego cyjanowodoru
Fig. 2. Exceed multiplication factor of critical concentration of hydrogen cyanide

bezpieczeństwa toksycznego nie jest spełniony (Rys. 1). Największe zagrożenie dla życia ludzkiego może podczas pożaru badanych pianek poliuretanowych powodować emisja cyjanowodoru. Po spaleniu 1 kg większości badanych pianek w pomieszczeniu o objętości 30 m³ stężenie graniczne cyjanowodoru zostanie przekroczone wielokrotnie (Rys. 2). Należy zwrócić uwagę, że 1 kg pianki poli-

Wnioski

- Tapicerskie pianki poliuretanowe będące produktami handlowymi dostępnymi na polskim rynku mogą stwarzać poważne zagrożenie toksyczne w czasie pożaru.
- Największe zagrożenie podczas pożaru pianek poliuretanowych stosowanych do wyrobu mebli tapi-

cerowanych może powodować emisja tlenku węgla i cyjanowodoru.

- Stężenia tlenku węgla i cyjanowodoru wydzielanych podczas rozkładu termicznego i spalania pianek poliuretanowych przekraczają stężenia graniczne tych gazów, co może powodować śmiertelne zagrożenie w czasie pożaru.
- Krotność przekroczenia stężenia granicznego pozwala na dokonanie oceny toksycznego zagrożenia pożarowego.

Literatura:

1. Asgary A., Ghaffari A., Levy J., *Spatial and temporal analyses of structural fire incidents and their causes: A case of Toronto, Canada*, Fire Safety Journal 45 (2010) 44–57;
2. Dobrzyńska R., *Ocena poziomu zagrożenia toksycznego pomieszczeń mieszkalnych na statku w początkowej fazie rozwoju pożaru. Perspektywy rozwoju systemów transportowych*, Materiały VIII Konferencji Okrętownictwo i Oceanotechnika Szczecin: Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, 2006 s. 67-75;
3. Dobrzyńska R., *Ocena zagrożenia toksycznego w czasie pożaru układów tapicerskich stosowanych do wyrobu mebli tapicerowanych*, Archiwum Spalania Vol. 10 (2010) nr 1-2 s. 1-9;
4. Dobrzyńska R., *Selection of outfitting and decorative materials for ship living accommodations from the point of view of toxic hazard in the initial phase of fire*, Polish Maritime Research Vol. 16, No 2 (2009), s. 72-74;
5. Dobrzyńska R., *Wpływ ilości środków ognioudporniających na wydzielanie toksycznych produktów rozkładu termicznego pianek poliuretanowych*, XLII Zjazd Naukowy Polskiego Towarzystwa Chemicznego I Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Przemysłu Chemicznego, Rzeszów 1999;
6. Irvine D.J., McCluskey J.A., Robinson I.M., *Fire hazards and some common polymers*. Polymer Degradation and Stability 67 (2000) 383-396
7. Kobes M., Helsloot I., de Vries B., Post J.G.: *Building safety and human behaviour in fire: A literature review*, Fire Safety Journal 45 (2010) 1–11
8. PN-88/B-02855. Metoda badania wydzielania toksycznych produktów rozkładu i spalania materiałów
9. Półka M., Piechocka E., *Co czyha we wnętrzu?*, Przegląd pożarniczy (2008) 8, str. 28-31;
10. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 12 marca 2009 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie (Dz. U. nr 56, poz. 461 z późn. zm.)
11. Stec A.A., Hull T.R., *Fire toxicity*, University of Central Lancashire, UK 2010;
12. Sychta Z., *Spowolnienie procesu rozkładu termicznego i spalania materiałów podstawowym warunkiem bezpieczeństwa pożarowego obiektów technicznych*. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej nr 570, Szczecin, 2002.

dr inż. **Renata DOBRZYŃSKA**

jest adiunktem w Katedrze Technicznego Zabezpieczenia Okrętów Wydziału Techniki Morskiej i Transportu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie. Główną tematyką jej zainteresowań naukowych jest inżynieria bezpieczeństwa pożarowego ze szczególnym uwzględnieniem toksyczności produktów pożaru.

Dr.-Ing. Hauke SPETH

Institute for Fire and Rescue Technology
in Dortmund

END-USER ORIENTED RESEARCH: ABOUT THE BENEFITS FOR LOCAL SAFETY AND SECURITY

Badania zorientowane na użytkownika końcowego: korzyści dla bezpieczeństwa i ochrony społeczności lokalnej

Summary

Research activities within the field of civil safety and security are comparatively new tasks for German fire brigades and disaster management authorities. For a long time, the field has been dominated by military demands and aimed strongly towards military results. The changes in the global safety situation have over the last decade brought a significant increase in financial support for civil research activities, e. g. within the 7th European Framework Programme or several national programmes. Most of these programmes require the co-operation of research institutions, industrial partners and end-users. In Germany, fire brigades are organised on a municipal level. The municipalities are responsible for fire prevention and suppression, counties and county boroughs are responsible for disaster management. There is no centralised fire brigade on the level of the states (*Länder*) or even the national level: The *Länder* are responsible for the legal framework and certain central support measures such as officer's training. The national level plays a role in civil protection only in case of tension or defence. Therefore, no central research institutions for fire and rescue tasks exist on these levels, and the legal framework does not address the necessity of research on the municipal level. Nevertheless, several German fire brigades show own activities and participate in various programmes. The presentation will discuss which positive effects these activities have on the fire brigades. Also, it will deal with the questions how the strongly decentralised structures of the fire brigades can despite be used to obtain a common picture of the demands the end-users have regarding topics to be addressed: Only showing activities in the area of research today will enable the end-users to have a strong impact on the development of the technology which will be in use ten years from now.

Streszczenie

Działania badawcze w zakresie bezpieczeństwa cywilnego i bezpieczeństwa są stosunkowo nowym zadaniem dla niemieckiej straży pożarnej i służb zarządzania kryzysowego. Od dłuższego czasu, ten obszar był zdominowany przez potrzeby wojska i silnie skierowany ku wojskowym wynikom. Zmiany w sytuacji globalnego bezpieczeństwa, w ciągu ostatniej dekady, przyniosły znaczny wzrost wsparcia finansowego dla cywilnych działań badawczych, np. w ramach 7. Europejskiego Programu Ramowego lub poszczególnych programów krajowych. Większość z tych programów wymaga współpracy instytucji badawczych, partnerów przemysłowych i użytkowników końcowych. W Niemczech straż pożarna jest zorganizowana na poziomie gmin. Gminy są odpowiedzialne za zapobieganie i gaszenie pożarów, a powiaty i gminy powiatowe są odpowiedzialne za zarządzanie kryzysowe.

Nie ma scentralizowanej straży pożarnej na szczeblu krajów związkowych (*Länder*) lub nawet na poziomie krajowym: Kraje Związkowe (*Länder*) są odpowiedzialne za ramy prawne oraz niektóre główne środki wsparcia, takie jak szkolenie oficerów. Krajowy poziom odgrywa ważną rolę w zakresie ochrony ludności tylko w sytuacjach napięć lub obrony. Dlatego też niescentralizowane instytuty badawcze pracujące dla dziedziny ochrony przeciwpożarowej i ratownictwa istnieją właśnie na tym poziomie podziału administracyjnego, a prawne ramy nie są ograniczone koniecznością badania na poziomie gminy.

Jednak wiele niemieckich jednostek organizacyjnych straży pożarnej wykazuje się dużą aktywnością i uczestniczy w różnych programach. Niniejszy artykuł omówi, jakie pozytywne efekty dla straży pożarnej mają tego rodzaju działania. Postara się także omówić jak silnie zdecentralizowane struktury straży pożarnej obrazują wspólne potrzeby użytkowników końcowych. Ich aktywność na polu badań pozwoli im mieć duży wpływ na rozwój technologii, która będzie stosowana w ciągu następnych 10 lat.

Słowa kluczowe: straż pożarna, ochrona przeciwpożarowa, użytkownik końcowy, badania, Republika Federalna Niemiec;

Keywords: fire service, fire protection, end-user, research, Federal Republic of Germany;

Research activities in the field of civil safety and security are comparatively new tasks for German fire brigades and disaster management authorities. For a long time, the field has been dominated by military demands and strongly aimed towards military results and solutions. The actors in this field traditionally have in the past received quite intense financial grants. Civil applications often have been modifications or spin-offs of military technologies. Nevertheless, the changes to this research field have been significant in the last decades. The change of the global safety situation have brought a significant increase in financial support for civil safety and security research activities, e. g. within the 7th European Framework Programme or several national programmes such as the programme “Research for Civil Security” funded by the German Federal Government. In future, the support for civil safety and security research still will increase. With “Horizon 2020”, the European Commission has launched another large-scale funding programme which will enable a cross-border and multi-disciplinary research over several years. But research shall not be done for its own purpose, but has to be based on the needs and demands of the end-users. Therefore, most of these programmes mandatorily require the co-operation of (university or non-university) research institutions with both industrial partners and end-users. Besides, it is stated that scenario-driven research approaches will be supported stronger. However, this ideal state of co-operation is in Germany not reached until today in safety and security research. While research institutions and industrial partners are used to the methods and procedures of research funding, most organisations participating in the systems of disaster management still have to adapt to the system of calls, tenders and grants. Taking a closer look at the structure of disaster management in general and fire brigades in special, the reason for this can be understood better.

Structure of Fire Brigades and Disaster management in Germany

After World War 2, Germany was designed and rebuilt as a federal republic, so the political and administrative systems show a strongly decentralised structure. Additionally, there is a clear separation between police and non-police tasks and their operations. The consequence is a comparatively complex system of roles and responsibility also in the area of disaster management which is based on the principles of federalism and subsidiarity. The Fire Brigades are organised on a municipal level. The municipalities are by law responsible for both fire prevention and suppression; counties and county boroughs are responsible for establishing a disaster management system and obtaining an emergency medical service. Even in case of large-scale incidents, incident command will therefore always remain on the level of a county or county borough.

There is no centralised fire brigade on the level of the 16 German states (*Länder*) or even at the national level: The states are responsible for setting up the legal framework and certain central support measures such as high-level co-ordination in case of incidents, officer’s training or financial / technical support for highly specialised forces. In consequence, this leads to 16 different fire service and disaster management laws. The national level plays a role in civil protection only in case of tension or defence, supports certain high-level trainings and gives financial / technical support to the states. Therefore, there is no central research institution for fire and rescue tasks on the national level in Germany, and the legal framework of the states also does not address the necessity of safety and security research on the municipal level.

„Solution looking for a problem ... ?“

Despite the problems pointed out above, only showing today activities in the area of research will enable the fire brigades to give a strong impact on the development of the technology which will be in future use several years from now. Several German fire brigades therefore do show own research activities and participate in various programmes. Innovations can be successful when they will find acceptance among the end-users. Thus, it is on the one hand consequent to participate in research programmes. But since Fire Brigades are municipally organized, there are many brigades, but all of a relatively small size compared to organisations of the states or national agencies or institutions. Thus, it is difficult to be steadily active in the field of research. Additionally, the tense financial situation in the majority of German municipalities often is a reason for not participating in research projects. Obviously, one is then in danger of lose track to the state of art of technical developments. Besides, the present funding instruments will in any way be used by those being able to establish cooperation consortia and produce tenders to research calls. Obtaining a more or less passive role, Fire Brigades often are taken into a consortium in a relatively late stage when they will not be able to influence the contents of the cooperation. As a result, it can frequently be observed that new technical solutions are developed which in the end do not meet and have never met the needs of the end-users or do not correspond to the structures of disaster management.

Benefit of a common approach

One way to overcome the obstacles mentioned above is to cooperate. In the state of North-Rhine Westphalia (NRW), the Federation of Professional Fire Brigades Chiefs (*Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren – AGBF*) for this purpose has established a permanent working group “Research” in which Fire Brigades with an interest in safety and security research topics can exchange their experiences. A position paper showing the research needs and demands of the end-users

has currently been developed as one of the first results of the working group. This paper shall help potential industrial or scientific partners to recognize the needs of the Fire Brigades already in a very early concept stage of a consortium. Furthermore, the working group carries out information events to inform potential partners about the structure of Fire Brigades and their research needs and demands. Additionally, the German Fire Protection Association (GFPA, *Vereinigung zur Förderung des Deutschen Brandschutzes e. V.* – vfdb) is an important national and international platform to establish contacts between fire brigades and industry or universities. Last not least the German Fire Brigades Association (*Deutscher Feuerwehrverband* – DFV) has recognized the importance of research for fire brigades and has placed this topic as a key assignment within its steering committee.

Federalism can work well

All efforts to cooperate shall not aim towards centralised structures in which research work is structured with regards to contents or distributed to certain fire brigades. This would on the one hand not fit to the decentralised structures of the German fire brigades. On the other hand, it would be a contradiction to the character of science itself where progress always is achieved in a healthy competition of various institutions. We have to concentrate on defining our research needs and demands on a broad and common basis and influencing the future funding programmes with regards to both content and general conditions.

Institute for Fire Service and Rescue Technology (IFR)

The City of Dortmund Fire Brigade (FDDO) is active within the field of research for more than ten years now and has, so to say, carried out safety and security research even before this term has been invented. With a staff of approx. 750 professional and 850 voluntary members, FDDO is the 6th largest fire brigade in Germany and provides safety for about 600.000 inhabitants of Dortmund. IFR has been established as a research institute within the fire brigade in 2006 and currently focuses its research on information and communication technology, mechatronical and robotical systems as well as on decision support instruments. Starting with end-user expertise in several single projects, IFR now looks back on 16 national and international projects and has developed a structure which combines both scientific work and end-user expertise. Scientists, some of them with a background in fire-fighting, closely work together with fire fighters or officers with a broad all-day operational expertise. Since IFR also has an appropriate administrative background, the institute is also able to handle co-ordination tasks such as the leadership of a consortium or the management of the permanent working group “Research” of AGBF NRW.

Some project examples: AirShield, NIFTi and ANCHORS

IFR has been involved in the national project AirShield¹ and is involved as full partner in the EU project NIFTi² (Natural Human-Robot Co-operation in Dynamic Environment) and acts as full partner and co-ordinator of the German consortium in the French-German cooperation ANCHORS³ (Ad-hoc Network for Crisis Management and Hostile Environment Sensing).



Fig. 1. AirShield: Quadcopter as part of the AirShield Swarm during the practical demonstration

The focus of NIFTi lies on a simplified and intuitive interaction between humans and robots, for which both unmanned ground (UGV) and aerial vehicles (UAV) are used.

AirShield aimed towards designing an autonomous swarm of several UAV which can be used for measurements of hazardous substances. The command and control task for a human operator should be limited to an absolutely necessary minimum, so that the swarm can perform several operations (measuring path, area coverage, holding position and distance) on its own. IFR has been active in defining use-cases and scenarios and has performed several practical test operations in field. The AirShield project has been completed with the end of 2011 and has demonstrated the feasibility of the concept in various exercises. FDDO will keep two quadcopters from the AirShield project and currently is working on bringing them from the demonstration phase into an operational use for all-day emergency operations with a 24/7 availability.



Fig. 2. ANCHORS (left) and NIFTi (right): Unmanned ground and aerial vehicles in combined operations

¹ <http://www.airshield.de/>

² <http://www.nifti.eu/>

³ <http://www.anchors-project.org/>

ANCHORS aims at larger-scale scenarios and will combine the operations of UAV swarms with UGV operations. The basic idea is to let UAV enter large-scale contaminated areas on a carrier (anchor) platform which will transport the UGV swarm as close as possible to the incident scene where the UAV will then be released to perform their operation. During the operation, the UGVs will return to their anchor platform to have their batteries automatically recharged. Since the flight time of UAVs is limited to a maximum of 30 minutes depending on the load they carry, response and return times can be minimized and operational air time is kept high. It will be able to access and assess highly dangerous scenes by using the ANCHORS system without bringing personnel into dangerous situations. Even though the project still is in the research phase, FDDO will also draw a direct profit since parts from the system will remain with FDDO in operation. Besides, being active as coordinator already in very early stages of the project definition has made it possible to give the right impact to the project in order to meet the demands and structures of disaster management. This increases the probability that the system one day finds its way into real operations.

Benefit beyond Disaster Management

Being active in the field of security research can also have impacts beyond the plain development of new technologies for operations. By cooperating in research consortia, further business partners draw a profit from these works either because they can be integrated into the works or because they may act as further suppliers of technology. This can, depending on the structure of the consortia, have an impact on a region as well and may for a city lead to a locational advantage – not only due to an increased operational capability of the Fire Brigade, but also due to scientific reputation in case a scientific cluster will develop.

dr ing. Hauke Speth

absolwent wydziału Mechanicznego Uniwersytetu w Aachen (1998).

W 2003 r. uzyskał stopień doktora inżyniera na tym samym Uniwersytecie. Od 1994 r. związany ze strażą pożarną, początkowo z jej strukturami ochotniczymi. Był koordynatorem wielu projektów realizowanych w dziedzinie bezpieczeństwa. Obecnie, od 2011 r. pracuje na stanowisku dyrektora Institute for Fire and Rescue Technology w Dortmundzie.

st. kpt. mgr inż. **Rafał POROWSKI**¹
mgr inż. **Wojciech RUDY**
Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi
Państwowy Instytut Badawczy
prof. dr hab. inż. **Andrzej TEODORCZYK**
Wydział Mechaniczny, Energetyki i Lotnictwa
Politechnika Warszawska

ANALIZA METOD BADAWCZYCH GRANIC WYBUCHOWOŚCI CIECZY PALNYCH

Analysis of experimental methods for explosion limits of flammable liquids

Streszczenie

W artykule tym dokonano przeglądu metod oraz stanowisk badawczych służących do określania granic wybuchowości cieczy palnych. Zaprezentowano tu stanowiska i metody zalecane przez międzynarodowe standardy, takie jak PN-EN, czy ASTM. Opisano również prowadzone dotychczas wybrane prace naukowe w zakresie badań eksperymentalnych granic wybuchowości cieczy palnych. Artykuł ten stanowi przegląd dostępnych metod badawczych oraz aparatury do prowadzenia pomiarów granic wybuchowości cieczy palnych na potrzeby bezpieczeństwa w przemyśle.

Abstract

This paper presents a state of the art on testing methods and experimental facilities for determination explosion limits of vapors from combustible liquids. The paper presents facilities and testing methods recommended by international standardization authorities, e.g. PN-EN and ASTM standards. Also a survey of experimental research works on explosion limits of flammable liquids is given. The paper summarizes the available testing methodologies and facilities which can be necessary for proper determination of vapors flammability in the process industries.

Słowa kluczowe: granice wybuchowości, ciecze palne, spalanie cieczy, wybuchowość;
Keywords: explosion limits, flammable liquids, combustion of liquids, explosibility;

Wprowadzenie

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, jak również stosowane jako kryteria bezpieczeństwa w kartach charakterystyk paliw samochodowych i lotniczych, w tym również paliw ciekłych [1-2]. 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 posiadanej 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 paliw [3].

Metody badawcze

Jedną z metod eliminowania zagrożeń związanych z wybuchem substancji palnych jest zapobieganie tworzeniu się atmosfery wybuchowej gazów i/lub par z powietrzem [3]. Aby uzyskać w wyniku badań wiarygodne i porównywalne wyniki należy ujednolicić metodę badawczą tj. wykorzystywaną aparaturę i procedury. W tym celu wprowadzono normy badawcze dokładnie opisujące sposób, w jaki określane powinny być granice wybuchowości gazów i par zarówno stężeniowe [4], jak i temperaturowe [5]. W celu unikania zagrożenia wybuchem należy stosować odpowiednie środki zapobiegające tworzeniu się atmosfery wybuchowej. W tym celu konieczne jest określenie granic wybuchowości substancji palnych. Granice wybuchowości zależą od wielu czynników, takich jak:

¹ Autorzy w równych częściach (1/3) przyczynili się do powstania artykułu.

- właściwości substancji palnych,
- temperatura i ciśnienie początkowe,
- rozmiar i kształt urządzenia badawczego,
- źródła zapłonu (rodzaj i energia),
- kryterium dla oznaczania granicy (kryterium dla samopodtrzymującego się spalania).

Z uwagi na fakt, iż nie jest możliwe określanie granic wybuchowości dla wszystkich substancji palnych przy pomocy jednej metody badawczej, standardy dopuszczają wykorzystanie różnych metod w zależności od rodzaju substancji. Norma PN-EN 1839 [4] dopuszcza i opisuje dwie metody określania stężeniowych granic wybuchowości gazów i par cieczy:

- metodę T, tzw. metodę „rury”,
- metodę B, tzw. metodę „bomby”.

Jak stwierdza powyższa norma, na ogół metoda T daje szerszy zakres wybuchowości, niż metoda B. Różnice w wartościach sięgają nawet do 10 %. W metodzie T naczynie badawcze jest cylindryczne, badana mieszanina wprowadzana jest od dołu do góry, do momentu, gdy mieszanina w naczyniu zostanie całkowicie zastąpiona nową. W mieszaninie inicjuje się zapłon przy pomocy serii iskier indukcyjnych i obserwuje, czy zachodzi zjawisko oderwania płomienia, na co najmniej 100 mm od przerwy iskrowej lub zaobserwowano tzw. zjawisko poświaty osiagające szczyt rury lub na wysokość co najmniej 240 mm. Zawartość badanej substancji w powietrzu zmienia się krokowo, aż do ustalenia dolnej lub górnej granicy wybuchowości, w skrócie odpowiednio DGW i GGW. Aparatura badawcza do tej metody składa się z następujących elementów [4]:

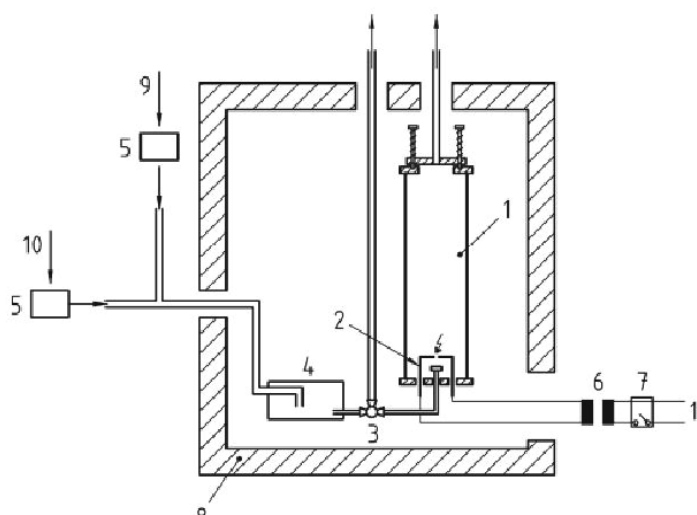
- zbiornika badawczego – pionowy, cylindryczny wykonany ze szkła lub innego przezroczystego materiału o średnicy wewnętrznej 80 mm i min. długości 300 mm;
- źródła zapłonu – seria iskier indukcyjnych pomiędzy dwiema elektrodami umieszczonymi w odległości 60 mm nad dnem zbiornika. Czas wyładowania iskrowego to 0,2 z energią wyładowania ok. 10 W;
- urządzenia do sporządzania mieszanin;
- urządzenia do regulacji temperatury;
- wyposażenia zabezpieczającego.

Schemat stanowiska badawczego do pomiarów granic wybuchowości par cieczy palnych wg metody T przedstawiono na Rysunku 1.

Ze względu na poprawność badania wymagane jest, aby użyte substancje miały odpowiednią czystość, nie mniejszą niż 99,8 % wyrażone jako ułamek molowy. Niedopuszczalna jest obecność wody lub oleju.

W metodzie B urządzenie badawcze jest sferyczne lub cylindryczne (stosunek długości do średnicy musi zawierać się w przedziale 1 a 1,5) o pojemności co najmniej 0,005 m³. W mieszaninie inicjuje się zapłon i mierzy nadciśnienie spowodowane zapłonem, które charakteryzuje wybuchowość danej mieszaniny. Aparatura badawcza składa się z następujących elementów:

- zbiornika badawczego,
- urządzenia zapłonowego emitującego serię iskier indukcyjnych lub przepalający się drut topikowy,
- urządzenia do przygotowywania mieszaniny metodą ciśnień cząstkowych;
- układu pomiaru ciśnienia – przetwornik ciśnienia, wzmacniacz, urządzenie rejestrujące;



Opis (Specification)

- | | |
|---|---|
| 1 Zbiornik badawczy (Research tank) | 7 Przekaznik czasowy (Time transmitter) |
| 2 Elektrody (Electrodes) | 8 Urządzenie do utrzymywania temperatury (Thermostat) |
| 3 Zawór trójdrożny (Three-way valve) | 9 Substancja palna (Combustible substance) |
| 4 Zbiornik do mieszania (Mixing tank) | 10 Powietrze (Air) |
| 5 Urządzenie dozujące (Dosing device) | 11 Zasilanie (Power) |
| 6 Transformator wysokonapięciowy (High voltage transformer) | |

Ryc. 1. Schemat stanowiska badawczego do oznaczania stężeniowych granic wybuchowości metodą T.

Fig. 1. Scheme of apparatus for determination of explosion limits by T method.

- układu pomiaru temperatury;
- wyposażenia zabezpieczającego.

Schemat stanowiska badawczego do pomiarów granic wybuchowości par cieczy palnych wg metody B przedstawiono na Rysunku 2.



Ryc. 2. Stanowisko do oznaczania stężeniowych granic wybuchowości metodą B o poj. 20 litrów, stosowane w Politechnice Warszawskiej [4].

Fig. 2. 20-litre sphere for determination of explosion limits by B method, used by Warsaw University of Technology [4].

Ciecze palne mogą stwarzać zagrożenie wybuchem w wyniku ich parowania oraz utworzenia atmosfery wybuchowej z powietrzem. W celu oceny prawdopodobieństwa powstania atmosfery wybuchowej konieczne jest zatem poznanie temperaturowych granic wybuchowości cieczy palnych. Granice te zależą w szczególności od:

- właściwości cieczy palnej (prężności pary, składu chemicznego cieczy),
- ciśnienia początkowego,
- wielkości i kształtu naczynia oraz procentowego jego wypełnienia cieczą,
- źródła zapłonu (rodzaju i energii),
- kryterium samo-rozprzestrzeniającego się spalania.

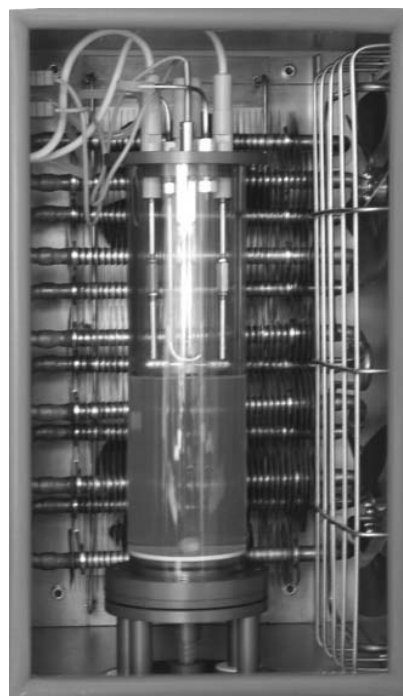
Temperaturowa granica wybuchowości cieczy jest zazwyczaj niższa niż jej temperatura zapłonu. Dla czystych substancji różnica może dochodzić do 10 K natomiast dla mieszanin nawet do 25 K. Niektóre ciecze mogą mieć granice wybuchowości, ale nie posiadają temperatury zapłonu dlatego charakteryzują się temperaturową granicą wybuchowości. Aparatura badawcza do pomiaru temperaturowych granic wybuchowości składa się z [5]:

- naczynia badawczego będącego pionowym cylindrycznym zbiornikiem o średnicy wewnętrznej po-

między 80 a 100 mm i wysokości pomiędzy 300 a 500 mm, wykonanym ze szkła odpornego na ciśnienie 10 bar;

- komory grzewczej/chłodzącej z cyrkulacją powietrza i izolowanej od podłoża o objętości co najmniej 10-krotności objętości naczynia badawczego i współczynnika wymiany powietrza co najmniej 10 wymian powietrza na godzinę;
- urządzenia zapłonowego, tj. seria iskier indukcyjnych pomiędzy dwiema elektrodami;
- mieszadła magnetycznego zanurzonego w badanej cieczy;
- barometru o dokładności pomiaru do 0,1 kPa.

Schemat stanowiska badawczego do pomiarów temperaturowych granic wybuchowości par cieczy palnych przedstawiono na Rysunku 3.



Ryc. 3. Stanowisko do pomiaru temperaturowych granic wybuchowości cieczy palnych stosowane w Politechnice Warszawskiej [5].

Fig. 3. Apparatus for determination of explosion limits used by Warsaw University of Technology [5].

Według metody badawczej opisanej w standardzie PN-EN 15794 [5], kryterium zapłonu (samo rozprzestrzeniającego się spalania) jest:

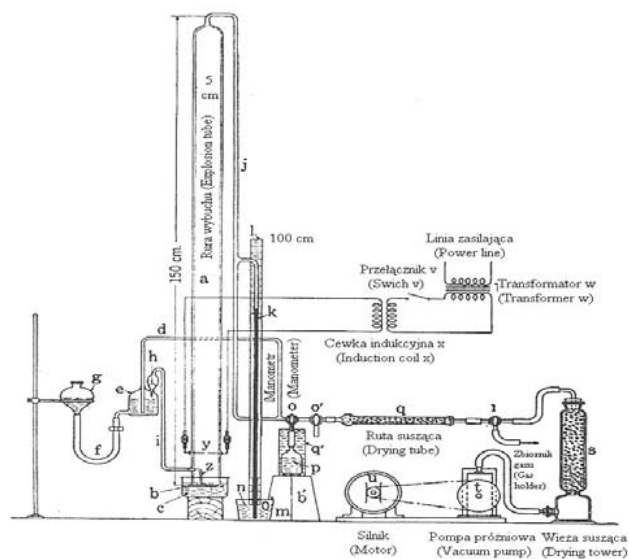
- wizualna obserwacja oderwania się płomienia na co najmniej 100 mm od iskiernika lub;
- osiągnięcie szczytu naczynia lub;
- alternatywnie jako zapłon można uznać wzrost temperatury o 1 K zmierzony przez termoparę umieszczoną w fazie gazowej.

Przy określaniu dolnej lub górnej temperaturowej granicy wybuchowości należy stosować krok temperaturowy równy 5 K, aż do osiągnięcia wyniku negatywnego, następnie stosować kroki temperaturowe 1 lub 2 K, aż do

osiągnięcia wyniku negatywnego. Ostatnia wartość temperatury, przy której nie zaobserwowano zapłonu podczas, gdy dla następnej lub poprzedzającej zapłon był możliwy, jest temperaturą zapłonu. Potwierdzenie wyniku powinno być przeprowadzone co najmniej w jednym dodatkowym badaniu.

Przegląd prac badawczych

Stężeniowe granice wybuchowości badane są już od wielu lat [6-8]. Zgodnie z ogólnie przyjętym kryterium, mieszanina paliwa z utleniaczem jest mieszaniną palną, gdy zapalona za pomocą zewnętrznego źródła zapłonu umożliwia utworzenie płomienia, który będzie mógł się przez nią przemieszczać [2]. Jednakże, doświadczalnie stwierdzono, że nie każda mieszanina paliwa i utleniacza jest palna. Istnieją zatem granicznie ubogie i granicznie bogate mieszaniny, które określają granice obszaru palności tych mieszanin. Wielokrotnie stwierdzono podczas badań, że granice te zależą od fizycznych warunków przeprowadzania eksperymentów [9]. Pierwszą definicją oraz propozycją standaryzacji metody określania granic wybuchowości wystąpili Coward i Jones w roku 1952 [6]. Zaproponowali oni, aby określanie granic wybuchowości odbywało się w pionowej rurze testowej o średnicy wewnętrznej ok. 50 mm i długości ok. 1,5 m, zamkniętej na górze i otwartej na dole i połączonej z atmosferą. Zgodnie z zaproponowanym kryterium, jeśli po zapłonie w dolnej części rury płomień przemieści się wzdłuż całej jej długości, wówczas uznaje się, że mieszanina jest palna. Jeśli płomień zgaśnie wcześniej, to mieszaninę uznaje się za niepalną. Ponieważ zaproponowana aparatura nie była stabilizowana termicznie, nadawała się jedynie do badania granic wybuchowości cieczy, które stosunkowo łatwo parowały w temperaturze pokojowej. Schemat stanowiska badawczego przedstawiono na Rysunku 4

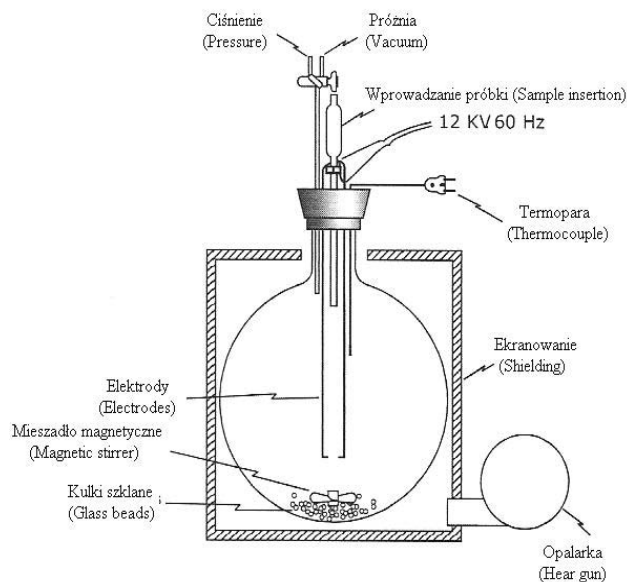


Ryc. 4. Schemat stanowiska badawczego do pomiaru granic palności gazów i par [6].

Fig. 4. Testing apparatus for determination of explosion limits of gases and vapors [6].

Zmodyfikowane stanowisko badawcze wykorzystywał Zabetakis [7], przez co możliwe było badanie granic wybuchowości w temperaturach do 2030C. Stabilizacja termiczna polegała na umieszczeniu standardowej rury badawczej w zbiorniku wypełnionym powietrzem o regulowanej temperaturze. Podczas swoich badań Zabetakis [8] zaobserwował wpływ średnicy rury na górną granicę wybuchowości. W momencie, gdy średnicę zwiększono dwukrotnie, GGW obniżała się, podczas gdy DGW pozostawała stała.

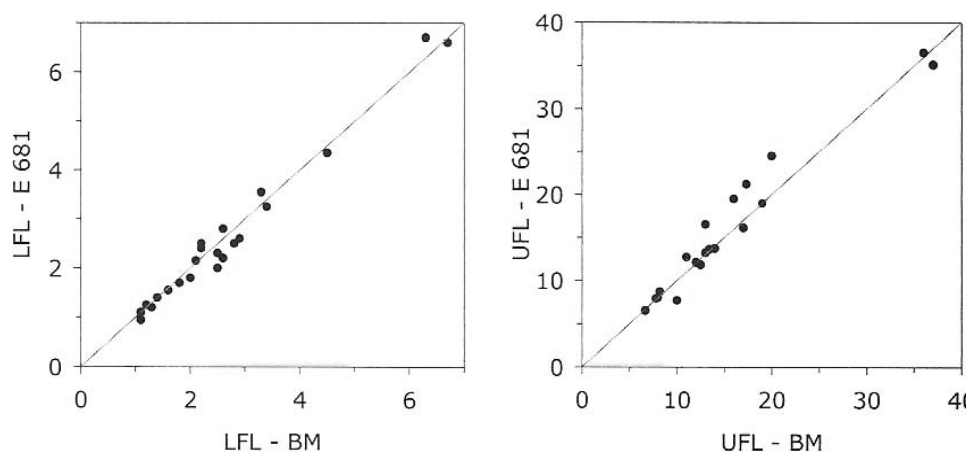
Badania autorów pracy [6] wykazały również, że dla niektórych substancji (halogeny) standardowa rura badawcza nie pozwala na określenie granic wybuchowości, natomiast zwiększając średnicę rury dwukrotnie okazywało się, że dana substancja jest palna. Stanowisko badawcze o zwiększonej średnicy nie zostało jednak wprowadzone jako standardowe. W roku 1972 zbudowano na zlecenie firmy Kodak 5 l stanowisko badawcze do określania stężeniowych granic palności gazów i par cieczy w powietrzu [14]. Stanowisko badawcze zostało potem ustandaryzowane jako ASTM E-681 [9]. Stanowisko to składało się ze stabilizowanego termicznie (do 1500C) zbiornika badawczego o kształcie kulistym oraz pojemności 5 litrów. Zbiornik badawczy wyposażono w mieszałko magnetyczne oraz układ zapłonowy położony poniżej środka zbiornika. Norma ASTM E-681 opisuje również podobny zbiornik o pojemności 12 litrów, który mógłby być użyty do badań nad substancjami, które nie zapaliły się w zbiorniku 5 l. Schemat stanowiska przedstawiono na Rysunku 5.



Ryc. 5. Stanowisko badawcze wg ASTM E-681, zbiornik o pojemności 5 litrów [9].

Fig. 5. Testing apparatus according to ASTM E-681, with 5-liter vessel [9].

Na Rysunku 6 przedstawiono porównanie uzyskanych wyników przy wykorzystaniu dwóch powyżej opisanych stanowisk badawczych [14]. Z kilkoma wyjątkami różnice pomiędzy otrzymanymi wynikami są niewielkie.



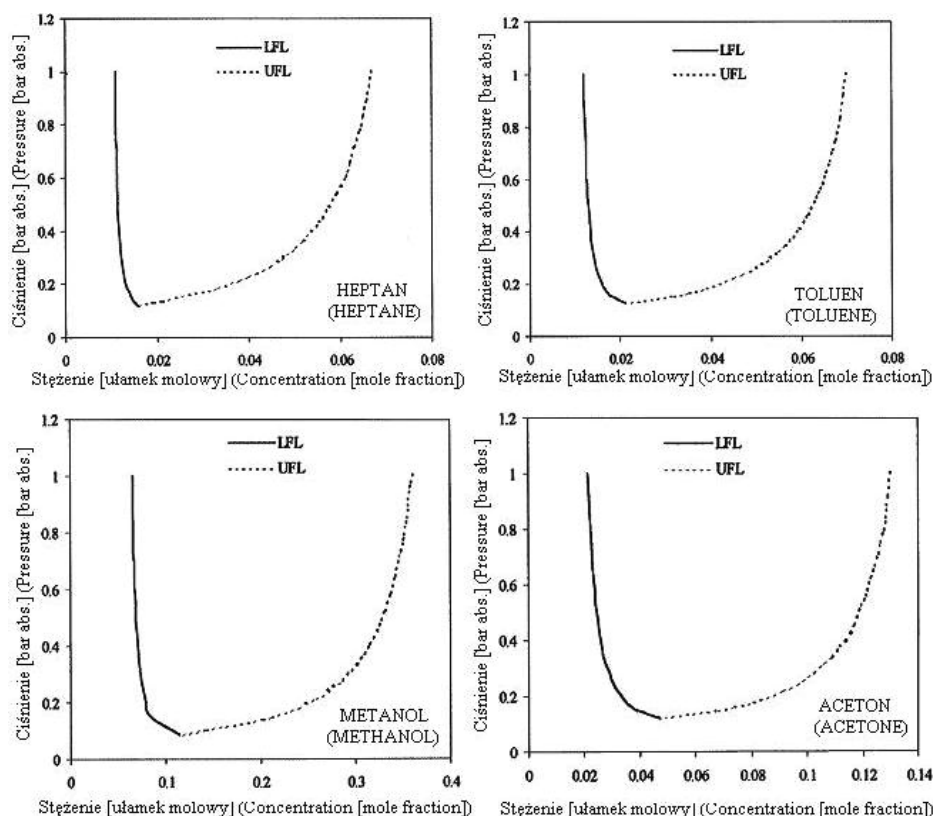
Ryc. 6. Porównanie wyników z dwóch różnych stanowisk badawczych: BM i ASTM E-681 [14].

Fig. 6. Comparison of results from two different testing apparatus: BM and ASTM E-681 [14].

Podobna aparatura badawcza, opisana w ASTM E-681 została przedstawiona w standardzie ASTM E-1232, dotyczącym określania temperaturowych granic wybuchowości cieczy [10]. Badania przeprowadzone przez Cowarda i Jonesa w pionowej rurze [6] posłużyły do stworzenia niemieckiej normy DIN 52649 [14]. Standard ten opisuje użycie cylindrycznego, szklanego, pionowego zbiornika o długości 300 mm i średnicy wewnętrznej 60 mm. Wykorzystuje się tam zapłon iskrowy z elektrodami umieszczonymi 60 mm nad dolną powierzchnią urządzenia. W zakresie podwyższonych temperatur używa się stabilizacji temperaturowej gorącym powietrzem opływającym zbiornik badawczy. Mieszaninę gazową tworzy się

metodą przepłukiwania strumieniem natomiast mieszaninę par z powietrzem przy użyciu dodatkowego parownika. Metoda ta posłużyła za podstawę normy PN-EN 1839 [4]. Dalsze modyfikacje tej normy doprowadziły do zwiększenia średnicy naczynia badawczego do 80 mm (metoda T) oraz wprowadziły sferyczne urządzenie badawcze (metoda B) o pojemności co najmniej 5 litrów. Zapłon w tym urządzeniu sferycznym realizowany jest poprzez drut topikowy lub serię iskier [4].

Standard opisujący określanie granic wybuchowości par cieczy i gazów w podwyższonych ciśnieniach i temperaturach to ASTM E-918 [11]. Standard ten dopuszcza badanie granic wybuchowości dla ciśnienia do 13,8 bar



Ryc. 7. Wpływ ciśnienia na zakres granic wybuchowości dla heptanu, toluenu, metanolu i acetonu [13].

Fig. 7. Pressure influence on explosion limits for heptane, toluene, methanol and acetone [13].

i temperatury do 2000C. Zbiornik badawczy jest cylindryczny o średnicy 76 mm i pojemności 1 litr. Zapłon następuje na skutek eksplozji drutu topikowego nad dnem zbiornika. Kryterium zapłonu jest wzrost ciśnienia powyżej 7% ciśnienia początkowego.

Z kolei standard ASTM E-2079 [12] opisuje aparaturę i procedurę badawczą używaną do określania minimalnego stężenia tlenu lub innego utleniacza. Zbiornik powinien mieć pojemność co najmniej 4 l, a zapłon możliwy jest do realizacji poprzez 1 z 5 dopuszczalnych metod. Kryterium zapłonu jest identyczne jak w normie ASTM E-918.

Badaniem wpływu ciśnienia na granice wybuchowości różnych ciekłych substancji zajmował się Arnaldos [13]. Większość przebadanych przez niego substancji wykazało silny wpływ ciśnienia na zakres granic wybuchowości, większy na GGW niż na DGW. Wpływ ciśnienia na granice przedstawiono na Rysunku 7. Z przedstawionych danych wynika również, że istnieje pewne ciśnienie, poniżej którego płomień nie propaguje w mieszaninie. Dla heptanu, toluenu, metanolu i acetonu graniczne ciśnienie wynosi odpowiednio: 0,101; 0,129; 0,106; 0,126 bar.

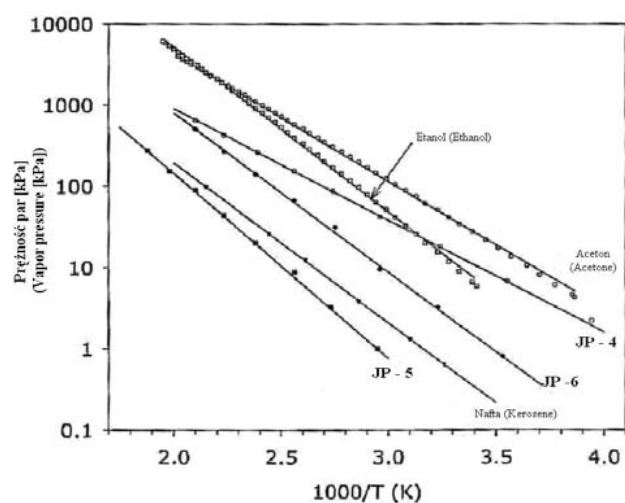
Niezwykle ważną właściwością cieczy palnych jest to, iż ciśnienie cząstkowe ich par zależy ściśle od temperatury. Najprostszą zależnością łączącą ciśnienie cząstkowe par z temperaturą zaproponował Clapeyron:

$$\ln P_{vp} = A - \frac{B}{T} \quad (1)$$

gdzie:

A, B to stałe empiryczne dla różnych substancji,
T to temperatura [K].

Zależność ciśnienia nasycenia par w funkcji temperatury dla wybranych cieczy palnych przedstawiono na Rysunku 8.



Ryc. 8. Zależność ciśnienia nasycenia par w funkcji temperatury dla wybranych cieczy palnych (punkty – dane eksperymentalne, linie – równania Clapeyrona) [14].

Fig. 8. Vapor pressure vs. temperature for selected flammable liquids (dots – experimental data, lines – Clapeyron's equations) [14].

Ponieważ równanie (1) opiera się na założeniu, że pary cieczy są gazami idealnymi, to nie pokrywa całego zakresu temperatur z odpowiednią dokładnością. Aby uzyskać dokładniejsze wyniki należy użyć innych modeli numerycznych. Modyfikacji równania Clapeyrona dokonał Antoine [23], poprzez wprowadzenie dodatkowej stałej empirycznej C. W niektórych pracach badawczych podawane są wartości współczynników empirycznych dla postaci równania Antoine, w oparciu o logarytm dziesiętny, a nie naturalny lub dla jednostek innych niż SI np. w mm Hg, na co należy zwrócić szczególną uwagę przy korzystaniu z danych literaturowych. Standard PN-EN 15794 [5] podaje przekształcone równanie Antoine do szacowania granic wybuchowości EP czystych substancji w formie przedstawionej poniżej:

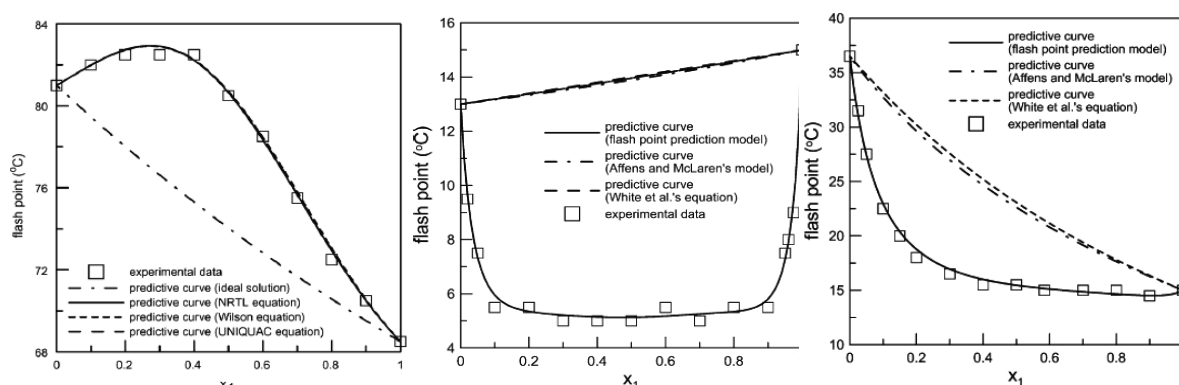
$$EP = \frac{B}{A - \log_{10}(\phi_{lim} \cdot P_o \cdot 0,01)} - C \quad (2)$$

Gdzie: ϕ_{lim} to stężeniowa granica wybuchowości (w % obj.), P_0 to ciśnienie atmosferyczne w kPa.

W standardzie PN-EN 15794 podkreśla się, że równanie (2) może być użyte jedynie w celach wstępnego określenia przybliżonych wartości EP, jako początkowej temperatury badawczej. W publikacji opracowanej przez Reida [15] znajduje się zbiór stałych równania Antoine dla wielu substancji. Przydatna jest również publikacja stworzona przez Babrauskasa [14] oraz inne prace [16-19].

Temperaturą, przy której ciśnienie nasycenia par paliwa odpowiada dolnej stężeniowej granicy wybuchowości jest określane jako tzw. „lower explosion point” (LEP), a temperaturą, przy której ciśnienie nasycenia par paliwa odpowiada górnej stężeniowej granicy wybuchowości jest określane jako „upper explosion point” (UEP) [5]. Znając zatem postać równania Antoine dla danej substancji oraz wartość DGW i GGW można obliczyć LEP oraz UEP. Takie podejście ma jednak praktyczne zastosowanie jedynie dla czystych substancji. W przypadku mieszanin substancji wykazujących różne wartości DGW i GGW, LEP i UEP mieszaniny będą zmienne w funkcji stężenia poszczególnych składników. Mieszaniny nieidealne, których składniki nie mieszają się ze sobą w dowolnej proporcji mogą ponadto wykazywać ekstremum w funkcji stężenia składników, co oznacza że istnieje takie stężenie składników, dla których mieszanina ma mniejszą lub większą wartość LEP i UEP niż poszczególne składniki rozpatrywane osobno. Mieszaniną wykazującą minimum explosion point jest np. mieszanina oktanu i etanolu. Na Rysunku 9 przedstawiono wykres zależności temperatury zapłonu (flash point) dla wybranych mieszanin dwuskładnikowych w funkcji stężenia poszczególnych składników od 0% do 100% [20-22].

Różnice w rezultatach badań doświadczalnych wynikają z różnic w metodach badawczych, stosowanych urządzeniach oraz kryteriach zapłonu. Przy określaniu flash



Ryc. 9. Zależność flash point od stężenia dla mieszanin: cykloheksanol(x_1) + fenol, oktan(x_1) + etanol, oktan(x_1) + 1-butanol [20-22].

Fig. 9. Flash point dependence on concentration for mixtures: cyclohexanol (x_1) + phenol, octane (x_1) + ethanol, octane (x_1) + 1-butanol [20-22].

point, kryterium zapłonu jest rozprzestrzenienie się płomienia na całej powierzchni swobodnej cieczy, natomiast dla badania explosion point kryterium tym jest oderwanie się płomienia na co najmniej 100 mm. Nie bez znaczenia pozostaje również to, że badanie explosion point odbywa się w stabilizowanym termicznie urządzeniu badawczym natomiast dla flash point w urządzeniu, które grzane jest z określoną prędkością, przez co występuje quasi-równowaga pomiędzy cieczą i jej parami.

Istnieje kilka sposobów pozwalających na szacowanie granic wybuchowości za pomocą zależności empirycznych. Większość z nich bazuje na stężeniu stechiometrycznym X_0 , które pomnożone przez odpowiedni współczynnik dla określonych grup związków powoduje otrzymanie wartości górnej lub dolnej granicy wybuchowości. Ze względu na warunki bezpieczeństwa w przemyśle, większe znaczenie ma parametr DGW i ten parametr jest przedmiotem większego zainteresowania naukowców.

Różnice w rezultatach badań doświadczalnych wynikają z różnic w metodach badawczych, stosowanych urządzeniach oraz kryteriach zapłonu. Przy określaniu flash point, kryterium zapłonu jest rozprzestrzenienie się płomienia na całej powierzchni swobodnej cieczy, natomiast dla badania explosion point kryterium tym jest oderwanie się płomienia na co najmniej 100 mm. Nie bez znaczenia pozostaje również to, że badanie explosion point odbywa się w stabilizowanym termicznie urządzeniu badawczym natomiast dla flash point w urządzeniu, które grzane jest z określoną prędkością, przez co występuje quasi-równowaga pomiędzy cieczą i jej parami.

Istnieje kilka sposobów pozwalających na szacowanie granic wybuchowości za pomocą zależności empirycznych. Większość z nich bazuje na stężeniu stechiometrycznym X_0 , które pomnożone przez odpowiedni współczynnik dla określonych grup związków powoduje otrzymanie wartości górnej lub dolnej granicy wybuchowości. Ze względu na warunki bezpieczeństwa w przemyśle, większe znaczenie ma parametr DGW i ten parametr jest przedmiotem większego zainteresowania naukowców.

Podsumowanie

W artykule tym dokonano przeglądu metod oraz stanowisk badawczych służących do określania granic wybuchowości cieczy palnych. Zaprezentowano tu stanowiska i metody zalecane przez międzynarodowe standardy, takie jak PN-EN, czy ASTM. Opisano również prowadzone dotychczas prace naukowe w zakresie badań eksperymentalnych granic wybuchowości cieczy palnych. Wiedza w zakresie dostępnych metodyk oraz aparatury badawczej do pomiarów palności cieczy palnych stanowi podstawę do prawidłowego doboru tej aparatury w laboratoriach badawczych, a dzięki temu przyczynić się może do podniesienia świadomości przemysłu w zakresie zagrożenia, jakie może stwarzać nieprawidłowe stosowanie, magazynowanie, czy transport cieczy palnych.

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”.

Literatura

1. Mannan S., *Lee's Loss Prevention in the Process Industries*, vol. 2, 2007;
2. Law C.K., *Combustion physics*, Cambridge University Press, 2006;
3. Eckhoff R.K., *Explosion hazards in the process industries*, GPC, 2005;
4. PN-EN 1839, Oznaczanie granic wybuchowości gazów i par, PKN, 2005.
5. PN-EN 15794, Oznaczanie punktów wybuchowości cieczy palnych, PKN, 2010.
6. Coward H.F., Jones G.W., *Limits of flammability of gases and vapors*, Bulletin 503 Bureau of Mines, Pittsburg, 1952;
7. Zabetakis M.G., Scott G.S., Jones G.W., *Limits of flammability of paraffin hydrocarbons in air*, Ind. And Eng. Chem. 43, 1951;
8. Zabetakis M.G., *Flammability characteristics of combustible gases and vapors*, Bulletin 627, Bureau of Mines, 1965;

9. ASTM E-681, *Standard test method for concentration limits of flammability of chemicals*, ASTM;
10. ASTM E-1232, *Standard test method for temperature limit of flammability of chemicals*, ASTM;
11. ASTM E-918, *Standard practice for determining limits of flammability of chemicals at elevated temperature and pressure*, ASTM;
12. ASTM E-2079, *Standard test methods for limiting oxygen concentration in gases and vapors*, ASTM;
13. Arnaldos J., Casal J., Planas-Cuchi E., *Prediction of flammability limits at reduced pressures*, Chemical Engineering Science 56, 2001;
14. Babrauskas V. *Ignition Handbook*, SFPE, 2001;
15. Reid R.C., Prausnitz J.M., Sherwood T.K., *The properties of gases and liquids, 4th edition*, McGraw-Hill, New York, 1987;
16. *SFPE Handbook of Fire Protection Engineering*, 2nd ed., Society of Fire Protection Engineers, Boston, 1995;
17. Merck, *The Merck Index, 12th ed.*, Merck & Co., NJ, 1996;
18. <http://webbook.nist.gov/chemistry/>
19. <http://www.lib.utexas.edu/thermodex/>
20. Pintar A.J., *Predicting lower and upper flammability limits*, Proc. Intl. Conf. on Fire Safety, vol. 28, Product Safety Corp., Sissonville WV, 1999;
21. Hilado C.J., *A method for estimating limits of flammability*, Journal of Fire and Flammability 6, 1975;
22. Shimy A.A., *Calculation flammability characteristics of hydrocarbon and alcohols*, Fire Technology 6, 1970;
23. Antoine C., *Tensions des vapeurs; nouvelle relation entre les tensions et les températures*, Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences 107, 1888;

mgr inż. Rafał Porowski

w 2002r. ukończył studia w Szkole Głównej Służby Pożarnej w Warszawie. W roku 2010 ukończył studia doktorskie na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. Temat rozprawy doktorskiej dotyczy badań doświadczalnych i symulacji numerycznych przejścia do detonacji w mieszaninach gazowych. Pełni funkcję kierownika Zespołu Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowodziowej PIB w Józefowie.

mgr inż. Wojciech Rudy

doktorant w Instytucie Techniki Ciepłej Wydziału MEiL Politechniki Warszawskiej. Zainteresowania naukowe: badania w spalaniu paliw oraz obliczenia numeryczne CFD w tym zakresie.

prof. dr hab. inż. Andrzej Teodorczyk

pracownik Instytutu Techniki Ciepłej Wydziału MEiL Politechniki Warszawskiej, uznany ekspert międzynarodowy w dziedzinie spalania paliw oraz detonacji mieszanin gazowych, prezes Polskiego Instytutu Spalania.

dr inż. **Jacek ROGUSKI**

Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej –
Państwowy Instytut Badawczy

dr inż. **Roman WANTOCH-REKOWSKI**

Wydział Cybernetyki, Wojskowa Akademia Techniczna

dr inż. **Jarosław KOSZELA**

Wydział Cybernetyki, Wojskowa Akademia Techniczna

dr inż. **Adam MAJKA**

Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej –
Państwowy Instytut Badawczy

KONCEPCJA SYMULATORA DO SZKOLENIA KIEROWCÓW POJAZDÓW POŻARNICZYCH PSP W ZAKRESIE ZADAŃ REALIZOWANYCH W RAMACH KRAJOWEGO SYSTEMU RATOWNICZO-GAŚNICZEGO (KSRG)¹

Concept of simulator for training fire truck drivers in the national fire-extinguishing system

Streszczenie

W publikacji przedstawiono problematykę szkolenia kierowców wozów bojowych z wykorzystaniem systemów symulacyjnych. Analiza danych statystycznych dotycząca wyjazdów samochodów pożarniczych i związanych z tym kolizji i wypadków drogowych, pozwoliła na sprecyzowanie szeregu wymagań związanych z doskonaleniem techniki jazdy samochodami uprzywilejowanymi. W świetle nowych wymagań formalno-prawnych uzasadniono konieczność wykorzystania symulatorów do doskonalenia techniki jazdy. Przedstawiono koncepcję i projekt trenażera stanowiska kierowcy zintegrowanego ze środowiskiem symulacji wirtualnej VBS2, przy pomocy którego można wspomagać proces szkolenia kierowców dowolnie konstruując scenariusze sytuacji typowych i wyjątkowych uwzględniając różnorodność terenu działań, obiektów, warunków związanych z porą roku i dnia oraz zachowaniem się innych komputerowo sterowanych wirtualnych uczestników scenariusza.

Summary

The paper presents the problem of training drivers of combat vehicles with the use of simulation systems. The concept and design of the simulator driving position is integrated with VBS2 virtual simulation environment. The analysis of statistics of fire vehicles trips and related road collisions and accidents, helped to clarify requirements related to the improvement of car preferred driving techniques. In light of the new regulatory requirements reasoned necessity of using simulators to improve driving techniques. Training of drivers in any construct scenarios can be enhanced using VBS2, taking into account a variety of land activities, facilities, conditions associated with seasons and time of day, as well as behavior of other computer-controlled objects.

Słowa kluczowe: krajowy system ratowniczo-gaśniczy, symulacja, trenażer, pojazdy pożarnicze PSP, szkolenie, Państwowa Straż Pożarna;

Keywords: national fire-extinguishing system, simulation, trainer, fire vehicles, training, State Fire Service;

Wstęp

W ramach prac związanych realizacją tematu badawczego finansowanego przez NCBiR nr 0001/ID3/2011/01

pt. „Opracowanie nowoczesnych stanowisk szkoleniowych zwiększających skuteczność działań ratowników KSRG” prowadzone są badania związane z możliwym zakresem oraz sposobem zastosowania nowoczesnych symulatorów do szkolenia kierowców pojazdów bojowych PSP. W ramach tego tematu prowadzono badania,

¹ Każdy z autorów wniósł równorzędny, wynoszący 25%, wkład w powstanie niniejszego artykułu.

w rezultacie których zostały sformułowane rekomendacje dotyczące:

1. Opracowania modelu funkcjonalnego wirtualnego stanowiska do podniesienia kwalifikacji kierowców.
2. Opracowania zestawu ćwiczeń i stanowisk do przygotowania pracowników KSRG
3. Do wykonywania szeregu działań technicznych spotykanych przy gaszeniu pożarów i likwidacji awarii.

W systemie bezpieczeństwa ruchu drogowego decydującym czynnikiem jest człowiek, z jednej strony jako współtwórca ruchu drogowego z drugiej jako użytkownik drogi.

Bezpieczne funkcjonowanie kierowcy w ruchu drogowym zależy od jego zdolności psychofizycznych, przystosowania społecznego, kultury jazdy, dyscypliny społecznej, kontroli emocjonalnej, umiejętności radzenia sobie w złożonej sytuacji zadaniowej jaką jest prowadzenie samochodu pożarniczego. Wypadki drogowe powstają zarówno na skutek psychofizycznych niedoskonałości uczestników ruchu drogowego, jak i łamania przez użytkowników przepisów oraz braku umiejętności w prowadzeniu pojazdu.

Prowadzenie pojazdu to układ wzajemnie ze sobą powiązanych możliwości, wiedzy, umiejętności, postaw i emocji człowieka.

Uczestnictwo w ruchu drogowym jest złożonym systemem czynności i zachowań w specyficznej sytuacji w przestrzeni, poprzez kształtowanie relacji z innymi.

Sprawność w kierowaniu pojazdem łączy w sobie trzy obszary:

- sprawności fizycznej określanej w badaniach lekarskich,
- sprawności psychicznej określanej w badaniach psychotechnicznych kierowców,
- wiedzy, umiejętności i postawy kierującego pojazdem.

Sprawne funkcjonowanie kierującego w warunkach ruchu drogowego zależy od odpowiedniej sprawności fizycznej i psychicznej, o których wpływie będzie mowa w dalszej części opracowania.

Przyjmując definicję bezpiecznego kierowcy jako zdolność do bezkolizyjnego prowadzenia pojazdu z jednego miejsca do drugiego, można przyjąć że taki kierowca opanował i umie wszechstronnie wykorzystać nabyte umiejętności związane z prawidłowym prowadzeniem pojazdu i posiada odpowiednią sprawność psychiczną.

W Polsce, wg danych Komendy Głównej Policji o wypadkach drogowych, w 2010 roku doszło do 38 832 wypadków drogowych, w których śmierć poniosło 3907 osób, a 48 952 zostało rannych. W porównaniu z rokiem 2009, liczba wypadków zmniejszyła się o 5364, czyli o 12,1%, osób zabitych było mniej o 665, czyli o 14,6%, liczba rannych spadła o 7094, czyli o 12,7% (*Wypadki drogowe w Polsce w 2010 roku*). Koszty wypadków drogowych w Polsce wynoszą około 12 mld. zł. rocznie, co

stanowi 2,7% PKB. Polska od wielu lat zajmuje czołowe miejsce pod względem wskaźnika ciężkości wypadków drogowych. Wskaźnik ten wynosi 11 zabitych na 100 wypadków drogowych, podczas gdy średnia dla UE wynosi nieco powyżej 3. (*Road safety country profile. Polska*).

Głównymi sprawcami wypadków drogowych są kierujący pojazdami – z ich winy dochodzi do blisko 80% wypadków. Wśród kierujących pojazdami – sprawców wypadków drogowych grupa *kierowców zawodowych* (kierowcy samochodów ciężarowych, autobusów, tramwajów i trolejbusów) spowodowała w 2010 r. około 8% wypadków (*Wypadki drogowe w Polsce w 2010 roku*).

Kierowcy zawodowi są również ofiarami wypadków drogowych. W Polsce, transport zajmuje trzecie miejsce ze względu na liczbę śmiertelnych ofiar wypadków przy pracy (15%) (*Wypadki przy pracy w 2008 roku*), a miejsce drugie (po budownictwie) ze względu na wzrost (o 31.1%) w stosunku do 2007 r. liczby śmiertelnych wypadków przy pracy (*Alarmujące dane dotyczące wypadków przy pracy*). Z danych Państwowej Inspekcji Pracy wynika, że *kierowcy samochodów ciężarowych, osobowych i autobusów* stanowią najliczniejszą grupę poszkodowanych w wypadkach przy pracy ze skutkiem śmiertelnym (17% w 2008 r.). Pod względem zaś ogólnej liczby poszkodowanych w wypadkach przy pracy *kierowcy pojazdów* znajdują się na drugim miejscu (8,3% w 2008 r.) (*Analizowanie okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy*). Praktyka pokazuje, że dopuszczanie do prowadzenia pojazdów wyłącznie osób posiadających określone predyspozycje jest metodą wysoce skuteczną w obniżaniu ryzyka wypadków w transporcie drogowym. Na poziomie europejskim kwestię tę reguluje m.in. Dyrektywa Rady Wspólnoty Europejskiej o „*minimalnych normach dotyczących cech (właściwości) fizycznych i umysłowych, niezbędnych do prowadzenia pojazdów*”, gdzie wymienia się trzy podstawowe grupy osób, którym prawo jazdy nie powinno być wydane ani wznowione (*Dyrektywa 91/439/EWG*).

W Polsce, działania zmierzające do poprawy bezpieczeństwa w transporcie drogowym określone zostały w założeniach Polityki Transportowej Państwa na lata 2006 – 2025, przyjętej przez Radę Ministrów 29 czerwca 2005 r. Zadaniem czwartym tej polityki jest *zapewnienie bezpieczeństwa w transporcie ... by transport drogowy nie wiązał się z tak dużym jak obecnie zagrożeniem zdrowia i życia obywateli*, zaś cel 5. dotyczy *poprawy bezpieczeństwa prowadzącej do radykalnej redukcji liczby wypadków i ograniczenia ich skutków (Polityka Transportowa Państwa na lata 2006-2025)*.

Także w 2005 r. Rada Ministrów przyjęła nowy program: *GAMBIT 2005*, jako Krajowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego na lata 2005-2007-2013, którego celem jest zmniejszenie do roku 2013 liczby ofiar śmiertelnych wypadków drogowych o połowę w stosunku do roku 2003, tj., nie więcej niż 2800 ofiar śmiertelnych rocznie (*Gambit 2005*).

Cechy indywidualne kierowcy

Wiek kierowcy

Statystyki wypadkowe z lat 2005 – 2007 świadczą o tym, że wiek kierowcy ma ogromne znaczenie w kontekście bezpieczeństwa na drogach. Pokazują one, że liczba kierowców w wieku ok. 20 lat, uczestniczących w wypadkach drogowych prawie trzykrotnie przewyższa liczbę kierowców „wypadkowych” będących w wieku ok. 40 lat.

Wydaje się, że te tragiczne statystyki dotyczące młodych kierowców nie wynikają jedynie z braku umiejętności prowadzenia samochodu, lecz z braku umiejętności przewidywania następstw własnych zachowań ryzykownych oraz nieadekwatnej oceny samego siebie i sytuacji drogowej. Wyniki badania czasów reakcji, podzielności uwagi i koordynacji wzrokowo-ruchowej u młodych kierowców są najczęściej lepsze od wyników osiąganych w tym zakresie przez osoby starsze. Dlatego najważniejsze działania mające na celu zwiększanie indywidualnej sprawności kierowców powinny koncentrować się na uświadamianiu konsekwencji własnych działań i uczeniu dokonywania właściwej samooceny.

W ogólnym procesie działania człowieka, jak i w specyficznej sytuacji kierowcy, sprawne zachowanie zależy od trzech podstawowych warunków:

- trafnej oceny samego siebie i sytuacji drogowej,
- podejmowania właściwych decyzji,
- sprawnego wykonania manewru.

Podkreśla się, że trafność oceny sytuacji determinuje następne etapy działania człowieka. Dlatego tak ważne jest, aby kierowcy przed zajęciem miejsca za kierownicą dokonali krótkiej oceny własnego stanu fizycznego i emocjonalnego oraz przewidywanej sytuacji drogowej.

Wpływ samopoczucia fizycznego i psychicznego na sprawność działania jest tak duży, że psycholog przeprowadzający badania psychologiczne kierowców jest zobowiązany do uspokojenia kierowcy swobodną rozmową, gdy obserwuje nadmierne pobudzenie lub zdenerwowanie. W sytuacji, gdy badany kierowca uskarża się na złe samopoczucie lub zmęczenie, badania powinny zostać przeniesione na inny termin.

Obciążenie psychiczne

Błędy mogą być popełniane z powodu presji czasu, nieadekwatnej oceny sytuacji ale mogą być również skutkiem zbyt dużej ilości bodźców działających na kierowcę. Każdy człowiek w zależności od aktualnego samopoczucia oraz cech temperamentalnych „posiada” swój własny przedział warunków optymalnych, w których najlepiej funkcjonuje.

Cechy temperamentu i osobowości

W orzecznictwie psychologicznym o posiadaniu lub braku predyspozycji do wykonywania pracy na stanowisku kierowcy lub do prowadzenia pojazdu uwzględnia się zwykle

ocenę cech temperamentalnych, wyróżnionych w Regulecyjnej Teorii Temperamentu J. Strelaua. Do cech tych należą następujące właściwości:

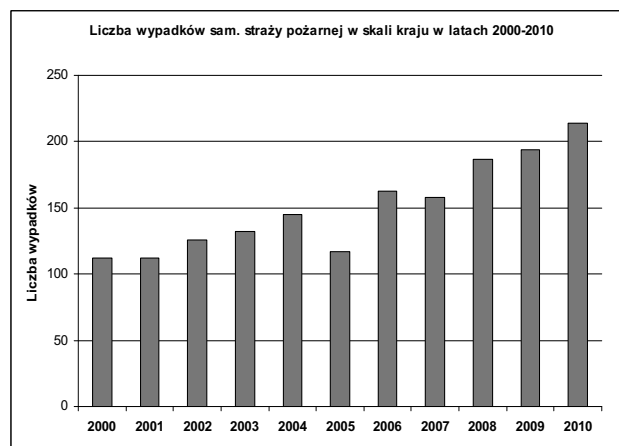
- *zwawość* - opisuje tempo reagowania i wykonywania czynności oraz łatwość dopasowania zachowania do zmieniającej się sytuacji,
- *perseweratywność* – jest to tendencja do trwania i powtarzania przez człowieka określonego zachowania po zaprzestaniu działania bodźca,
- *wrażliwość sensoryczna* – oznacza zdolność do reagowania na bodźce zmysłowe o niskiej wartości stymulacyjnej,
- *reaktywność emocjonalna* – określa skłonność do silnego reagowania na bodźce o charakterze emocjonalnym,
- *wytrzymałość* – opisuje zdolność do działania w warunkach silnej i/lub długotrwałej stymulacji zewnętrznej,
- *aktywność* – jest to skłonność do podejmowania z własnej woli działań o dużej wartości stymulacyjnej.

Każda z tych charakterystyk ma istotne znaczenie z punktu widzenia Bezpiecznego zachowania kierowcy w czasie prowadzenia pojazdu i oceny sytuacji na drodze.

Analiza badań statystycznych

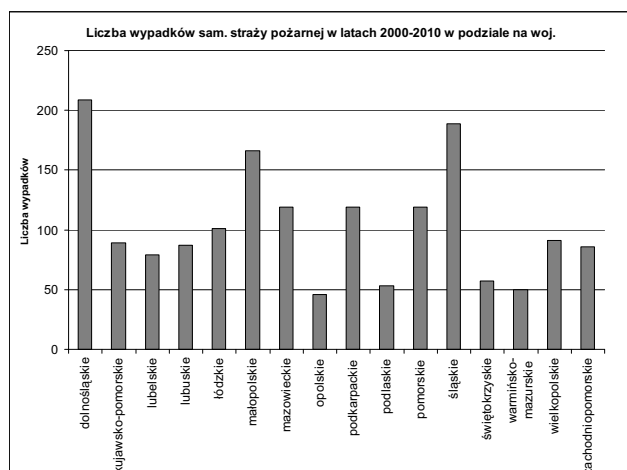
Analiza za lata 2001–2010 wypadków samochodów ratowniczo-gaśniczych oraz innych samochodów pożarniczych.

Wykres liczby wypadków samochodów straży pożarnej w skali kraju w latach 2000–2010 ma charakter rosnący (rys. 1.). W podziale na województwa (rys. 2.) najwięcej zdarzeń drogowych z udziałem samochodów pożarniczych miało miejsce w województwach: dolnośląskim, małopolskim i śląskim. Zwiększona wypadkowość w tych województwach może wynikać ze specyfiki zabudowy obszarów miejskich (stara zabudowa i infrastruktura centrów miast) oraz ukształtowania terenu w obszarach pozamiejskich – kręte górskie drogi, często z jezdnią o szerokości jednego pojazdu.



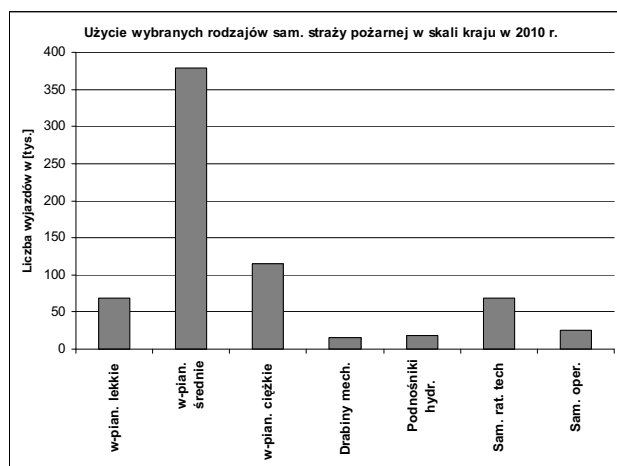
Ryc. 1. Liczba wypadków sam. straży pożarnej w skali kraju w latach 2000–2010

Fig. 1. Number of fire vehicle accidents in the country



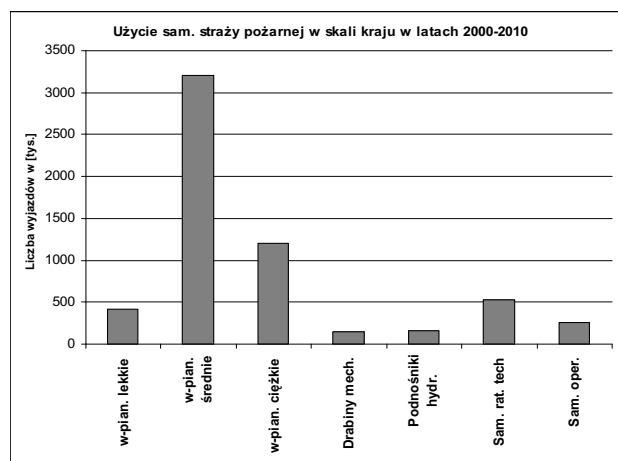
Ryc. 2. Liczba wypadków sam. straży pożarnej w latach 2000-2010 w podziale na województwa

Fig. 2. Number of fire vehicle accidents in the country between 2000 and 2010 divided by districts



Ryc. 3. Użycie wybranych rodzajów samochodów straży pożarnej w skali kraju w 2010 r.

Fig. 3. The use of selected types of fire vehicles in the country in 2010



Ryc. 4. Użycie samochodów straży pożarnej w skali kraju w latach 2000-2010

Fig. 4. The use of fire vehicles in the country between 2000 and 2010

Analiza częstotliwości wyjazdów samochodów ratowniczo-gaśniczych oraz innych samochodów pożarniczych.

W oparciu o dane uzyskane z KCKiR i Biura Logistyki KG PSP (rys. 3 i 4), można stwierdzić, że najczęściej

używanym rodzajem pojazdu pożarniczego jest średni samochód ratowniczo gaśniczy (wodno-pianowy). W 2010 roku pojazdy takie wyjeżdżały do akcji ponad 378 tys. razy.

Tabela 1.

Zestawienie zbiorcze wypadków i kolizji samochodów gaśniczych i specjalnych PSP w latach 2000-2010

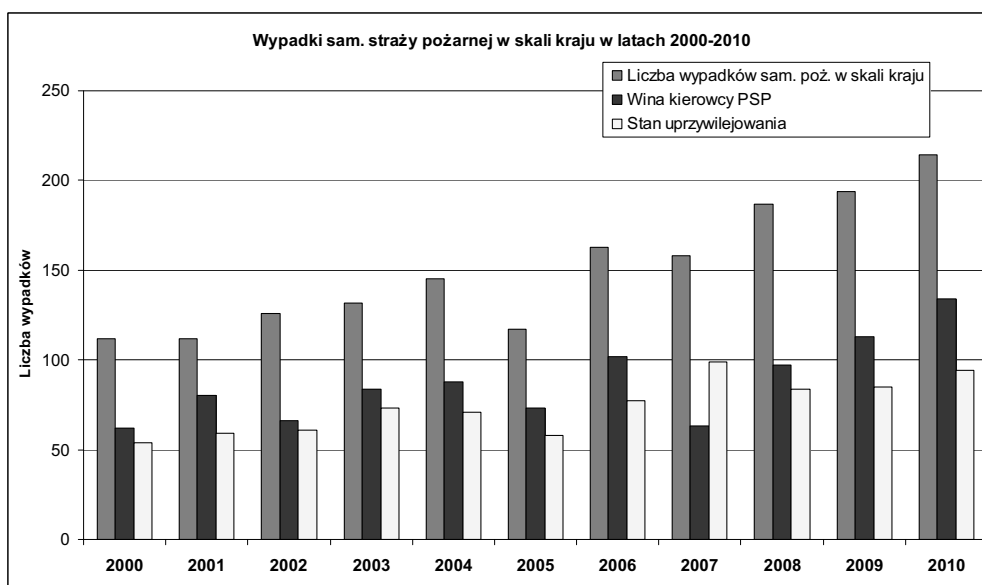
Table 1.

Summary of incidents and accidents of fire vehicles between 2000 and 2010

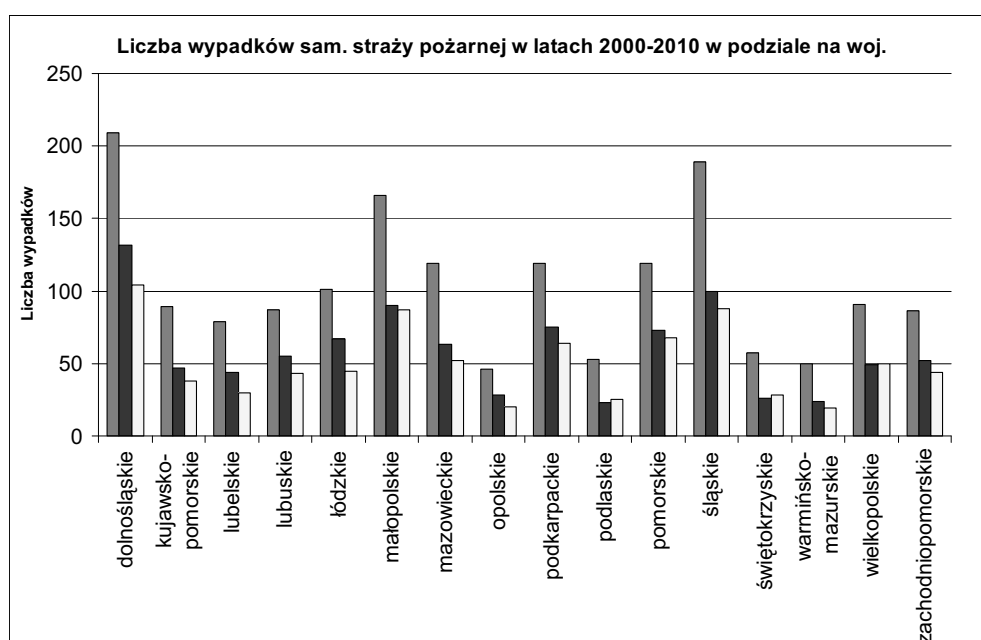
rok	liczba pojazdów	wypadki	wina kierowcy	stan uprzywilejowania	liczba przejech. km	wypadkowość,%	Średnia liczba przejechanych kilometrów
2000	5750	114	62	54	27 588 008	1,98	4797,9
2001	5531	115	80	59	27 400 928	2,08	4954,1
2002	5403	127	66	61	26 670 575	2,35	4936,2
2003	5578	135	84	73	28 002 491	2,42	5020,2
2004	5604	148	88	71	27 519 864	2,64	4981,6
2005	5583	120	73	58	27 586 277	2,15	4941,1

2006	5583	165	102	77	27 586 277	2,96	4941,1
2007	5583	163	63	99	25 108 486	2,92	4497,3
2008	5570	190	97	84	26 299 816	3,41	4721,7
2009	5546	194	113	85	25 049 931	3,50	4516,7
2010	5591	214	134	94	29 319 685	3,83	5244,1
Suma	61322	1685	962	815	298 132 338		
średnia	5575	153,2	87,45	74,09	27 102 939	2,74	4868,36

- wypadki z winy kierowcy PSP 57,10%
- wypadki w stanie uprzywilejowania w odniesieniu do ogólnej liczby wypadków 48,40%
- wskaźnik wypadkowości w odniesieniu do 1 km przebiegu 3,14



Ryc. 5. Liczba wypadków samochodów straży pożarnej w skali kraju w latach 2000-2010
Fig. 5. Number of accidents of fire vehicles in the country between 2000 and 2010



Ryc. 6. Liczba wypadków z udziałem samochodów straży pożarnej w latach 2000-2010 w podziale na województwa
Fig. 6. Number of accidents involving fire vehicles between 2000 and 2010 divided by province

Na podstawie danych zebranych w tabeli 1, można stwierdzić, że:

- liczba pojazdów pożarniczych w ciągu 11 lat utrzymywała się na zbliżonym poziomie ok. 5500 sztuk,
- liczba wypadków i wypadkowość wzrasta,
- w ok. 57 % są to wypadki spowodowane przez kierowców PSP,
- w ok. 48 % do wypadków dochodzi kiedy pojazd straży pożarnej korzysta z uprzywilejowania,
- wskaźnik wypadkowości w odniesieniu do jednego km przebiegu wynosi ok. 3,14 %
- z analizy rys. 6 i 7 wynika, że proporcja liczby wypadków z winy kierowcy PSP i w czasie korzystania z uprzywilejowania w stosunku do ogólnej liczby wypadków jest względnie stała zarówno w skali kraju jak i w poszczególnych województwach.

Badania ankietowe

Równoległe z badaniami statystycznymi, dla porównania uzyskanych wniosków przeprowadzono badania ankietowe. Badaniom poddano kierowców –ratowników pracujących w jednostkach KSRRG. Wyniki badań wskazują, że strażacy biorący udział w badaniu stanowią jednorodną grupę pod względem doświadczenia w kierowaniu pojazdami. Wszyscy kierują pojazdami uprzywilejowanymi i posiadają prawa jazdy od ponad 10 lat. Są doświadczonymi kierowcami, dlatego też otrzymane wyniki mogą stanowić wskazówkę przy określaniu wymagań dla symulatora pojazdu uprzywilejowanego.

Budowany symulator powinien posiadać możliwość wyboru::

1. **Typ samochodu** – pojazd ciężarowy z możliwością ciągnięcia przyczepy – Ze 112 badanych 98 posiada prawo jazdy kategorii C, a 50 z nich posiada uprawnienia do ciągnięcia przyczepy.
2. **Rodzaj napędu** – możliwość ustalania napędu zarówno 4x4 jak i 4x2 – prawie 80% kierowców kieruje pojazdami z napędem na obie osie, więcej niż 50 % kieruje pojazdami z napędem na jedną oś, zarówno przednią, jak i tylną.
3. **Skrzyni biegów** – prawie 100 % ankietowanych kieruje pojazdami ze skrzynią manualną. Wśród tej grupy 20% kieruje również pojazdami ze skrzynią automatyczną.
4. **Warunków atmosferycznych** w symulowanych sytuacjach drogowych w różnych porach roku – należy w miarę możliwości uwzględnić wszystkie czynniki wskazane przez respondentów, a wśród nich te które zostały wskazane jako najbardziej utrudniające jazdę, czyli:
 - oślepiające słońce,
 - deszcz/mżawka,
 - śliska nawierzchnia/ lód/ gołoledź.
5. **Czynników utrudniające jazdę w różnych porach doby** – należy w miarę możliwości uwzględnić

wszystkie czynniki wskazane przez respondentów, a wśród nich te które zostały wskazane jako najbardziej utrudniające jazdę, czyli:

- słońce/ jazda pod słońce,
- słaba widoczność,
- noc – ciemność/ słaba widoczność,
- świt – oślepiające słońce.

6. **Rodzaju drogi** – osiedlowa, polna, leśna, gminna – według ankietowanych najtrudniej poruszać się po drogach osiedlowych.

7. **Czynników utrudniające jazdę w symulowanych sytuacjach drogowych ogółem** – należy w miarę możliwości uwzględnić wszystkie czynniki wskazane przez respondentów, a wśród nich te które zostały wskazane jako najbardziej utrudniające jazdę, czyli:

- jazda po lodzie,
- jazda o asfalcie z warstwą oleju,
- jazda pod słońce,
- jazda po błocie pośniegowym.

8. **Symulowania sytuacji podczas prowadzenia pojazdu uprzywilejowanego**

- gwałtowne hamowanie,
- wjazd na skrzyżowanie przy czerwonym świetle sygnalizacji,
- jazda pod prąd,
- wymuszenie pierwszeństwa przez inny pojazd,
- wtargnięcie pieszego na jezdnię,
- omijanie nagle pojawiających się przeszkód,
- zajechanie drogi przez inny pojazd,
- przebiecie opony,
- złamanie się zestawu” na skutek wpadnięcia w poślizg.

Z badania wynika również, że 80 % kierowców nie brało udziału w żadnej formie szkolenia doskonalącego. Jednocześnie w pytaniu otwartym ankiety, dotyczącym czynników wpływających na bezpieczeństwo kierowania pojazdem, ankietowani wskazali szkolenia doskonalące jako jeden z dwóch najważniejszych czynników. Drugim czynnikiem był stan pojazdów pożarniczych i ich konstrukcja.

Otrzymane wyniki jednoznacznie wskazują na potrzebę doskonalenia kierowców pojazdów uprzywilejowanych, między innymi poprzez szkolenia w warunkach rzeczywistych i symulowanych z użyciem symulatora o zaproponowanych wyżej funkcjach oraz uwzględniającego wskazane przez ankietowanych sytuacje i czynniki. Takie podejście z pewnością wpłynie na poprawę warunków pracy kierowców oraz poprawę warunków bezpieczeństwa kierujących pojazdami.

W oparciu o istniejące dokumenty mające zastosowanie w jednostkach KSRRG można przygotować algorytm wyjazdu samochodu pożarniczego rozpisanego na czynności proste:

- zajęcie miejsca w samochodzie,
- uruchomienie silnika,

- zamknięcie i kontrola zamknięcia drzwi w kabinie,
- włączenie świateł drogowych lub mijania,
- zapięcie pasów bezpieczeństwa,
- włączenie sygnałów alarmowych świetlnych i akustycznych
- wyjazd z garażu,
- dojazd na miejsce zdarzenia,
- ustawienie pojazdu w miejscu wyznaczonym,
- wyłączenie sygnałów akustycznych,
- ustawienie dźwigni zmiany biegów w położeniu neutralnym,
- zaciągnięcie hamulca postojowego,
- załączenie napędu dodatkowego,
- zgłoszenie meldunku drogą radiową,
- opuszczenie kabiny kierowcy.

Analiza rzeczywistych czasów wyjazdu na przykładzie KMPSP w Olsztynie

W oparciu o dane zaczerpnięte z Komendy Miejskiej PSP w Olsztynie, średni czas dojazdu do zdarzenia wynosi:

- 6 minut dla JRG na terenie miasta i powiatu,
- 11 minut dla JRG, OSP w KSRG i OSP spoza KSRG na terenie miasta i powiatu,
- 13 minut dla OSP w KSRG i OSP spoza KSRG na terenie powiatu.

Mając na uwadze, że niektóre wyjazdy zajmują zaledwie minutę czy dwie (niewielka odległość, krótki czas z uwagi np. na porę nocną i mały ruch) zdarzają się również wyjazdy zajmujące do kilkunastu minut (odpowiednio więcej biorąc pod uwagę dane dla OSP).

Najczęstsze utrudnienia to korki uliczne, konieczność jazdy pod prąd, wjazd na skrzyżowanie przy czerwonym świetle i podczas natężonego ruchu ulicznego, złe warunki pogodowe. Kolizje i wypadki zdarzają się sporadycznie. W przypadku poważniejszego wypadku pojazd jest oczywiście eliminowany z wyjazdu co dyskwalifikuje takie zdarzenie z wachlarza symulowanych utrudnień branych pod uwagę w scenariuszach do symulatora. W zależności od tego w jakim mieście przeprowadzane będą zajęcia z wykorzystaniem wirtualnego symulatora, z biblioteki scenariuszy można pobrać jeden z przygotowanych lub stworzyć własny uwzględniający specyfikę regionu.

Przykładowy scenariusz dla KMPSP w Olsztynie

Dystans od jednostki – ok. 5 km

Szacowany czas dojazdu 8-9 minut

Pora dnia: popołudnie, ok. 15:30 (duże natężenie ruchu)

Warunki pogodowe: śliska nawierzchnia/lód/gołoledź

1. Wyjazd z bramy (ludzie przechodzący przed szlabanem – konieczność nagłego hamowania)
2. Jazda pod prąd przez skrzyżowanie,
3. Dwa ostre zakręty – w prawo a potem w lewo (tzw. „szykana”)
4. Jazda pod górkę (ok. 300m) potem z górki (ok. 300m)

5. Na końcu zjazdu ostry zakręt w lewo, rozszerzenie drogi na 2 pasy ruchu,
6. Ostry zakręt w prawo i dojazd do ronda
7. Przejazd przez rondo (na rondzie wymuszenie pierwszeństwa przez inny pojazd wjeżdżający na rondo),
8. Zjazd z ronda drugim zjazdem, zwężenie drogi do jednego pasa ruchu,
9. Jazda po drodze z jednym pasem ruchu
10. Utrudnienie – ciężki pojazd wycofujący z placu budowy, osoba kierująca ruchem wstrzymuje ruch – konieczność objechania kilku pojazdów i jazdy pod prąd,
11. Przejazd przez skrzyżowanie na czerwonym świetle,
12. Grupa dzieci przechodząca przez jezdnię – z pobliskiej szkoły,
13. Na światłach skręt w prawo (konieczność objechania z lewej strony kolumny pojazdów czekających na zielone światło), jazda prosto (do końca scenariusza jest o tzw. „droga osiedlowa” czyli wąska jezdnia dodatkowo zastawiona samochodami, czasem po obu stronach drogi).
14. Szykana (prawo, lewo)
15. Dojazd do miejsca zdarzenia.



Ryc. 7. Przykład scenariusza do symulatora
Fig. 7. Scenario for simulator

Projekt wstępny symulatora

Projekt symulatora stanowiska kierowcy wozu bojowego PSP bazuje na wykorzystaniu nowoczesnej techniki w zakresie urządzeń imitujących elementy stanowiska oraz nowoczesnej techniki komputerowej to symulowania i zobrazowania środowiska, w którym porusza się osoba szkolona. Symulator stanowi kompletne rozwiązanie w zakresie przygotowania, prowadzenia ćwiczeń oraz analizę przebiegu ćwiczenia (przebiegu symulacji) i zaprojektowany jest w formie mobilnej w postaci kontenera zawierającego wszystkie niezbędne elementy wraz z wyposażeniem niezbędnym do zapewnienia bezpieczeństwa zarówno ćwiczącym jak i instruktorowi i administratorowi systemu.

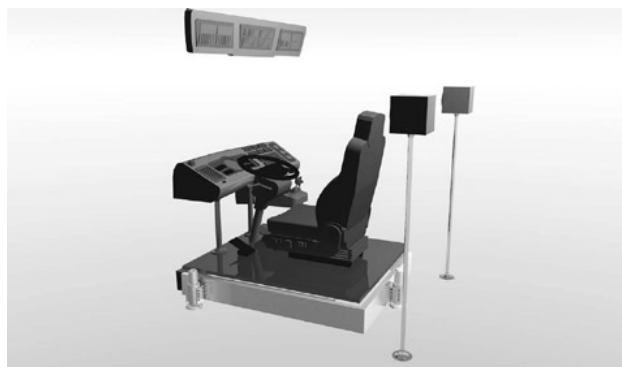
Na poniższych rysunkach Ryc.8 i Ryc.9 przedstawione jest rozmieszczenie elementów symulatora w kontekście

nerze. Symulator zawiera wydzielone miejsce kierowcy z monitorami oraz ruchomym siedzeniem umożliwiającym symulację odczuć w trakcie prowadzenia pojazdu oraz miejsce dla instruktora i administratora z wydzieloną szafą na zamontowanie niezbędnej infrastruktury teleinformatycznej.



Ryc. 8. Wizualizacja 3D elementów symulatora [16]

Fig. 8. 3D visualization of simulator elements [16]



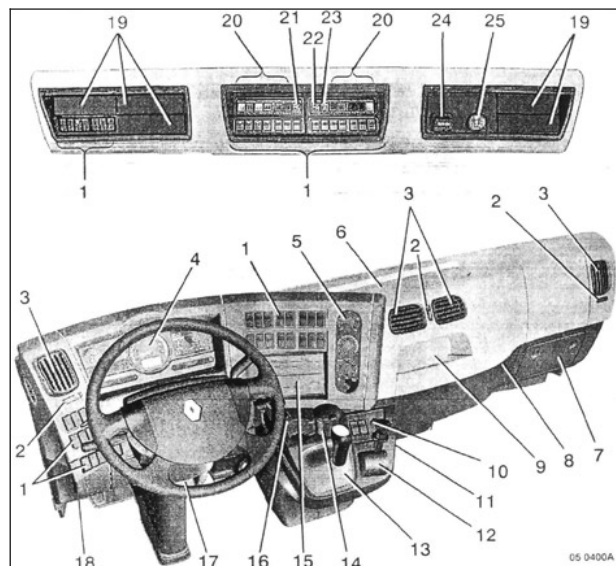
Ryc. 9. Wizualizacja 3D stanowiska kierowcy [16]

Fig. 9. 3D visualization of driving post [16]

Stanowisko kierowcy pojazdu bojowego KSRG będzie zbudowane z wybranych oryginalnych elementów kabiny pojazdu RENAULT MIDLUM 4x2 GBAPr 2/16/750. Poniższy rysunek Ryc.10 przedstawia wygląd deski rozdzielczej oraz elementów górnego panelu pojazdu.

Część programowa symulatora wykonana zostanie z wykorzystaniem systemu symulacyjnego VBS2. System VBS2 umożliwia kompleksową i zintegrowaną symulację działań obiektów funkcjonujących w środowisku wirtualnym z wykorzystaniem nowoczesnych technologii infor-

matycznych. System posiada zaawansowane algorytmy symulacji z jednoczesnym zobrazowaniem graficznym o wysokim stopniu szczegółowości. Producentem systemu jest firma Bohemia Interactive Simulations (<http://www.vbs2.com>). System VBS2 jest ważnym narzędziem informatycznym ponieważ integruje on symulację różnych aspektów począwszy od symulacji działań typowych dla Krajowego Systemu Ratowniczo Gaśniczego, ćwiczenie procedur do symulacji obsługi złożonych urządzeń.



Ryc. 10. Wygląd deski rozdzielczej pojazdu RENAULT MIDLUM 4x2 GBAPr 2/16/750 [17]

Fig. 10. The appearance of the dashboard of RENAULT MIDLUM 4x2 GBAPr 2/16/750 vehicle [17]

Producent wraz z symulatorem dostarcza zestaw specjalizowanych narzędzi VBS2-VTK umożliwiających: budowę własnych obiektów takich jak pojazdy, budynki, urządzenia, roślinność, ludzie; przygotowanie własnego terenu z wykorzystaniem danych pozyskiwanych ze standardowych zasobów mapowych; przygotowanie zaawansowanych scenariuszy (misji) dotyczących różnych aspektów związanych z symulacją na poziomie pojedynczych obiektów; tworzenie własnego oprogramowania zgodnie z potrzebami użytkowników. Możliwość tworzenia własnego oprogramowania skryptowego daje możliwość rozszerzającego możliwości środowiska symulacyjnego o właściwości znacznie wykraczające poza funkcje producenta. Ważnym elementem jest baza danych gotowych elementów, które można w łatwy sposób wykorzystać we własnych rozwią-



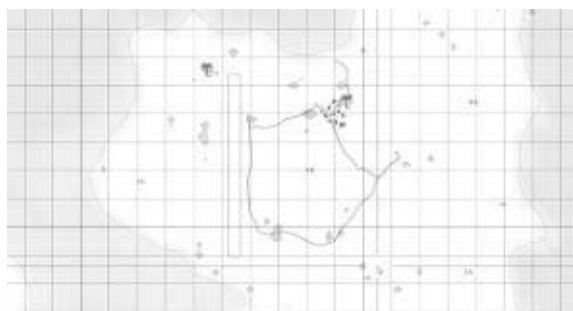
Ryc. 11. Zobrazowanie różnych pojazdów [18]

Fig. 11. Visualization of various vehicles [18]

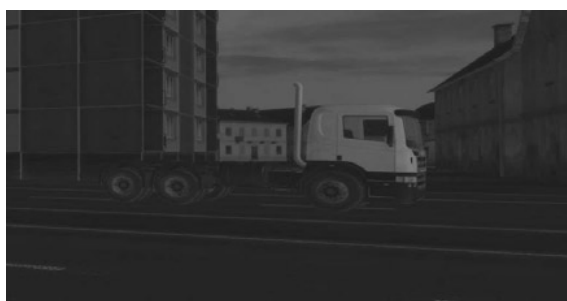
zaniach. Dotyczy to: bazy sprzętu (pojazdy kołowe i gąsienicowe), żołnierze lub osoby cywilne z różnym wyposażeniem, bazy obiektów terenowych (budynki, przedmioty oraz roślinność). Przykład zobrazowania pojazdów oraz

widoków dla różnych stanowisk przedstawiają poniższe rysunki. Ryc.11 do Ryc.13

Symulacja realizowana z wykorzystaniem systemu VBS2 uwzględnia oddziaływanie środowiska naturalne-



Ryc. 12. Przykłady map (zobrazowanie 2D i 3D) [18]
Fig. 12. Examples of maps (2D and 3D visualization) [18]



Ryc. 13. Przykłady zobrazowania różnych aspektów symulacji [18]
Fig. 13. Visualization of various aspects of simulation [18]

go oraz procesów w nim zachodzących na symulowane obiekty. W symulacji uwzględnia się następujące aspekty środowiska: warunki pogodowe (zachmurzenia, deszcz, nasłonecznienie, oślepianie), cykl przejścia słońca w ciągu dnia, cykl przejścia księżyca i gwiazd na w ciągu nocy, siła i kierunek wiatru, rozchodzenie się dźwięku w zależności od ukształtowania terenu oraz obiektów terenowych, stan morza w zależności od pogody, rozchodzenie się światła, zwierzęta, zobrazowanie ognia i dymu w zależności o źródła oraz warunków pogodowych oraz zobrazowanie związane z efektami dźwiękowymi i wizualnymi eksplozji ładunków wybuchowych. Na poniższych rysunkach przedstawiono przykładowe zobrazowanie różnych aspektów związanych z symulacją.

Wnioski

Na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej i przeprowadzonych badań stwierdzone, że:

- liczba pojazdów pożarniczych w ciągu 11 lat utrzymywała się na zbliżonym poziomie ok. 5500 sztuk,
- liczba wypadków i wypadkowość wzrasta,
- w ok. 57 % są to wypadki spowodowane przez kierowców PSP,
- w ok. 48 % do wypadków dochodzi kiedy pojazd straży pożarnej korzysta z uprzywilejowania,
- wskaźnik wypadkowości w odniesieniu do jednego km przebiegu wynosi ok. 3,14 %
- z analizy rys. 6 i 7 wynika, że proporcja liczby wypadków z winy kierowcy PSP i w czasie korzystania z uprzywilejowania w stosunku do ogólnej liczby wypadków jest względnie stała zarówno w skali kraju jak i w poszczególnych województwach.
- otrzymane wyniki jednoznacznie wskazują na potrzebę doskonalenia kierowców pojazdów uprzywilejowanych, między innymi poprzez szkolenia w warunkach rzeczywistych i symulowanych z użyciem symulatora o zaproponowanych wyżej funkcjach oraz uwzględniającego wskazane przez ankietowanych sytuacje i czynniki.
- wykorzystanie symulatorów wpłynie na poprawę warunków pracy kierowców oraz poprawę warunków bezpieczeństwa kierujących pojazdami
- wykorzystanie symulatorów obniży koszty przeprowadzenia wymaganych prawem szkoleń dla kierowców pojazdów uprzywilejowanych oraz powinno istotnie zmniejszyć straty wywołane uczestnictwem pojazdów KSRG w kolizjach i wypadkach

Literatura

1. Bąk J., *Wypadki drogowe a kształcenie młodych kierowców*, ITS, Instytut Technologii Eksploatacji, Radom, 2003;
2. Bąk J., *Psychologiczne badania kierowców*. Bezpieczeństwo Pracy, 6, 12-15, 2004;
3. Bąk J., Bąk D., *Psychologiczne badania kierowców - diagnoza sprawności psychofizycznej*. Transport

Samochodowy 2/2007 ITS Warszawa, s. 21-33;

4. Falkowski A., *Spostrzeganie jako mechanizm tworzenia doświadczenia za pomocą zmysłów* [w:] Strelau J. (red.) *Psychologia*. Podręcznik akademicki t.2, Gdańskie Wydawnictwo Psychologiczne, Gdańsk, 2000;
5. Kolańczyk A., *Uwaga w procesie przetwarzania informacji* [w:] Materska M., Tyszka T. (red.) *Psychologia i poznanie*, PWN, Warszawa, 1997;
6. Mather G., *Foundations of Perception Psychology*, Psychology Press, 2006;
7. Milczarek, M., *Kultura bezpieczeństwa pracy*, Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa, 2002;
8. Naatanen R., Summala H., *Zachowanie użytkowników dróg a wypadki drogowe*, PWN, Warszawa, 1985;
9. Rotter T., [red.] *Metodyka psychologicznych badań kierowców*, ITS, 2003;
10. Studenski R., *Kultura bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwie*. Bezpieczeństwo pracy, 9, 1-4, 2000;
11. Styles E. A., *The Psychology of Attention*, Psychology Press, 2006;
12. Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym (Dz. U. z 2007 r. Nr 125, poz. 874);
13. Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. o ruchu drogowym (Dz. U. z 2005 r. Nr 108, poz. 908);
14. *Wypadki drogowe w Polsce w 2010 roku*. Komenda Główna Policji. Biuro Ruchu Drogowego. Wydział profilaktyki i Analiz. Warszawa, 2011;
15. Ramowe Wytyczne Komendanta Głównego PSP, Warszawa, styczeń 2010;
16. Opracowanie założeń technicznych dla wirtualnego stanowiska do szkolenia zwiększającego skuteczność działań ratowników KSRG, praca zbiorowa w ramach projektu pt „Opracowanie nowoczesnych stanowisk szkoleniowych zwiększających skuteczność działań ratowników KSRG”;
17. Dokumentacja deski rozdzielczej ww. pojazdu RENAULT MIDLUM 4x2 GBAPr 2/16/750 (w repozytorium projektu);
18. Instalacja VBS2 VTK 1.6.

dr inż. Jacek Roguski

jest adiunktem w Zespole Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Pożarowych CNBOP-PIB Zajmuje się naukowo i praktycznie aspektami związanymi z ochronami osobistymi, instalacjami gaśniczymi oraz problemami niezawodności i eksploatacji. Jest autorem lub współautorem wielu artykułów monografii i referatów prezentowanych na konferencjach krajowych i zagranicznych

dr inż. Adam Majka

jest adiunktem –kierownikiem Zespołu Laboratoriów Badań Chemicznych i Pożarowych CNBOP-PIB. Zajmuje się badaniami sprzętu podręcznego oraz środków gaśniczych wykorzystywanych w ochronie przeciwpożarowej. Jest autorem lub współautorem wielu artykułów monografii i referatów prezentowanych na konferencjach krajowych i zagranicznych.

dr inż. Jarosław Koszela

jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Wydziału Cybernetyki Wojskowej Akademii Technicznej. Zajmuje się naukowo i praktycznie aspektami związanymi z szeroko pojętą inżynierią oprogramowania, systemami, narzędziami i technikami przetwarzania danych, systemami rozproszonymi, systemami symulacji komputerowej i interoperacyjnością systemów. Interesuje się zastosowaniami informatyki w systemach wielkoskalowych. Jest współautorem systemów symulacyjnych wdrożonych w Siłach Zbrojnych RP. Jest autorem lub współautorem wielu monografii i referatów na prezentowanych na konferencjach krajowych i zagranicznych.

dr inż. Roman Wantoch-Rekowski

jest od roku 1992 pracownikiem naukowo-dydaktycznym Wydziału Cybernetyki Wojskowej Akademii Technicznej. W 1998 roku obronił rozprawę doktorską nt. „Analiza możliwości klasyfikacji sieci neuronowych jednokierunkowych wielowarstwowych”. Dr inż. Roman Wantoch-Rekowski był kierownikiem prac badawczych własnych z zakresu analiz właściwości sieci neuronowych oraz kierownikiem zdań badawczych grantów finansowanych ze środków KBN oraz prac badawczych zamawianych. Jest współautorem systemów symulacyjnych wdrożonych w Siłach Zbrojnych RP. Jest autorem lub współautorem 8 monografii, 11 rozdziałów w monografiach, ponad 30 referatów na konferencjach krajowych oraz ponad 40 na konferencjach zagranicznych, jest specjalistą w zakresie metod sztucznej inteligencji oraz zastosowania zaawansowanych systemów symulacyjnych do ćwiczeń wspomaganych komputerowo.

Prof dr inż. **Aleš Dudaček**
 Technical University of Ostrava
 Faculty of Safety Engineering of VŠB

FIRE ENGINEERING AND ITS PRACTICAL APPLICATIONS

Inżynieria pożarowa i jej praktyczne zastosowanie

Summary

Progress in the fields of construction and fire safety leads to the development of methods and approaches that are more suitable for extensive and atypical structures than the classical “standard” approach used up to now. In the Czech Republic, basic conditions for the official application of fire engineering approaches were established in the years 2009 and 2010. Needed changes have impacted on legislation, state administration, preparation of standards as well as professional training. The development and the introduction of fire engineering approaches form the content of the research project Specific Assessment of High Risk Conditions for Fire Safety by Fire Engineering Approaches (VG20122014074) handled as a part of the Czech Republic Security Research Programme 2010 – 2015. The contribution also states selected applications of fire engineering approaches to some atypical structures designed in the Czech Republic, including experience following from this.

Streszczenie

Postęp w dziedzinie bezpieczeństwa budownictwa i bezpieczeństwa pożarowego prowadzi do rozwoju metod które są bardziej przydatne w sytuacjach nietypowych od „standardowego” podejścia stosowanego dotychczas. W Republice Czeskiej, podstawowe warunki oficjalnego stosowania metod inżynierii pożarowej powstały w latach 2009 i 2010. Potrzebne zmiany miały wpływ na ustawodawstwo, administrację państwową, przygotowanie norm, jak również szkolenia zawodowe. Opracowanie i wprowadzenie rozwiązań inżynierii pożarniczej tworzą zawartość projektu badawczego „Ocena szczegółowa warunków wysokiego ryzyka dla Straży Pożarnej poprzez zastosowanie metod inżynierii pożarniczej” (VG20122014074) będącego częścią Programu Badawczego w Dziedzinie Bezpieczeństwa Republiki Czeskiej na lata 2010-2015.

Keywords: Fire Service, Czech Republic, fire engineering;

Słowa kluczowe: Straż Pożarna, Republika Czeska, inżynieria pożarnicza;

Changes in Strategy for Fire Safety, Fire Engineering

In the course of last three decades, construction regulations of many countries have switched from a prescriptive form to a functional form, which is usually supplemented by not binding detailed engineering instructions. The urgency of these changes is motivated by the need for flexible methods of designing buildings and the need to enable rather cheap solutions – especially in a case of extensive buildings – without jeopardizing the level of safety. In addition, with the increasing size of buildings, division into rather large compartments and increasing complexity, more persons are endangered by a fire than in the past. In the development of fire safety and fire safety also with the application of fire engineering, a great many international organizations participate intensively, such as International Association for Fire Safety Science (IAFSS), Construction International Board (CIB), International FORUM of Fire Research Directors (FORUM), International

Organization for Standardization (ISO) and European Committee for Standardization (CEN).

During the development of new regulations, many countries have adopted a multi-level design that can be graphically represented as a pyramid (see Fig. 1).

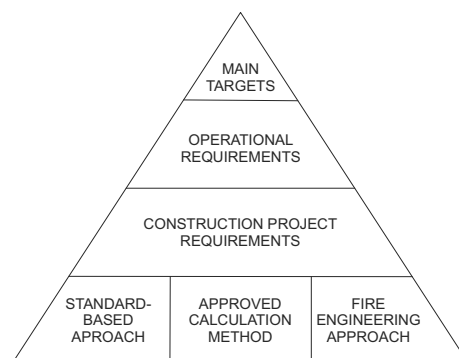


Fig. 1 Multi-level design

The apex of the pyramid represents the definition of main targets of the design; downwards are then specified operational requirements and construction project requirements that have to be satisfied in the case of all buildings. At the lowest level, which forms the base of the pyramid, selection from several possible approaches to achieving targets on the upper levels can be made. For the lowest level, three main design approaches in principle exist: 1. standard-based approach, 2. approved calculation method, 3. fire engineering approach.

The application of fire engineering approaches brings together with advantages also some possible disadvantages. Those may consist mainly in frequently high time consumption associated with the implementation of a fire safety design, lack of input data and rather high demands on the professional level of the designer.

At present, fire engineering consists of five basic sub-systems: SS1 – fire origin and development and formation of products of combustion, SS2 – movement of products of combustion, SS3 – behaviour of constructions in a fire, SS4 – detection, activation and suppression, SS5 – safety of persons.

To all fire engineering, fire dynamics is of key importance. It is used for acquiring the quantification of characteristics required for a fire safety design, by means of which the real development of a fire which may occur in the building is idealized. The idealization of fire behaviour is designated as a design fire and is characterised mainly by the following variables depending on time: heat release rate, smoke formation rate, fire size, space temperature of gases, time to critical events (Flashover, etc.).

After the determination of behaviour of the design fire (fire origin and development and movement of combustion products), one can proceed to partial fire engineering solutions, which co-act with each other and between which data acquired are transmitted. It is a case of the following parts:

- assessment of building constructions during a fire,
- fire-safety equipment design,
- determination of safe evacuation of persons (including conditions for a successful intervention of fire brigades).

Fire Engineering in the Czech Republic

In the eighties of last century, Vladimír Reichel wrote the first wording of a design standard ČSN 73 0802. This new standard changed completely the concept of the preceding standard ČSN 73 0760 and succeeded in the creation of a basis for a coherent system of structural fire safety design including a set of design, test, value and subject standards of the series ČSN 73 08xx. The standard ČSN 73 0802 was based on a concept of fire engineering; it succeeded in transferring the scientific knowledge of that time into practice and created thus a design system for wide use.

Solutions for the application of fire engineering approaches have already been basically dealt with comprehensi-

vely in legal regulations of the Czech Republic. A change in the Act 133/1985 Coll., on fire protection from the year 2006 contains authorization in the following wording: “An authorized engineer or a technician to whom the authorization for structural fire safety was issued, is authorized, in the course of implementation of technical conditions of structural fire safety prescribed by the implementing legal regulations, to apply an approach different from the approach that is determined by the Czech technical standard or another technical document regulating the conditions of fire protection. However, using this approach the authorized person has to reach at least the same result as in the case of using the implementing legal regulation.”

In connection with the preparation of a decree on technical requirements for structural fire safety, a proposal for an approach at a different manner of satisfying the technical conditions of fire protection (fire engineering) was formulated simultaneously. The concept itself includes four basic steps:

- qualitative analysis (qualitative design study),
- quantitative analysis (quantitative design study),
- assessment of analysis results according to safety criteria,
- result recording and presentation.

If the result of assessment of results according to safety criteria is unsatisfactory, the proposal has to be modified and the process has to be repeated.

In the framework of technical standardization, technical standardization committees are established for specific areas in the Czech Republic. With structural fire safety TNK 27 is concerned, in the framework of which a Subcommittee on Fire Engineering (SC 4) was established.

For the purpose of familiarization with the fire engineering approaches, four publications in the series Spektrum were issued by the Association of Fire and Safety Engineering (SPBI). At present, a research project “Specific Assessment of High Risk Conditions of Fire Safety by Fire Engineering Approaches” is dealt with in the framework of Czech Republic Security Research Programme 2010 – 2015 at the Faculty of Safety Engineering of VŠB – Technical University of Ostrava. The project focuses on the application of fire engineering approaches especially to buildings where a large number of people are accumulated and to buildings with an increased risk character of operation. As part of the project, a method of application that will systematically determine the rules for nonstandard approaches to assessing structural fire safety will be developed and verified in practice.

Application of Fire Engineering Approaches

The Faculty of Safety Engineering of VŠB – Technical University of Ostrava uses fire engineering approaches above all in dealing with fire safety in some atypical structures. As an example, the fire separation of the tunnel

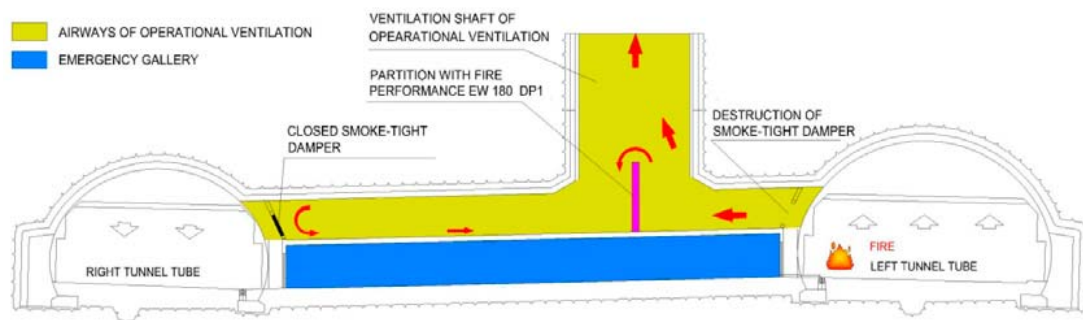


Fig. 2 Section through tunnel tubes

tubes of Komořany Tunnel structure in the framework of Prague orbital and the design of railway tunnels on the Přerov – Brno railway route can be given. In the next section of this paper, the application of fire engineering approaches to the design of Komořany Tunnel fire safety will be presented briefly. For the structure of Komořany Tunnel, a forced operational ventilation system was designed. The fresh air is supplied into one tunnel tube and the polluted air is exhausted from both the tunnel tubes (unidirectional tunnel tubes) by intake and exhaust fans placed in the ventilation building Nouzov.

From the ventilation building a ventilation shaft leads to the level of tunnel tubes; it is divided into a part for fresh air supply and a part for polluted air exhaustion. The ventilation shaft is connected with horizontal airways divided again into air supply and air exhaustion ways that open to the tunnel tubes and end with closing ventilation louver dampers. In the classical solution of an extraordinary situation “tunnel fire”, all holes leading to the tunnel tubes have to be closed against fire and the tunnel tubes form separate compartments. For the mentioned structure, any certified fire louver dampers of required size and of required fire resistance EI 90 SC DP1 that would in case of fire separate the tunnel tubes from the airways were found

neither in the Czech Republic, nor abroad. For this reason, it was decided to verify by modelling whether combustion products of a vehicle fire exhausted through one tunnel tube would be cooled to temperatures below 200 °C in the place of a louver damper situated in the opposite non-affected tunnel tube. For the temperature of 200 °C, manufacturers are able to offer certified fire and smoke dampers Sm DP1 of required sizes (see Fig. 2).

For the fire scenario, a conservative approach consisting in the selection of the worst variant of 50 MW fire with the complete destruction of the smoke-tight damper in the affected tunnel tube was used. The 50 MW output of the fire was chosen for simulation owing to the expected large volume of goods traffic. The 50 MW vehicle fire was simulated in the tunnel tube, when the front of the vehicle was on the level of the smoke-tight damper S_m DP1 being assessed and the vehicle was in the vicinity of the cross connection.

For the analysis of heat and smoke spread, the program FDS (Fire Dynamics Simulator), version 5.1.6, was used, and for visualization then software Smokeview (see Fig. 3).

The result of computer simulation has shown that in the case of the worst variant, i.e. goods vehicle fire

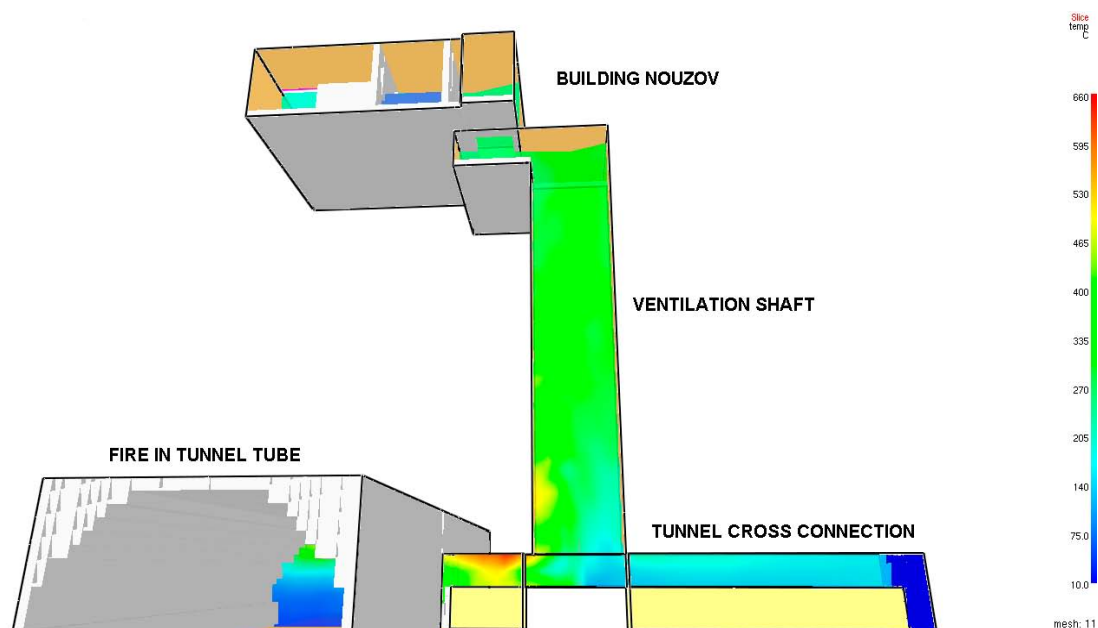


Fig. 3 Visualization of behaviour of temperatures in airways at the 300th second of 50 MW fire

(50 MW) in the tunnel in the vicinity of the smoke-tight damper Sm DP1, the limit state S_m (smoke-tightness for 200 °C temperature) of the affected damper is very quickly exceeded, and thus damper destruction can be expected. The temperature in the place of the smoke-tight damper in the unaffected tunnel tube depending upon the velocity of air flow in the affected tunnel tube grows gradually to the value ranging from 130 °C to 150 °C, when it becomes almost constant and increases no longer. Thus the limit state of the damper will not be exceeded and the damper will provide reliable smoke separation of the unaffected tunnel tube from the site of the fire.

Conclusion

In the Czech Republic, conditions for the use of advanced and progressive fire engineering approaches in structural fire safety design have been formed in recent years. Especially in the framework of security research, methods for wide practical applications of fire engineering are being developed.

References:

1. Kučera, P., Kaiser, R. *Úvod do požárního inženýrství*. Edice SPBI SPEKTRUM, sv. 52. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2007. s. 170. ISBN 978-80-7385-024-1.
2. Kučera, P., Kaiser, R., Pavlík, T., Pokorný, J.: *Metodický postup při odlišném způsobu splnění technických podmínek požární ochrany*. EDICE SPBI SPEKTRUM, sv. 56. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2008, 201 s., ISBN 978-80-7385-044-9.
3. Kučera, P., Kaiser, R., Pavlík, T., Pokorný, J.: *Požární inženýrství - dynamika požáru*. EDICE SPBI SPEKTRUM, sv. 65. Ostrava: Sdružení požárního a bezpečnostního inženýrství, 2009, 152 s., ISBN 978-80-7385-074-6.
4. ISO/TR 13387-1 *Fire safety engineering - Part 1: Application of fire performance concepts to design objectives*, Geneva: ISO, 1999.

prof. dr ing. Aleš Dudáček

absolvent wydziału Górnictwa i Geologii o specjalności Ochrona Przeciwpowarowa, Inżynieria i Bezpieczeństwo Przemysłowe na Uniwersytecie Technicznym w Ostrawie. Kolejne stopnie naukowe otrzymywał na macierzystej uczelni. Główne zainteresowania zawodowe to ochrona przeciwpowarowa, szczególnie sprzęt do wykrywania zagrozenia, substancje CBRN, głównie pod kątem ochrony budynków o dużym znaczeniu.

mł. bryg. mgr inż. **Jacek ZBOINA**¹

mgr **Karolina PASTUSZKA**²

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowazarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy

ZNACZENIE OCENY ZGODNOŚCI DLA OCHRONY PRZECIWPÓŻAROWEJ I OCHRONY LUDNOŚCI³

The importance of conformity assessment for fire and civil protection

Streszczenie

W artykule przedstawiono ogólnie systemy oceny zgodności, w tym system świadectw dopuszczeń przeznaczony dla wyrobów stosowanych na rzecz ochrony przeciwpożarowej. Przywołując podstawy prawne i dokumenty normatywne przypomniano, dla jakich wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej prowadzi się odpowiednio badania, certyfikację i/lub proces dopuszczeń. Nawiązując do zmian następujących w ocenie zgodności na rzecz ochrony przeciwpożarowej, przedstawiono także ewolucję systemów oceny zgodności. Prezentacja systemów oceny zgodności wyrobów została dokonana w kontekście wyartykułowania ich znaczenia dla ochrony przeciwpożarowej w danym okresie. W referacie autorzy wykazują wagę i znaczenie właściwości, niezawodności i przydatności wyrobów dla bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych, a przede wszystkim dla zdrowia i życia ratowników i ratowanych. W referacie wskazano także na fakt, iż ocena zgodności wyrobów to „narzędzie” do wpływania przez Ministra Spraw Wewnętrznych i Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej na stan ochrony przeciwpożarowej. Wskazuje także na powiązania i ważną funkcję oceny zgodności w systemie ochrony przeciwpożarowej RP. W podsumowaniu w referacie przedstawiono wnioski i przewidywane kierunki ewolucji w obszarze oceny zgodności wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej.

Summary

The paper presents an overview of the conformity assessment systems, including the certificates of approval system for products used for fire protection. In reference to legal and normative documents it was pointed out for which products used in fire protection testing, certification and/or admittance process are respectively carried out. Referring to changes occurring in the conformity assessment for fire protection, this paper also shows the evolution process of conformity assessment systems. The presentation of conformity assessment systems was made in context of articulating their significance for fire protection within a specific time period. The authors show the importance and significance of the properties, reliability and suitability of construction products for fire safety, especially for the health and life of rescuers and the rescued. The paper also pointed out the fact that the assessment of conformity is a „tool” for the Ministry of Internal Affairs and Administration and Head of The State Fire Service of Poland to affect the condition of fire protection. The authors also show the relationship and the important function of conformity assessment to the Polish fire protection system. In the summary the paper presents conclusions and directions of evolution predicted for the conformity assessment of products used in fire protection.

Słowa kluczowe: Ochrona przeciwpożarowa, ochrona ludności, bezpieczeństwo, dopuszczenia wyrobów, certyfikacja wyrobów, ocena zgodności;

Keywords: Fire protection, civil protection, security, approval of products, certification of products, conformity assessment;

Wstęp

O ocenie zgodności

Wymagania i procedury oceny zgodności dotyczą wyrobów, które mogą stwarzać zagrożenie albo służyć ochro-

nie lub ratowaniu życia, zdrowia, mienia lub środowiska. Przy ich ustalaniu bierze się pod uwagę rodzaje wyrobów oraz stopień (poziom) stwarzanych przez nie zagrożeń, a także wymagania zawarte w dyrektywach nowego podejścia (wymagania zasadnicze) i w innych aktach prawnych Wspólnoty Europejskiej. Ważnym zagadnieniem w aspekcie stosowania wyrobów jest również zapewnienie bezpieczeństwa publicznego. Ocena zgodności dla wyro-

¹ z-ca Dyrektora CNBOP-PIB ds. certyfikacji i dopuszczeń

² specjalista w zakładzie Aprobát Technicznych CNBOP-PIB

³ Wkład każdego ze współautorów równy 50%

bów powinna być dokonana przez jego producenta przed wprowadzeniem wyrobu do obrotu. Niezależnie od oceny obowiązkowej, może być dokonywana ocena dobrowolna, na warunkach uzgodnionych w umowie zawartej przez zainteresowane strony. Podczas dokonywania oceny zgodności z zasadniczymi wymaganiami wyrób może być poddawany: badaniom, certyfikacji przez notyfikowaną jednostkę certyfikującą⁴, oraz sprawdzaniu zgodności z zasadniczymi wymaganiami – przy udziale jednostki notyfikowanej⁵. Tylko pozytywny wynik oceny zgodności z zasadniczymi wymaganiami, dokonywanej przy udziale notyfikowanej jednostki (jeśli dotyczy), stanowi podstawę udzielenia certyfikacji (wydania certyfikatu zgodności⁶) i na podstawie przeprowadzonej oceny zgodności wydania przez producenta deklaracji zgodności wyrobu. Zasady systemu oceny zgodności wprowadza w Polsce ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności⁷. Zgodnie z postanowieniami tej ustawy system oceny zgodności tworzą:

1. przepisy określające zasadnicze i szczegółowe wymagania dotyczące wyrobów;
2. przepisy oraz normy określające działanie podmiotów uczestniczących w procesie oceny zgodności⁸.

Wśród wielu definicji ocena zgodności określana jest m. in., jako wskazanie, że wyspecyfikowane wymagania dotyczące wyrobu, procesu, systemu, osoby lub jednostki zostały spełnione⁹. Często ocena zgodności definiowana jest również, jako badania i certyfikacja. Definicja ta jest najbliższa potocznemu i praktycznemu rozumieniu tego pojęcia. Na ocenę zgodności wyrobów składają się najczęściej jego badania, sprawdzenie zgodności z wymaganiami i certyfikacja. Pozytywny wynik przeprowadzonej oceny zgodności wyrobu z wymaganiami stanowi podstawę do wydania producentowi lub jego upoważnionemu przedstawicielowi dokumentu potwierdzającego zgodność tj. najczęściej certyfikatu zgodności, świadectwa, atestu. itp.

Bardzo często, nie do końca poprawnie, pojęcie oceny zgodności jest używane, jako tożsame tylko z pojęciem

certyfikacji. Najczęściej przywoływana jest definicja certyfikacji z ustawy o systemie oceny zgodności. Wskazuje, ona, że przez **certyfikację** należy rozumieć działanie jednostki certyfikującej, wykazujące, że należycie zidentyfikowany wyrób lub proces jego wytwarzania są zgodne z zasadniczymi lub szczegółowymi wymaganiami¹⁰. Trafną definicją tego pojęcia jest również **certyfikacja** rozumiana, jako atestacja strony trzeciej (jednostki certyfikującej) wyrobów, procesów, systemów lub osób¹¹. W swojej praktyce CNBOP-PIB stosuje dość często własną definicję pojęcia **certyfikacji** rozumianej, jako potwierdzenie zgodności wyrobu na podstawie przeprowadzonych badań i oceny oraz wydanie właściwego dokumentu (certyfikatu, świadectwa, itp.) przez instytucję posiadającą w tym zakresie uprawnienia i kompetencje. Potwierdzenie prowadzone jest na podstawie wymagań określonych we właściwym dla danego wyrobu dokumencie odniesienia (np. normie, aprobach techniczne itp.)¹².

O ochronie przeciwpożarowej

Ochrona przeciwpożarowa polega na planowaniu i realizacji przedsięwzięć mających na celu ochronę życia, zdrowia, mienia lub środowiska przed pożarem, klęską żywiołową lub innym miejscowym zagrożeniem poprzez:

1. zapobieganie powstawaniu i rozprzestrzenianiu się pożaru, klęski żywiołowej lub innego miejscowego zagrożenia;
2. zapewnienie sił i środków do zwalczania pożaru, klęski żywiołowej lub innego miejscowego zagrożenia;
3. prowadzenie działań ratowniczych.¹³

Pojęcie **ochrony przeciwpożarowej** obejmuje swoim zakresem, poza walką z pożarami, także definiowane w ustawie o ochronie przeciwpożarowej **działania ratownicze**¹⁴ w przypadku zaistnienia **innych miejscowych zagrożeń**¹⁵ i w przypadku klęsk żywiołowych¹⁶. Zatem ochrona

⁴ **jednostka certyfikująca** – w rozumieniu ustawy o systemie oceny zgodności (...) jednostka niezależna od producenta, jego upoważnionego przedstawiciela oraz od użytkownika, konsumenta bądź sprzedawcy, dokonująca certyfikacji

⁵ **notyfikacja** – zgłoszenie Komisji Europejskiej i państwom członkowskim UE jednostek certyfikujących i kontrolujących oraz autoryzowanych laboratoriów właściwych do wykonywania czynności określonych w procedurach oceny zgodności

⁶ certyfikat zgodności – dokument wydany przez notyfikowaną jednostkę certyfikującą potwierdzający, że wyrób i (lub) proces jego wytwarzania jest zgodny z zasadniczymi wymaganiami

⁷ Ustawa o systemie oceny zgodności z dn. 30 sierpnia 2002 r. (Dz. U. Nr 138, poz. 935). Ustawa z dnia 15 kwietnia 2011 r. o zmianie ustawy o systemie oceny zgodności oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. 2011 nr 102 poz. 586).

⁸ Art. 3 ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz. U. z 2010 nr 138 poz. 935)

⁹ Źródło - norma EN ISO/IEC 17000:2004 Ocena zgodności Terminologia i zasady ogólne

¹⁰ źródło Art. 5 ustawy z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz. U. z 2010 nr 138 poz. 935)

¹¹ źródło – materiały ze szkolenia Polskiego Centrum Akredytacji „Droga do akredytacji. Podstawowe elementy oceny. Procedura akredytacji.”, 2008

¹² źródło – definicja własna CNBOP PIB

¹³ źródło - Art. 1. ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. Nr 147, poz. 1229 z późn. zm.)

¹⁴ **działania ratownicze** - rozumie się przez to każdą czynność podjętą w celu ochrony życia, zdrowia, mienia lub środowiska, a także likwidację przyczyn powstania pożaru, wystąpienia klęski żywiołowej lub innego miejscowego zagrożenia

¹⁵ **inne miejscowe zagrożenie** – rozumie się przez to zdarzenie wynikające z rozwoju cywilizacyjnego i naturalnych praw przyrody niebędące pożarem ani klęską żywiołową, stanowiące zagrożenie dla życia, zdrowia, mienia lub środowiska, któremu zapobieganie lub którego usunięcie skutków nie wymaga zastosowania nadzwyczajnych środków

¹⁶ **klęska żywiołowa** - rozumie się przez to katastrofę naturalną lub awarię techniczną, których skutki zagrażają życiu lub zdrowiu dużej liczby osób, mieniu w wielkich rozmiarach albo środowisku na znacznych obszarach, a pomoc i ochrona mogą być skutecznie podjęte tylko przy zastosowaniu nadzwyczajnych środków, we współdziałaniu różnych organów i instytucji oraz specjalistycznych służb i formacji działających pod jednolitym kierownictwem

przeciwpowarowa to zbiór działań ratowniczo-gaśniczych i prewencyjnych w przypadku pożarów a także innych miejscowych zagrożeń i klęsk żywiołowych. W ramach ochrony przeciwpowarowej wyróżnić można działania ratownicze w zakresie: walki z pożarami i w szczególności ratownictwo specjalistyczne takie jak chemiczne, wodne, techniczne, wysokościowe a także pomocnicze specjalistyczne czynności ratownicze¹⁷ Zakres działań jakie aktualnie obejmuje ustawowo definiowane pojęcie ochrony przeciwpowarowej znacznie wykracza poza rdzenne obowiązki straży pożarnej, jakim jest walka z pożarami. Ochrona przeciwpowarowa obejmuje dzisiaj swoim zakresem, poza walką z pożarami, również działania na rzecz ochrony ludności i szeroko rozumiane ratownictwo. Intensywny rozwój zakresu i coraz większa różnorodność ratownictwa realizowanego przez straż pożarną w ostatnich latach, wobec nowych potrzeb i zagrożeń, są bez wątpienia związane z istotnym wzrostem znaczenia ochrony przeciwpowarowej dla bezpieczeństwa państwa.

O ochronie ludności

Ochrona ludności definiowana jest, jako zintegrowana działalność organów administracji publicznej i podmiotów realizujących zadania ochrony ludności, mająca na celu zapewnienie bezpieczeństwa obywateli, porządku publicznego, ochronę życia i zdrowia osób przebywających na terytorium Rzeczypospolitej Polskiej oraz ochronę mienia, środowiska i dziedzictwa kulturowego na wypadek wystąpienia sytuacji zagrożenia. Kluczowym instrumentem europejskiej ochrony ludności jest Mechanizm Ochrony Ludności, utworzony w 2001 roku, ułatwiający wzmocnioną współpracę w interwencjach wspierających ochronę ludności. Ochrona ludności w Unii Europejskiej obejmuje trzy fazy cyklu zarządzania katastrofami: zapobieganie, gotowość i reagowanie. Cel działania Mechanizmu to „pomoc w zapewnieniu lepszej ochrony, przede wszystkim ludzi, ale także środowiska i mienia, włączając dziedzictwo kulturowe, w przypadku poważnej sytuacji krytycznej”¹⁸.

Dobry wyrób – pewny wyrób

Wraz z rozwojem techniki pożarniczej oraz rozwiązań na potrzeby zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych rola i znaczenie oceny zgodności stosowanych wyrobów uległa istotnej zmianie. Ergonomia, funkcjonalność i niezawodność działania wyrobów i urządzeń stały się kluczowe dla ochrony przeciwpowarowej. Dlatego ocena zgodności (badania i certyfikacja) stała się niezwykle ważnym elementem dla użytkowników, producentów i dostawców wyrobów. Aby czynności te mogły

zostać uznane za wiarygodne i obiektywne, wykonywane są przez niezależny od oferenta wyrobu i jego przyszłego użytkownika podmiot, zwany w obszarze oceny zgodności „stroną trzecią”, która poprzez narzędzia akredytacji, autoryzacji i notyfikacji zaświadcza o swoich kompetencjach, ale także o bezstronności i niezależności¹⁹.

Porównując znaczenie oceny zgodności w ochronie przeciwpowarowej do wznoszenia obiektu budowlanego śmiało można powiedzieć, iż wyroby są jak fundamenty. Bez nich nie da się zbudować stabilnej, trwałej i funkcjonalnej konstrukcji. A konstrukcja jest niebagatelna – obejmuje, bowiem swym zakresem: bezpieczeństwo powszechne, ochronę zdrowia, życia i mienia.

Stosowane wyroby – ich znaczenie dla ochrony przeciwpowarowej

System dopuszczeń przewidziany dla wyrobów stosowanych na rzecz ochrony przeciwpowarowej w powiązaniu w szczególności z ich oceną zgodności w odniesieniu do wymagań zasadniczych **reguluje zagadnienie zapewnienia bezpieczeństwa publicznego oraz ochrony zdrowia i życia oraz mienia**, na potrzeby ochrony przeciwpowarowej w Polsce. System ten bez wątpienia odgrywa również pośrednio istotną rolę dla ochrony ludności. Regulacją tą objęte są w szczególności wyroby służące zapewnieniu **bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia**, wprowadzane do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpowarowej oraz wykorzystywane przez te jednostki do alarmowania o pożarze lub innym zagrożeniu oraz do prowadzenia działań ratowniczych, a także wyroby stanowiące podręczny sprzęt gaśniczy. Celem tych regulacji jest zapewnienie **bezpieczeństwa ratowników, ratowanych** oraz możliwości prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych w obiektach budowlanych. Cel ten jest osiągany poprzez dodatkowe wymagania dla określonego katalogu wyrobów służących zapewnieniu **bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia**. Należy tu podkreślić **prewencyjny cel tej regulacji**²⁰. Co istotne bezpieczeństwo definiowane poprzez wymagania zasadnicze dyrektyw odnosi się

¹⁷ **pomocnicze specjalistyczne czynności ratownicze** – rozumie się przez to działania Państwowej Straży Pożarnej w ramach udzielanej pomocy innym służbom ratowniczym, z wyłączeniem działań porządkowo-ochronnych, zastrzeżonych dla innych jednostek podległych ministrowi właściwemu do spraw wewnętrznych

¹⁸ decyzją Rady UE z dnia 23 października 2001 r.

¹⁹ **akredytacja** – należy przez to rozumieć akredytację, o której mowa w art. 2 pkt 10 rozporządzenia (WE) nr 765/2008; uznanie przez jednostkę akredytującą kompetencji jednostki certyfikującej, jednostki kontrolującej oraz laboratorium do wykonywania określonych działań **autoryzacja** – należy przez to rozumieć zakwalifikowanie przez ministra lub kierownika urzędu centralnego, właściwego ze względu na przedmiot oceny zgodności, zgłaszającej się jednostki lub laboratorium do procesu notyfikacji **notyfikacja** – należy przez to rozumieć zgłoszenie Komisji Europejskiej i państwom członkowskim Unii Europejskiej autoryzowanych jednostek certyfikujących i kontrolujących oraz autoryzowanych laboratoriów właściwych do wykonywania czynności określonych w procedurach oceny zgodności

²⁰ Załącznik do rozporządzenia MSWiA (...) (Dz. U. z 2007 nr 143, poz. 1002; z 2010 nr 85, poz. 553)

do normalnych warunków stosowania tych wyrobów. Natomiast bezpieczeństwo powszechne na rzecz, którego sformułowano wymagania dodatkowe odnosi się do szczególnych warunków odpowiednio użytkowania i stosowania sprzętu i wyposażenia straży pożarnej, urządzeń przeciwpożarowych i wyrobów wykorzystywanych na potrzeby prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych, a stosowanych w obiektach budowlanych.

Ocena zgodności na rzecz ochrony przeciwpożarowej dotyczy wybranych **wyrobów, w szczególności sprzętu i wyposażenia jednostek ochrony przeciwpożarowej** wprowadzanych do użytkowania w tych jednostkach a także **wybranych wyrobów wykorzystywanych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej** do prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych, a stosowanych w obiektach budowlanych. **Dodatkowe wymagania** dla wyrobów są uzasadnione względami zapewnienia **niezawodności i przydatności do stosowania w ochronie przeciwpożarowej** (zapewnienia bezpieczeństwa publicznego lub ochrony zdrowia i życia ratowanych i ratowników oraz mienia). **Istnieje wiele innych wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej, dla których nie stawia się dodatkowych wymagań** poza wymaganiami podstawowymi. Wyroby te, pomimo znaczącego wpływu na warunki i stan ochrony przeciwpożarowej, nie są objęte dodatkowymi regulacjami. Dla tej grupy wyrobów za adekwatne i wystarczające uznać należy wymagania podstawowe stawiane przed ich wprowadzeniem do obrotu na rynku europejskim. Zakres wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej objętych oceną zgodności **wynika z potrzeb** jednostek ochrony przeciwpożarowej w RP. Regulacją objęte są także wybrane wyroby stosowane w budownictwie, służące zapewnieniu **bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia**, które wpływają w sposób istotny na bezpieczeństwo pożarowe w obiektach budowlanych. Przesłanką do wprowadzenia i utrzymywania oceny zgodności wyrobów na rzecz ochrony przeciwpożarowej jest przede wszystkim **zapewnienie bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych**, oraz zwiększenie bezpieczeństwa ekip ratowniczych i ratowanych podczas prowadzonych działań ratowniczo-gaśniczych. **Wymagania szczególne dla wyrobów** stosowanych na rzecz ochrony przeciwpożarowej stosowane są powszechnie również w innych krajach, w tym Unii Europejskiej. Zastosowanie wymagań szczególnych dla wybranych wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej jest zatem powszechnie uznane **za uzasadnione i proporcjonalne** w celu poprawy bezpieczeństwa publicznego kraju członkowskiego lub ochronie zdrowia i życia jego obywateli. **Celem** procedury wydawania **świadectw** dopuszczenia do użytkowania wyrobów wymienionych w załączniku do rozporządzenia **jest zagwarantowanie ich przydatności i niezawodności** w ramach **prowadzenia działań ratowniczych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej**. Stwierdzenie przydatności i niezawodności takowych wyrobów w sposób oczywisty zmierza do **zagwarantowania braku zagrożenia**

życia i zdrowia zarówno członków ekip ratowniczych, jak i ratowanych osób.

Jednocześnie środkiem w postaci wymogu uzyskania świadectwa dopuszczenia do użytkowania **objęci zostali** zarówno **krajowi jak i zagraniczni producenci** owych wyrobów, starający się o dopuszczenie wyrobów do użytkowania z przeznaczeniem określonym w rozporządzeniu. Wymóg ów **nie odnosi się również do wymiany handlowej między państwami członkowskimi UE.**

Wreszcie obowiązek uzyskania świadectwa dopuszczenia do użytkowania dla wyrobów wymienionych w załączniku do rozporządzenia **zakłada ochronę dobra znacznie wyższego niż interes komercyjny producentów, a więc zdrowia i życia ludzi oraz bezpieczeństwa publicznego.** Jak już wspomniano, celem rozporządzenia jest bowiem, zapewnienie użyteczności i skuteczności wyrobów zawartych w wykazie stanowiącym załącznik do rozporządzenia, m. in. do prowadzenia działań ratowniczych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej. Cel ów jest zaś osiągany na podstawie uwzględnienia potrzeb jednostek ochrony przeciwpożarowej odnośnie wykorzystywanych przez nie wyrobów oraz zbadanie posiadania takowych właściwości przez konkretne wyroby przed dopuszczeniem ich do użytkowania w owym celu.

Ekipa ratownicza wykorzystuje wyroby dopuszczone do użytkowania w warunkach realnego, poważnego zagrożenia dla zdrowia i życia ratowników oraz ratowanych osób. **Ekipa ratownicza musi, bowiem pokładać zaufanie w wyrobach wykorzystywanych do prowadzenia działań ratowniczych, a zaufanie takie zagwarantować może jedynie skrupulatna, prewencyjna weryfikacja niezawodności i przydatności wyrobów przez wykwalifikowany ośrodek badawczy.** Ograniczenie przewidziane **rozporządzeniem zakłada**, bowiem jedynie **wykorzystanie** takowych **wyrobów** w ściśle określonym celach, tj. przede wszystkim **do prowadzenia akcji ratowniczych** przez jednostki ochrony przeciwpożarowej.

Przepisy o świadectwach dopuszczenia nie regulują zaś kwestii obrotu owymi wyrobami, które mogą być przedmiotem umów cywilnych bez ograniczeń ze strony polskiego ustawodawstwa, a także mogą być wykorzystywane w każdym innym prawnie dopuszczalnym celu.

Ocena zgodności wyrobów stosowanych na rzecz ochrony przeciwpożarowej – dziś

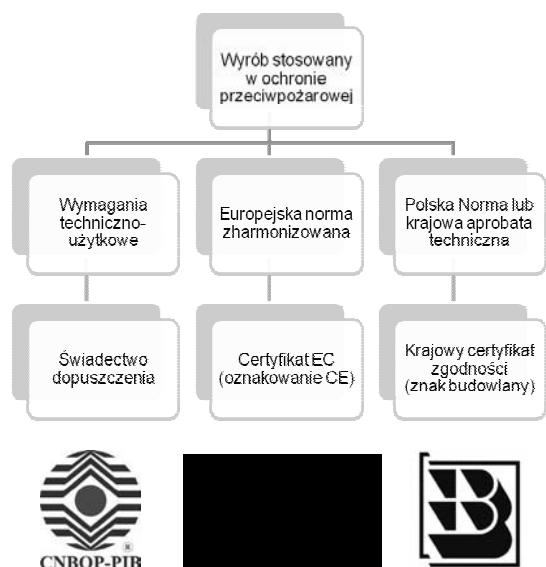
Aktualny system dopuszczeń wyrobów wprowadzanych do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej oraz wykorzystywanych przez te jednostki do alarmowania o pożarze lub innym zagrożeniu oraz do prowadzenia działań ratowniczych, a także wyrobów stanowiących podręczny sprzęt gaśniczy, które mogą być stosowane wyłącznie po uprzednim uzyskaniu dopuszczenia do użytkowania od lat jest ważnym narzędziem na rzecz bezpieczeństwa i ochrony przeciwpożarowej w RP. Przez kolejne lata system dopuszczeń stosowanych w ochronie

przeciwpożarowej ewoluował i istotnie ewoluuje nadal. Aktualnie system dopuszczeń jest ściśle powiązany z obowiązującą certyfikacją w ramach prawa UE (wymagania zasadnicze dla wyrobów), normalizacją, a także coraz skuteczniejszą kontrolą i nadzorem rynku wyrobów i usług na rzecz ochrony przeciwpożarowej.



Ryc. 1. Powiązania systemu dopuszczeń z obowiązującą certyfikacją (wymagania zasadnicze dla wyrobów), normalizacją a także kontrolą i nadzorem rynku wyrobów i usług na rzecz ochrony przeciwpożarowej. (źródło opracowanie własne)

Zagadnienia dotyczące oceny zgodności wyrobów są zagadnieniami trudnymi i złożonymi przez to także niezbyt popularnymi, jednak bez wątpienia niezwykle ważnymi i przydatnymi. Prawidłowa analiza w tym zakresie wymaga sporej wiedzy formalno-prawnej, jak również znajomości technicznych dokumentów odniesienia i pewnego doświadczenia. Zasady oceny zgodności wyrobów mają szczególne znaczenie dla producentów, dostawców, ale również rzeczoznawców, specjalistów, projektantów, instalatorów a także inwestorów i w końcu użytkowników wyrobów. Podkreślić należy także, iż systemy oceny zgodności wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej regulujące zasady ich stosowania są systemami obowiązkowymi, co wynika z właściwych przepisów prawa.



Ryc. 2. Systemy oceny zgodności (certyfikacji i dopuszczeń) wyrobów na rzecz ochrony przeciwpożarowej (źródło opracowanie własne)

Wyrobom stosowanym w ochronie przeciwpożarowej

stawia się szczególne wymagania ze względu na ich ogromne znaczenie dla spełnienia wymagań w zakresie bezpieczeństwa pożarowego obiektów, jak również ze względu na fakt, iż ich właściwe działanie i zastosowanie ma bezpośredni wpływ na bezpieczeństwo ludzi i mienia, w tym życie i zdrowie ratowników i ratowanych. Dlatego warto w tym miejscu przywołać najistotniejsze przepisy w tym zakresie dotyczące oceny zgodności wyrobów:

– **ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej** (Dz. U. 2002 Nr 147, poz. 1229 z późniejszymi zmianami) wraz z aktami wykonawczymi²¹

– **ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych** (Dz. U. Nr 92, poz. 881) wraz z aktami wykonawczymi²²

– **ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności**. (Dz. U. z 2010 Nr 138 poz. 935)

Powyższe przepisy wraz z przywołanymi aktami wykonawczymi w randze rozporządzeń określają zasady (systemy oceny zgodności) certyfikacji i dopuszczania wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej. Można, zatem wyróżnić dwa ważne dla tych wyrobów systemy oceny zgodności:

– wynikający z ustawy o wyrobach budowlanych i prawa budowlanego²³ – **system certyfikacji wyrobów budowlanych** (certyfikacja „krajowa” – znak B budowlany, certyfikacja „europejska” oznakowanie CE)

– wynikający z ustawy o ochronie przeciwpożarowej – **system dopuszczeń wyrobów do stosowania w ochronie przeciwpożarowej** (krajowy proces dopuszczania wyrobów – znak CNBOP).

Systemy te oparte są na stosowanych w ocenie zgodności dokumentach odniesienia, które definiują techniczne wymagania dla tych wyrobów.

²¹ 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 dopuszczania tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr. 143 poz. 1002) rozporządzenie z dnia 27 kwietnia 2010 zmieniające 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 dopuszczania tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr. 85 poz. 553)

²² rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 8 listopada 2004r. w sprawie aprobat technicznych oraz jednostek organizacyjnych upoważnionych do ich wydawania (Dz. U. Nr 249, poz. 2497) rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 sierpnia 2004r. w sprawie sposobów deklarowania zgodności wyrobów budowlanych oraz sposobu znakowania ich znakiem budowlanym (Dz. U. Nr 198, poz. 2041) rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 11 sierpnia 2004r. w sprawie systemów oceny zgodności, wymagań, jakie powinny spełniać notyfikowane jednostki uczestniczące w ocenie zgodności, oraz sposobu oznaczania wyrobów budowlanych oznakowaniem CE (Dz. U. Nr 195, poz. 2011)

²³ Ustawa Prawo budowlane z dnia 7 lipca 1994 r. (Dz. U. 1994 nr 89, poz. 414)

Dokumenty normatywne określające wymagania dla wyrobów

Kolejnym ważnym zagadnieniem przy omawianiu systemów oceny zgodności wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej są dokumenty określające wymagania dla poszczególnych wyrobów. Takimi technicznymi dokumentami określającymi wymagania dla wyrobów są odpowiednio:

w procesach certyfikacji wyrobów,

- normy wyrobów; (oznakowanie CE, znak B budowlany)
- aprobaty techniczne; (znak B budowlany)

w procesach dopuszczania wyrobów (znak jednostki badawczo rozwojowej PSP – CNBOP-PIB):

- wymagania techniczno-użytkowe zawarte w załączniku do rozporządzenia²⁴

Wymagane dokumenty (certyfikaty, świadectwa dopuszczenia)

Z powyżej wymienionych systemów oceny zgodności wyrobów wynikają określone obowiązkowe procedury certyfikacji i dopuszczania wyrobów, którym powinny być poddane przed zastosowaniem i/lub wprowadzeniem ich do użytkowania. Efektem końcowym przeprowadzenia badań i certyfikacji wyrobu jest certyfikat zgodności, a efektem przeprowadzenia procesu dopuszczania jest świadectwo dopuszczenia.

System certyfikacji i system dopuszczania wyrobów, jako dwa niezależne systemy, można przedstawić w dużym uproszczeniu następująco:

Opis	WYROBY STOSOWANE W OCHRONIE PRZECIWOŻAROWEJ	
podstawy prawne	ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. prawo budowlane + akty wykonawcze	ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej + akty wykonawcze
techniczny dokument odniesienia	norma wyrobu aprobata techniczna	wymagania techniczno-użytkowe
system oceny zgodności	system „europejski” oceny zgodności wyrobów budowlanych system „krajowy” oceny zgodności wyrobów budowlanych	system „krajowy” oceny zgodności wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej (świadectwa dopuszczenia)
wydawane dokumenty	Certyfikat zgodności	świadectwo dopuszczenia
znakowanie wyrobów	 	

Ryc. 3. Certyfikacja i dopuszczania wyrobów na rzecz ochrony przeciwpożarowej (źródło: opracowanie własne)

Jakie wyroby?

- w europejskim systemie oceny zgodności – **oznakowania CE**,
- w krajowym systemie oceny zgodności – **znaku budowlanego**.

²⁴ rozporządzenie z dnia 27 kwietnia 2010 zmieniające 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 dopuszczania tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr. 85 poz. 553)

Niezależnie od prowadzonej certyfikacji wyrobów budowlanych (jw. system europejski, krajowy) od 2007 roku **wdrożono krajowe wymagania dla wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego** lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, wprowadzanych do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej oraz wykorzystywanych przez te jednostki do alarmowania o pożarze lub innym zagrożeniu oraz do prowadzenia działań ratowniczych, a także dla wyrobów stanowiących podręczny sprzęt gaśniczy. Wymagania te stanowią kontynuację oceny zgodności najistotniejszych wyrobów, wyposażenia i sprzętu z punktu widzenia ochrony przeciwpożarowej, których odpowiednio atestację, dopuszczania i certyfikację prowadzono na moce wcześniejszych regulacji i przepisów jw.

Zagadnienia dopuszczania wyrobów do użytkowania reguluje aktualnie art. 7 ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej wraz z aktami wykonawczymi²⁵.

Zgodnie z ustawą o ochronie przeciwpożarowej, wyroby służące zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, wprowadzane do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej oraz wykorzystywane przez te jednostki do alarmowania o pożarze lub innym zagrożeniu oraz do prowadzenia działań ratowniczych, a także wyroby stanowiące podręczny sprzęt gaśniczy, mogą być stosowane wyłącznie po uprzednim uzyskaniu dopuszczenia do użytkowania. Dopuszczenia do użytkowania wyrobów, o których mowa powyżej, są wydawane przez CNBOP-PIB w formie świadectwa dopuszczenia.

Podsumowanie

„...bezpieczeństwo nie jest wszystkim, ale wszystko bez bezpieczeństwa jest niczym...”²⁶. Bezpieczeństwo jest problemem zawsze aktualnym i ponadczasowym. Kwestie bezpieczeństwa powinny być zawsze stawiane na jednym z pierwszych miejsc, ponieważ dotyczą nas

²⁵ Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U.2002 Nr147, poz. 1229 z późniejszymi zmianami)

• 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 dopuszczania tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr. 143 poz. 1002)

• Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie szczegółowych czynności wykonywanych podczas procesu dopuszczania, zmiany i kontroli dopuszczania wyrobów, opłat pobieranych przez jednostkę uprawnioną oraz sposobu ustalania wysokości opłat za te czynności (Dz. U. nr 143, poz. 1001)

• Rozporządzenie z dnia 27 kwietnia 2010 mieniające 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 dopuszczania tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr. 85 poz. 553)

²⁶ Klaus Neyman

wszystkich. Byłoby również dobrze, aby kwestie bezpieczeństwa interesowały każdego – wszystkich. Budowanie bezpieczeństwa – jego doskonalenie, jest procesem ciągłym i niezbędnym. Wymaga ono zapewnienia mechanizmów stałej współpracy, powierzenia obowiązków i odpowiedzialności. Wymaga także zrównoważonego doskonalenia wszystkich elementów składowych mających wpływ na bezpieczeństwo.

Temat doskonalenia, budowania bezpieczeństwa w tym ochronie przeciwpożarowej był w przeszłości i jest aktualne obszarem wielu rozważań, badań, strategii i w konsekwencji podejmowanych działań. Bezpieczeństwo to jedna z najważniejszych, posiadających złożony charakter potrzeb, której zaspokojenie określa warunki funkcjonowania i rozwoju państwa.²⁷ Dlatego optymalizacja poziomu bezpieczeństwa od dawna stanowi przedmiot dociekań badawczych a także obszar w obrębie, którego nieustannie poszukuje się skutecznych i adekwatnych rozwiązań.

Wzrost wagi ochrony przeciwpożarowej dla bezpieczeństwa państwa stawia przed nią coraz to nowe wymagania i wyzwania. Wobec powyższych ciągłych zmian, występowania nowych zagrożeń i potrzeb zmienia się bez wątpienia również znaczenie oceny zgodności dla ochrony przeciwpożarowej i ochrony ludności. Jak wskazano ewolucja systemów oceny zgodności i wymagań dla obszaru ochrony przeciwpożarowej była istotna w ciągu ostatnich lat. Ocena zgodności miała również w tym okresie istotne znaczenie dla możliwości rozwoju ochrony przeciwpożarowej. Powyższe widoczne jest zarówno w obszarze sprzętu i wyposażenia straży pożarnej jak i bezpieczeństwa pożarowego obiektów budowlanych. Istotny wkład, jaki wniosła ocena zgodności w rozwój (doskonalenie) wyrobów stosowanych na rzecz ochrony przeciwpożarowej widoczny jest kiedy sięgamy wstecz do rozwiązań z przed lat porównując je z wyrobami dziś oferowanymi. Jest to wspólna satysfakcja stron w ocenie zgodności wynikająca z niejednokrotnie epokowego poprawienia funkcjonalności, ergonomii, użyteczności, niezawodności i przydatności wyrobów. Zwrócić także należy uwagę na wzrost rangi oceny zgodności na przestrzeni lat. Aktualnie certyfikacja i dopuszczenia wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej to obszary objęte akredytacją, autoryzacją i notyfikacją a także zadanie uznane za szczególne ważne dla planowania i realizacji polityki państwa²⁸.

Co w przyszłości?

System dopuszczeń wyrobów wprowadzanych do użytkowania i wykorzystywanych przez jednostki

ochrony przeciwpożarowej jest ważnym „narzędziem” w zakresie zapewnienia niezbędnego bezpieczeństwa ratowników i ratowanych, a także bezpieczeństwa pożarowego w obiektach budowlanych.²⁹ System ten jest powiązany z innymi przepisami w zakresie oceny zgodności i ma kluczowe znaczenia dla bezpieczeństwa publicznego i właściwej ochrony przeciwpożarowej. System dopuszczeń wyrobów do stosowania w ochronie przeciwpożarowej jest sprawdzonym rozwiązaniem trwale funkcjonującym w polityce państwa od blisko 40 lat. Jednak zmieniające się zagrożenia a także zakres działalności jednostek ochrony przeciwpożarowej nakłada na nie nowe zadania i wymagania. Ciągłe zmiany w obszarze sprzętu dla straży a także wyrobów budowlanych z zakresu ochrony przeciwpożarowej budynków wymuszają stałą aktualizację przepisów prawa w tym zakresie.

Nie ulega wątpliwości, że w przyszłości system oceny zgodności wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej będzie się zmieniał wraz ze zmianami potrzeb jednostek ochrony przeciwpożarowej. Istotny wpływ wywierają prawdopodobnie będą również zmiany w prawodawstwie UE (np. w zakresie regulacji wyrobów budowlanych) i z tym związanych dokumentów normatywnych. Nie bez znaczenia na pewno będzie również dostępność nowych technologii i rozwiązań na rzecz ochrony przeciwpożarowej i ochrony ludności. To właśnie w obszarze ochrony ludności można spodziewać się wzrostu dodatkowych wymagań na rzecz użytkowanych wyrobów. Jak pokazuje, bowiem wieloletnie doświadczenia krajowego systemu oceny zgodności dla wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej jest to ważne „narzędzie” w kształtowaniu niezbędnego poziomu bezpieczeństwa zarówno w aspekcie oczekiwanych własności obiektów budowlanych jak i bezpośredniego zapewnienia bezpieczeństwa ekip ratowniczych a w konsekwencji samych ratowanych. Korzyści wynikające z rygorów stosowania tych wyrobów na rzecz bezpieczeństwa powszechnego są oczywiście nie zmienia to jednak faktu, iż prawdopodobnie ocena zgodności wyrobów stosowanych na rzecz bezpieczeństwa pożarowego i ochrony przeciwpożarowej posiada i posiadać będzie nie tylko zwolenników. Dlatego pamiętać należy bezwzględnie o proporcjonalności celu, tym samym bezpieczeństwo powszechne, ochrona zdrowia i życia ratowników i ratowanych jest bez wątpienia wartością wyższą i ważniejszą od innych wartości, w tym w szczególności tych komercyjnych. Powyższe przekonanie powinno być dominujące przy podejmowaniu inicjatyw zmian systemu oceny zgodności tych wyrobów i podczas odpowiedzialnego, merytorycznego formułowania wymagań dla nich,

²⁷ s.11 FEHLER W. (2010), *Bezpieczeństwo Wewnętrzne Państwa – Ekspertyza przygotowana na zlecenie Ministerstwa Rozwoju Regionalnego*, Włodzimierz Fehler, Ireneusz T. Dziubek, Warszawa 2010

²⁸ rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 27 września 2010 r. w sprawie nadania Centrum Naukowo-Badawczemu Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego w Józefowie statusu państwowego instytutu badawczego (Dz. U. Nr181poz.1219)

²⁹ LEŚNIAKIEWICZ W. (2010), *System dopuszczeń wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej w kontekście nowelizacji rozporządzenia ministra spraw wewnętrznych i administracji* - publikacja opracowana przez zespół pod kierunkiem Komendanta Głównego PSP, Szefa Obrony Cywilnej nadbryg. Wiesława LEŚNIAKIEWICZA, Wydawnictwo CNBOP PIB 2010

które w szczególności wynikają ze zmieniających się zagrożeń i potrzeb ochrony przeciwpożarowej.

Literatura:

1. Ustawa z dnia 30 sierpnia 2002 r. o systemie oceny zgodności (Dz. U. z 2010 Nr 138 poz. 935)
2. Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz. U. z 2009 r. Nr 178, poz. 1380, z późniejszymi zmianami)
3. Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o wyrobach budowlanych (Dz. U. Nr 92, poz. 881, z późn. zm.)
4. Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. Nr 156, poz. 1118, z późn. zm.)
5. Ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym (Dz. U. Nr 89 poz. 590 z późn. zm.)
6. Ustawa 8 kwietnia 2002 r. o stanie klęski żywiołowej. (Dz. U. Nr 62, poz. 558)
7. Zarządzenie 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.
8. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 22 kwietnia 1992 r. w sprawie wydawania świadectw dopuszczenia (atestu) użytkowania wyrobów służących do ochrony przeciwpożarowej. (Dz. U. Nr 40, poz. 172)
9. Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z 22 kwietnia 1998 r. w sprawie wyrobów służących do ochrony przeciwpożarowej, które mogą być wprowadzane do obrotu i stosowania wyłącznie na podstawie certyfikatu zgodności. (Dz. U. z 1998 r. Nr 55, poz. 362)
10. 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)
11. rozporządzenie z dnia 27 kwietnia 2010 zmieniające rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowiai życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr. 85 poz. 553)
12. FEHLER W. (2010), *Bezpieczeństwo Wewnętrzne Państwa – Ekspertyza przygotowana na zlecenie Ministerstwa Rozwoju Regionalnego*, Włodzimierz Fehler, Ireneusz T. Dziubek, Warszawa 2010
13. LEŚNIAKIEWICZ W. (2010), *Dopuszczenia wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej* - publikacja opracowana przez zespół pod kierunkiem Komendanta Głównego PSP, Szefa Obrony Cywilnej nadbryg. Wiesława LEŚNIAKIEWICZA, Wydawnictwo CNBOP PIB 2010
14. LEŚNIAKIEWICZ W. (2010), *System dopuszczania wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej w kontekście nowelizacji rozporządzenia ministra spraw wewnętrznych i administracji* - publikacja opracowana przez zespół pod kierunkiem Komendanta Głównego PSP, Szefa Obrony Cywilnej nadbryg. Wiesława LEŚNIAKIEWICZA, Wydawnictwo CNBOP PIB 2010
15. nadbryg. Marek Kowalski Z-ca Komendanta Głównego Państwowej Straży Pożarnej Rozporządzenie dla straży pożarnej Kwartalnik CNBOP PIB Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza nr 2008/3
16. Standardy CNBOP-PIB 0001:2011 Ocena zgodności wyrobów budowlanych służących do ochrony przeciwpożarowej, Opracował zespół pod kierunkiem mł. bryg. mgr inż. Jacka Zboiny, Wydanie 3, listopad 2011 r.
17. Standardy CNBOP-PIB 0002:2012, Ocena zgodności wyrobów wykorzystywanych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej, Opracował zespół pod kierunkiem mł. bryg. mgr inż. Jacka Zboiny, wydanie 3, kwiecień 2012.

mł. bryg. mgr inż. Jacek Zboina

Urodzony w 1975 roku. Absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej (SGSP) w zakresie Inżynierii Bezpieczeństwa (studia inżynierskie ukończone w 1999 rok, magisterskie w 2001 rok) – funkcjonariusz, oficer Państwowej Straży Pożarnej. Ukończone studia podyplomowe Menedżer Innowacji w Szkole Głównej Handlowej (SGH) 2011 roku. Aktualnie Z-ca Dyrektora CNBOP PIB ds. certyfikacji i dopuszczzeń.

DOŚWIADCZENIE ZAWODOWE:

- rzeczoznawca Komendanta Głównego PSP ds. zabezpieczeń przeciwpożarowych nr uprawnień 522/2009,
- autor ponad 60 publikacji, artykułów, referatów i opracowań publikowanych w literaturze branżowej i naukowej (z zakresu badań i certyfikacji wyrobów stosowanych w ochronie przeciwpożarowej, technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych, sprzętu i wyposażenia straży pożarnej),
- autor ponad 100 prelekcji – referatów i wystąpień na forum krajowym i międzynarodowym,
- doświadczany auditor wiodący jednostki certyfikujące – wykonane ponad 80 auditów zakładów produkcyjnych w zakresie wyrobów sprzętu i wyposażenia straży pożarnej na całym świecie,
- udział w projektach, pracach zespołów, pracach eksperckich i opracowaniach z zakresu ochrony przeciwpożarowej,
- współorganizator, pomysłodawca i organizator konferencji naukowo-technicznych, inicjatyw szkoleniowych i przedsięwzięć edukacyjnych,
- twórca inicjatywy szkoleń, w ramach edukacji dla bezpieczeństwa, konsorcjów naukowo-przemysłowych z przedsiębiorcami,

- współtwórca idei i autor standardów technicznych CNBOP, jako dokumentów technicznych w zakresie ochrony przeciwpożarowej,

mgr Karolina Pastuszka

Urodzona w 1984 roku. Absolwentka studiów magisterskich na wydziale Zarządzania w Wyższej Szkole Handlu i Prawa (WSHiP) w Warszawie. Ukończone studia

podyplomowe Menedżer Jakości w Szkole Głównej Handlowej (SGH). Aktualnie specjalista Zakładu Aprobata Technicznych CNBOP -PIB. Od roku 2010 auditor wiodący jednostki certyfikującej – wykonane ponad 60 auditów zakładowej kontroli produkcji na całym świecie. Współautor opracowań i publikacji z zakresu oceny zgodności i certyfikacji wyrobów.

Д.т.н. С.Г. ЦАРИЧЕНКО
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

ЭКСТРЕМАЛЬНАЯ РОБОТОТЕХНИКА В МЧС РОССИИ – ЗАДАЧИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Extreme Robotics

In the Russia's Ministry of Emergency Situations- Challenges and Perspectives

Содержание

В случае возникновения техногенных аварий и пожаров, сопряженных с поражением больших площадей в зонах повышенного риска, обусловленных наличием радиации, химической и биологической зараженности местности, взрывоопасностью, для подавления пожара, проведения пожарно-спасательных и аварийно-восстановительных работ необходимо максимально сократить непосредственное нахождение людей в опасных зонах, исключив при этом возможность их поражения. Для выполнения этих работ наиболее эффективно применять технологии проведения аварийно-спасательных работ с использованием робототехнических комплексов различного назначения. Соответствующий раздел робототехники получил наименование «экстремальная робототехника в чрезвычайных ситуациях». Область применения экстремальной робототехники в интересах МЧС России охватывает всю среду обитания человека – на земле, на воде и в воздухе.

Summary

Nowadays EMERCOM create multifunction robot group for operation in special conditions such as, reconnaissance, rescue, fire-prevention, urgent recovery, related to radiation, chemical pollution and explosive danger. Within the EMERCOM robotics technology development program has been designed a row of the modern fire-prevention and rescue robotics systems from light to heavy classes, watch facilities and systems for monitoring and communication. One of the primary goals on development of the effective intellectual deserted technology, capable to work in settlement terms of heavy fires and failures is creation of multiple-unit group of the mobile robots operating as uniform interconnected system on the basis of principles of group management. For increase of efficiency and safety of operation robotics systems are equipped with elements of the adaptive intellectual control.

Ключевые слова: пожарная техника, роботизированные пожарные комплексы;

Keywords: fire equipment , robotic rescue systems;

В случае возникновения техногенных аварий и пожаров, сопряженных с поражением больших площадей в зонах повышенного риска, обусловленных наличием радиации, химической и биологической зараженности местности, взрывоопасностью, для подавления пожара, проведения пожарно-спасательных и аварийно-восстановительных работ необходимо максимально сократить непосредственное нахождение людей в опасных зонах, исключив при этом возможность их поражения. Для выполнения этих работ наиболее эффективно применять технологии проведения аварийно-спасательных работ с использованием робототехнических комплексов различного назначения. Соответствующий раздел робототехники получил наименование «экстремальная робототехника в чрезвычайных ситуациях». Область применения экс-

тремальной робототехники в интересах МЧС России охватывает всю среду обитания человека – на земле, на воде и в воздухе.

Исходя из того, что основное назначение робототехники – выполнение различного рода работ в экстремальных внешних условиях опасных и вредных для человека или вообще исключающих полностью его присутствие, то робототехнические комплексы для чрезвычайных ситуаций должны выполнять следующие технологические операции :

- инспекция и обследование аварийных зон с целью визуального контроля, радиационно-химического контроля, определения местоположения объектов и состояния технологического оборудования в зоне аварии, выявления мест и характера повреждений аварийного оборудования;

- погрузочно-разгрузочные и транспортные работы с целью доставки технических средств и материалов в зону работы, проведения инженерных работ по расчистке завалов и разборке аварийных конструкций, сбора и транспортировки опасных объектов в район их утилизации;
- манипуляционные технологические работы по монтажу и демонтажу оборудования, нанесению и удалению покрытий, бандажированию течей на трубопроводах и технологических аппаратах, перемещению радиоактивных и взрывоопасных материалов, установке опор и домкратов, сварке и резке металлоконструкций, сверлению, бурению, резке строительных конструкций, открыванию дверей и люков;
- очистные работы по дезактивации местности, строений и оборудования, сбору и удалению рассыпанных высокотоксичных материалов, откачки проливов высокотоксичных веществ;
- пожаротушение, включающее разведку очага пожара, его локализацию и подавление;
- поиск людей в зоне ЧС и их последующая эвакуация.

Авария на ЧАЭС выявила необходимость ускоренного создания широкой гаммы мобильных пожарных и аварийно-спасательных роботов, способных выполнять различные основные и вспомогательные работы.

Первый опыт создания в нашей стране мобильных роботизированных противопожарных комплексов относится к 1987 году, когда было принято решение Совете Министров СССР, в соответствии с которым во ВНИИПО, совместно с другими организациями, были разработаны дистанционно управляемые гусеничные машины тяжелого класса на базе танков Т-55. Одной из таких машин является мобильный робот (МР) «Сойка» (рис.1), на котором установлен механизированный водопенный лафетный ствол с дистанционным электроприводом и расходом 100 л/с. Подача воды или водопенных составов осуществляется по рукавной линии от насосной станции. Управление движением и работой ствола, а также передача телеметрической информации (видеонаблюдение, радиационная и химическая разведка) осуществляются по радио- или проводному каналу. Также было предусмотрено управление комплекса оператором, находящемся в самой машине.

Уже в новое для России время в 1997 году с целью развития и внедрения робототехнических технологий в МЧС России была разработана и утверждена Программа создания и внедрения робототехнических средств для решения задач Министерства, в том числе противопожарных робототехнических комплексов.

Исследования, выполненные по реализации этой программы различными научными центрами и компаниями в области роботостроения показали, что создание многоэлементной группировки мобильных роботов, действующих как единый взаимосвязанный

комплекс, является одной из основных задач по разработке эффективной интеллектуальной безлюдной технологии, способной работать в боевых условиях, в том числе при ликвидации тяжелых ЧС. Группировка противопожарных мобильных роботов в зависимости от решаемых задач должна включать наземные мобильные робототехнические комплексы (МРК) и беспилотные летательные аппараты (БПЛА).



Рис.1. Мобильный робот (МР) «Сойка»
Fig. 1. Mobile robot (MR) „Soyka”

В рамках реализации Программы создания РТС был разработан ряд современных противопожарных РТС легкого, среднего и тяжелого классов, средств наблюдения, стационарных робототехнических установок.

В настоящее время подразделениями МЧС России используется мобильный робототехнический комплекс разведки и пожаротушения легкого класса МРК-РП в составе автомобиля быстрого реагирования АБР-РОБОТ для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения в условиях повышенной опасности (рис.2). МРК-РП представляет гусеничную дистанционно управляемую машину с электроприводом для ведения разведки и пожаротушения в основном закрытых технологических помещениях с помощью водопенных и порошковых средств, установленных как на борту в одном из выбранных модулей вместимостью до 60 л (порошковый или водопенный), так и от стационарной водопенной установки высокого давления. В случае необходимости в качестве огнетушащих средств могут быть использованы газовые составы. Управление машиной может осуществляться по радиоканалу до 300 м или кабелю до 200 м. Бортовой манипулятор позволяет проводить простейшие аварийные аварийно-спасательные операции по переносу (перетаскиванию) грузов, закрытию арматуры. Наличие видеокамеры, работающей в ИК-диапазоне, позволяет использовать робот в условиях пониженной видимости и задымления, при условии отсутствия сильных источников ИК-излучения. Для определения уровня и размера опасных зон радиационного и химического заражения на борту робота установле-

ны приборы химического и радиационного контроля, данные с которых передаются на пульт оператора. С помощью оборудования, которым оснащен комплекс можно проводить также и дезактивационные работы в зонах заражения. Для транспортировки МРК-РП и его технической поддержки и обеспечения разработан аварийно-спасательный автомобиль быстрого реагирования, на борту которого располагается расчет из 5 пожарных и пульт дистанционного управления. Имеющееся оборудование позволяет проводить аварийно-спасательные работы и пожаротушение в условиях повышенного риска, как с применением робота, так и людьми с использованием штатного гидравлического инструмента и различных средств пожаротушения, в том числе и тонкораспыленной воды.



Рис.2. Мобильный робототехнический комплекс разведки и пожаротушения легкого класса МРК-РП
Fig. 2. Mobile exploration and extinguishing robotic system the light class MRK-RP

Для повышения эффективности пожаротушения и снижения риска поражения пожарных в закрытых помещениях и стесненных условиях используется австрийская многофункциональная дистанционно-управляемая установка пожаротушения LUF-60 (рис.3). Мобильная установка пожаротушения LUF-60 самоходное дистанционно-управляемое гусеничное средство, оснащенное вентиляторной установкой с насадками для получения тонкораспыленной воды, в центре которой может также устанавливаться пожарный ствол с расходом воды или раствора пенообразователя 7÷40 л/с при дальности подачи до 80 м, генератор пены средней кратности с расходом раствора пенообразователя до 14 л/с при дальности подачи пены до 35 м. Тушащий эффект обеспечивается благодаря возможности транспортировать с помощью воздушного поток, создаваемого вентилятором, тонко распыленной воды, пены низкой и средней кратности непосредственно в очаг пожара. При этом достигается резкое снижение температуры в очаге пожара и в окружающей среде, снижается концентрация дыма за счет осаждения аэрозольных частиц и организации потока газов из зоны горения.



Рис.3. Мобильная установка пожаротушения LUF-60
Fig. 3. Mobile Fire Suppression System LUF-60



Рис.4. Мобильный противопожарный робот тяжелого класса ЕЛь-10
Fig. 4. Mobile firefighting robot middle



Рис.5. Мобильный противопожарный робот среднего класса ЕЛь-4
Fig. 5. Mobile firefighting robot heavy class –EL 10 class –EL4

Для проведения пожаротушения на открытых площадках с использованием больших расходов водопенных огнетушащих средств в условиях опасности радиационно-химического и осколочно-фугасного по-

ражения используются мобильные противопожарные роботы среднего и тяжелого класса ЕЛЬ-4 и ЕЛЬ-10, разработанные совместно ВНИИПО и хорватской компании DOK-ING (рис.4 и 5). Данные машины оснащены также инженерным оборудованием разграждения, что позволяет им проводить работы по расчистке проходов непосредственно в зону пожаротушения. Указанные машины показали свою высокую эффективность при ликвидации аварий на военных арсеналах летом 2011 и 2012 годов.

Для тушения газовых и нефтяных фонтанов, а также охлаждения технологического оборудования и тушения высокоинтенсивных пожаров на химических и радиационно-опасных объектах разработан мобильный комплекс пожаротушения тяжелого класса, оснащенный дистанционно-управляемой реактивной установкой газо-водяного тушения (рис. 6).



Рис.6. Мобильный комплекс пожаротушения тяжелого класса, оснащенный дистанционно-управляемой реактивной установкой газо-водяного тушения.

Fig. 6. Mobile firefighting system class heavy, equipped with a remote-controlled launcher gas and water extinguishing

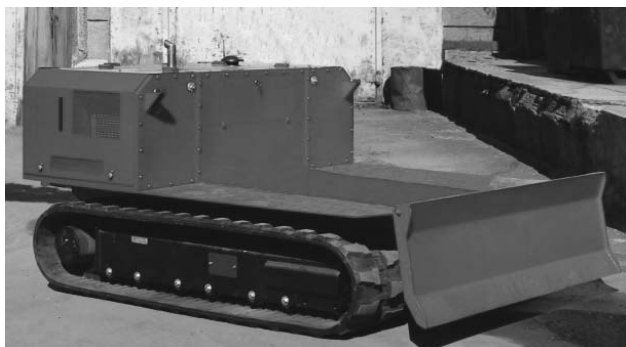


Рис.7 Универсальная роботизированная платформа среднего класса

Fig. 7. The middle class universal robotic platform

В работах [1-2] было показано, что для эффективного использования мобильных роботов в экстремальных условиях необходимо применять модульный принцип их построения, что позволяет варьировать

необходимое многофункциональное оборудование, устанавливаемое на унифицированном шасси. Для дальнейшего развития безэкипажных роботизированных комплексов в настоящее время в институте разработана универсальная роботизированная платформа среднего класса (рис.7) для формирования на её базе различных аварийно-спасательных (рис.8) и противопожарных комплексов (рис.9), специализированных для выполнения конкретных задач.



Рис. 8. Специализированные аварийно-спасательные комплексы

Fig. 8. Special EMERCOM containers



Рис. 9. Противопожарный комплекс

Fig. 9. Firefighting system

Представленные робототехнические комплексы предназначены только для режимов дистанционного или автономного режимов управления, что обуславливает динамические характеристики их передвижения со скоростью, не превышающей 10-15 км/час. Данное требование основывается на ограниченных возможностях систем визуального контроля и управления робототехническими комплексами в дистанционном и автономном режимах. Анализ опыта практического использования противопожарных роботов при ликвидации пожаров на реальных объектах выявил необходимость использовать высокоманевренные мобильные роботы, оснащенные различным оборудованием. Одним из оптимальных путей решения этой задачи является разработка систем управления, устанавливаемых на штатные транспортные шасси, как колесные,



Рис.10 Дистанционно-управляемый пожарно-спасательный автомобиль
Fig. 10. Remotely controlled firefighting and rescue vehicle

так и гусеничные. Это позволит переоборудовать значительный парк транспортных средств специального назначения в роботизированные комплексы, которые смогут работать, как в экипажном режиме управления в обычных условиях, так и в дистанционном или автономном режимах управления при выполнении операций в условиях особого риска. Пример создания дистанционно-управляемого пожарно-спасательного автомобиля, способного выполнять основные операции в штатном режиме и, в случае необходимости, переходить в режим безэкипажного управления представлен на рис. 10

Для проведения аварийно-спасательных операций и пожаротушения в труднопроходимой местности с использованием гусеничных шасси в настоящее время проводятся работы по созданию машин тяжелого класса на базе болотоходов и бронированных гусеничных вездеходов, оснащенных двойным управлением, как с помощью экипажа, так и дистанционно (рис. 11).

Управление и координация действий роботизированной группировки и других подразделений МЧС при проведении пожарно-спасательных работ на больших площадях является одной из наиболее важных



Рис.11. Машина тяжелого класса на базе болотоходов и бронированных гусеничных вездеходов
Fig. 11. The heavy class vehicle based on swamp buggies and armored tracked vehicles

и сложных задач. Для её решения предлагается использовать различные беспилотные летательные аппараты (БПЛА), оснащенные оптико-электронными системами мониторинга и ретрансляции сигналов управления, как например вертолетный комплекс БПЛА мультикоптерного типа (рис.12), а также аэростати-



Рис.12. Вертолетный комплекс БПЛА
Fig. 12. Flying system BLA



Рис.13. Аэростатический комплекс видеонаблюдения ОКО-4
Fig. 13. Flying monitoring system OKO-4

ческий комплекс видеонаблюдения, управления и связи ОКО-4, который позволяет контролировать территорию на площади до 10 км² (рис.13).

Созданная в настоящее время оперативная группировка роботизированных наземных пожарно-спасательных средств обладая достаточно высокой мобильностью и оснащенная высокопроизводительным пожарным и инженерным оборудованием в период 2010-2011 годов продемонстрировала высокую эффективность при ликвидации пожаров на объектах в условиях повышенной опасности радиационного и осколочно-фугасного поражения. Однако в процессе проведения операций были выявлены существенные недостатки в организации проведения и управления операциями, выполняемыми мобильными роботами на больших площадях и пересеченной местности. Существенные трудности для операторов при управлении роботом вне зоны прямой видимости представляют ситуации серьезного ухудшения качества или полной потери видеосигнала, принимаемого с расположенных на роботе телекамер, а также ситуация частичной или полной потери управления и прекращение получения телеметрической информации вследствие прерывания канала связи. Это обусловлено в первую очередь физическими ограничениями на беспроводную передачу сигналов управления и телевидения с применением передатчиков, усилителей и антенн, работающих в разрешенном диапазоне частот. Причинами этих помех могут являться как естественные преграды, например железобетонные конструкции, складки местности, растительность, так и искусственные, например сильные промышленные радиопомехи или работа других приемо-передающих устройств, что характерно при использовании нескольких роботов и реализации их группового управления. Опыт эксплуатации робототехнических комплексов позволил сформулировать требования по частичной или полной автономности ряда основных операций, таких как:

- мониторинг рабочей среды, выявление и анализ опасных факторов и выявление опасных зон для движения;
- автоматический возврат робота в зону уверенного радиообмена или в точку старта в случае потери связи;
- комплексная защита узлов робота от повреждений при работе в недерминированной обстановке.

Для решения этих задач в части автономности движения необходимо иметь подсистемы технического зрения, навигации, формирования модели внешней среды, планирования и отработки автономного целенаправленного движения [3]. С точки зрения аппаратного расширения в системах управления должны быть предусмотрены элементы коммутации для внедрения таких составляющих, как системы сбора информации на основе датчиков, системы технического зрения на основе телекамер и тепловизоров, а также серийно выпускаемых измерительных приборов

и устройств, предназначенных для сбора информации об опасных факторах внешней среды (таких как химическое и радиоактивное загрязнение). Блоки управления изначально построены по модульному принципу и обладают хорошей взаимозаменяемостью, поэтому расширение их функциональных возможностей управления не приведет к переделке всей системы.

С точки зрения программного расширения возможностей работы, удобным является применение в системе отлаженных протоколов обмена информацией, как на борту робота, так и между роботом и пультом управления.

Примером автономного управления мобильным МР типа ЕЛЬ-4 в экстремальной ситуации при потере связи по каналу управления является разработанная в настоящее время система автоматического возврата в исходную позицию (рис.14). В основу её работы положены результаты работы подсистем технического зрения [4], формирования модели внешней среды [4,5], навигации [6] и планирования траектории [7] в режиме автономного целенаправленного движения в различных условиях промышленно-городской обстановки.

В данной системе предлагается комплексировать информацию от видеокамеры и дальномера уже на первом этапе обработки с целью получения для каждой отдельной точки обзора текстурированный фрагмент виртуального трёхмерного изображения окружающей среды. В дальнейшем, в процессе движения такие фрагменты будут собираться в объединенную трехмерную модель больших областей внешней среды (например, одного этажа или всего здания). В предлагаемом решении лазерный сенсор с зоной обзора в виде плоского сектора 180° (270°) и широкоугольная видеокамера с одной ПЗС-линейкой с зоной обзора в виде плоского сектора 90° будут собраны в единый модуль для обеспечения максимально общей зоны обзора. Данный модуль закрепляется на вращающемся сканаторе, позволяющем получать круговую зону обзора в телесном угле 360°х90°, и устанавливается на одну из площадок крепления телекамеры.

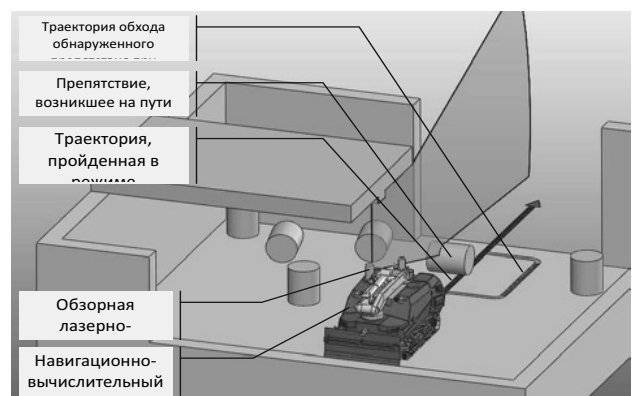


Рис.14. Система автоматического возврата в исходную позицию .

Fig. 14. Automatically return system to the starting position

Комплексирование дальнометрического и телевизионного изображений будет выполняться в два этапа. На первом этапе для каждого элементарного дальнометрического измерения (дальнометрического пикселя) находится соответствие в пространстве видеокadra и для соседних измерений определяется геометрическое и цветное расстояние, с учетом которых на втором этапе будут строиться аппроксимирующие элементарные грани каркасной модели. Соответствие пикселей видеокadra и измерений дальнометра находится путем преобразования координат. На втором этапе по дальнометрическому изображению строится трёхмерная каркасная модель и на неё “натягивается” соответствующий телевизионный кадр. При этом каркасная модель формируется в виде набора отдельных треугольников, а телевизионный кадр с исправленной геометрией загружается в текстуру. Для построений может быть использован графический пакет Direct3D. Пример комплексирования телевизионной и дальнометрической информации и объединения ее в процессе движения в единую объемную (3D) виртуальную модель внешней среды [8] приведен на рис. 15. В этой модели могут быть отмечены температурно-опасные зоны, выявленные с помощью температурных датчиков и навигационной подсистемы. 3D-модель внешней среды может быть использована как для управления движением мобильного робота, так и его навесным оборудованием. При этом эффективность управления должна существенно возрасти вследствие появления дополнительной возможности получения различных геометрических сечений рабочей зоны и ее осмотра с различных позиций наблюдения (в том числе и с позиций, в которых сенсоры не находились или находится не могут).

Комплексирование дальнометрического и телевизионного изображения, снятых с одной позиции, позволяет получить только фрагмент рабочей зоны. Для формирования полной модели рабочей зоны (например, целого помещения, одного этажа или всего здания) комплексированные изображения нужно получить для разных позиций (например, в процессе движения), а затем объединить в обобщенную модель. Объединение отдельных комплексированных изображений возможно только при решении навигационной задачи – определении приращения координат (линейных и угловых) между позициями съема изображений. В данной работе приращения координат между позициями съема изображений будут определяться методами экстремальной навигации по дальнометрическим изображениям.

Реальная ситуация во внешней среде по каким либо причинам может меняться с течением времени. В процессе движения робота эти несоответствия могут быть обнаружены и использованы для уточнения модели внешней среды. Обнаруженные бортовой системой технического зрения препятствия и свободные от препятствий участки заносятся в модель путем пре-

образования из подвижной системы координат, связанной с роботом, в неподвижную систему координат, связанную с внешней средой.

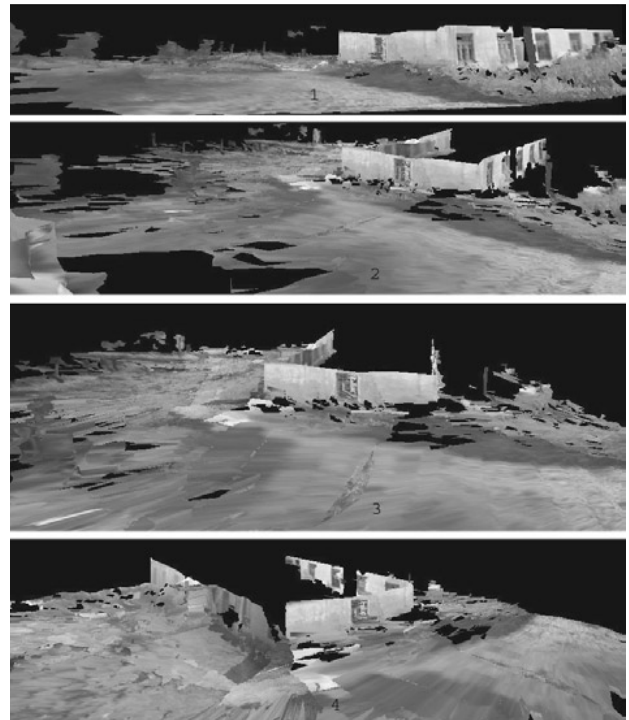


Рис.15. Объемная (3D) виртуальная модель внешней среды

Fig. 15. 3D model of the external environment

В дальнейшем, используя информацию о построенной модели и о местонахождении в ней робота, бортовое программное обеспечение будет, при необходимости, формировать целенаправленную безопасную траекторию движения. Отработка найденной траектории будет сведена к выполнению определенной последовательности ограниченного набора команд, сводящихся к удержанию на заданном курсе и поддержанию заданного радиуса поворота.

Предлагаемое техническое решение позволит решить задачу трехмерной визуализации МР в окружающей обстановке с наложением опасных факторов аварийной ситуации и задачу автономных движений по скорректированным при необходимости траекториям.

Отдельно стоит выделить задачу построения удобной эргономичной пультовой системы управления, позволяющей выполнять, при необходимости, автоматический перевод манипулятора или иных рабочих органов в транспортное, рабочее или иные положения; предоставляющей оператору всю доступную информацию о местоположении и статусе робота в текущий момент времени, параметры окружающей среды и результаты распознавания источников опасности с наложением на них опасных факторов аварийных ситуаций в интуитивно-понятной, доступной и наглядной форме. Еще одним важным шагом является предоставление оператору возможности принятия комплексных тактических решений,

например перемещение робота из одной рабочей зоны в другую, или выполнение оперативно формируемых циклических процессов, таких как постепенное разгребание завалов или поэтапное тушение местности.

Наряду с развитием уровня автономности мобильных роботов, важным звеном повышающем эффективность управления роботами является развитие систем связи, в частности с использованием сети мобильных ретрансляторов.

Главным назначением мобильного ретрансляционного центра (МРЦ) является существенное увеличение зоны бесперебойной связи с мобильными роботами, работающими в зоне ЧС. В качестве мобильного ретранслятора может быть использовано мобильное роботизированное транспортное средство, типа CHRUSOR компании ROBOWATCH (рис.16).



Рис.16. Мобильное роботизированное транспортное средство CHRUSOR

Fig. 16. Robotic vehicle CHRUSOR

При необходимости, мобильный ретрансляци-

онный центр с использованием данного мобильного шасси может быть выполнен с возможностью дистанционного управления по внешним каналам связи. Данная функция, в этом случае, позволит выводить мобильный ретрансляционный центр в точку дислокации, непосредственно находящуюся в эпицентре ЧС, без риска для персонала. Также возможно дистанционно менять точку дислокации мобильного ретрансляционного центра в случае резкого изменения состояния ЧС, когда по ряду факторов на управление мобильным ретрансляционным центром уже нет времени или оно, по каким либо причинам, стало крайне опасным.

В общем функциональное назначение комплекса оборудования мобильного

ретрансляционного центра сигналов управления МР и видеоданных с возможностью резервирования каналов связи входит:

1. создание внешних защищенных VPN каналов связи от мобильного ретрансляционного центра до мобильного пункта управления (МПУ) МР с использованием ресурсов спутниковых каналов связи, систем сотовой связи GSM (GPRS, EDGE, 3G)/CDMA и систем беспроводной высокоскоростной передачи данных WiMax;
2. обеспечение n-кратного резервирования внешних защищенных каналов связи от мобильного ретрансляционного центра до пункта мобильного управления РТК с их автоматической балансировкой;
3. обеспечение передачу команд управления МР, принятых от пункта мобильного управления и/или с портативного пульта управления оператора МР,

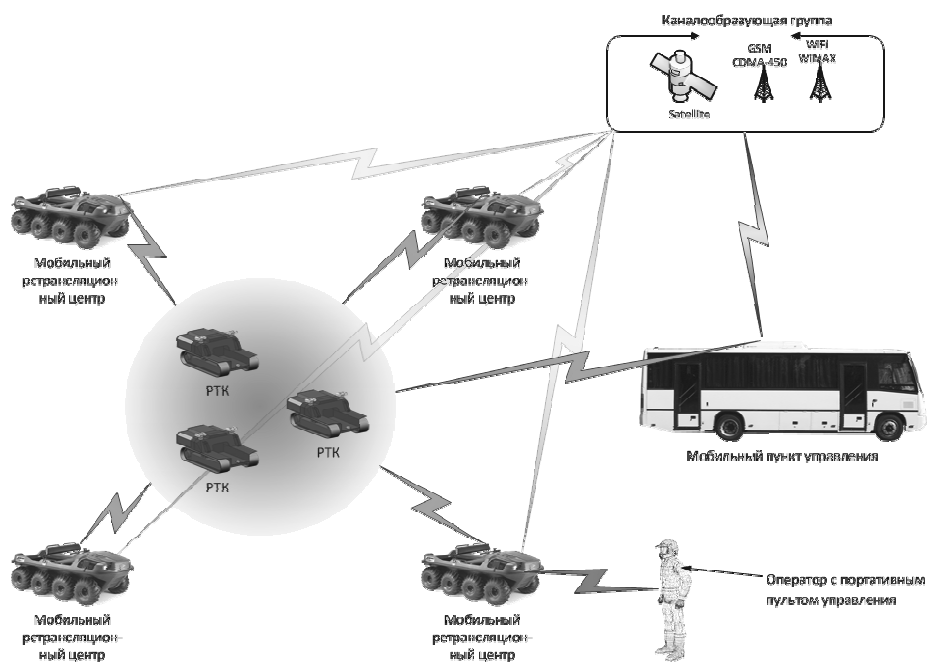


Рис.17. Схема организации общего взаимодействия

Fig. 17. General scheme of the interaction organization

находящегося как в зоне нахождения мобильного ретрансляционного центра, так и в зоне действия других мобильных ретрансляционных центров объединенных, с использованием внешних каналов связи;

4. обеспечение ретрансляции видеoinформации с МР на мобильный пульт управления (МПУ) и/или на портативный пульт управления оператора, находящегося как в зоне нахождения МРЦ, так и в зоне действия других МРЦ, объединенных с использованием внешних каналов связи;
5. обеспечение ретрансляции радиосигналов системы оперативной радиосвязи как в зоне нахождения МРЦ, так и в зоне действия других МРЦ, объединенных с использованием внешних каналов связи;
6. передачу координат своего местонахождения на МПУ;
7. автоматический круглосуточный анализ окружающей местности и подачу тревожного сигнала в случае несанкционированного приближения, каких либо лиц.

Схема организации общего взаимодействия показана на рисунке 17. Данная схема включает в себя специализированный МПУ, который осуществляет управление МР как непосредственно, так и с использованием МРЦ через внешние каналы связи, организованные с использованием спутниковой связи, сотовой связи стандартов GSM/CDMA-450 и/или систем беспроводной передачи данных стандарта WiMax. Необходимость применения и требуемое количество МРЦ определяется конкретной задачей и условиями территории ЧС.

Литература

1. Юревич Е.И., *Основы робототехники.. 3-е изд.*, - СПб.: БХВ-Петербург, 2010 – 386 стр;
2. Юревич Е.И., Цариченко С.Г., *Опыт и перспективы развития модульных робототехнических систем экстремальной робототехники.* - Труды XXI Международной научно-практической конференции «Экстремальная робототехника», - СПб, 2010, с. 21-26;
3. Носков В.П., Рубцов И.В., *Опыт решения задачи*

автономного управления движением мобильных роботов. М.: Машиностроение, ж. Мехатроника, №12, 2006. с. 21-24;

4. Veselov V.A., Kuznetsov V.G., Mishkinuk V.K., Noskov V.P., Sologub P.S. *Automated quaded vehicle control for territorially stationed flexible manufactures*// Information control problems in manufacturing technology. 5IFAC (Suzdal, USSR), Moskou.1986. p 296-298;
5. Буйволов Г.А., Носков В.П., Руренко А.А., Распопин А.Н., *Аппаратно-алгоритмические средства формирования модели проблемной среды в условиях пересеченной местности.* //Сб. научн. тр. Управление движением и техническое зрение автономных транспортных роботов. – М: ИФТП. 1989. – С. 61-69;
6. Носков В.П., Носков А.В., *Навигация мобильных роботов по дальнометрическим изображениям.* М.: Машиностроение, ж. Мехатроника, №12, 2006. с. 16-21;
7. Каляев А.В., Чернухин Ю.В., Носков В.П., Каляев И.А., *Однородные управляющие структуры адаптивных роботов.* – М: Наука, 1990, 152с;
8. Носков В.П., Рубцов И.В., Романов А.Ю., *Формирование объединенной модели внешней среды на основе информации видеокамеры и дальномера.*//Мехатроника, автоматизация, управление. 2007. №8, С.2-5.

ЦАРИЧЕНКО

Сергей Георгиевич, полк. внутр. сл., д-р техн. наук, акад. *НАНПБ*. зам. начальника *ФГУ ВНИИПО МЧС России*. С 2005 г руководит работами по созданию совр. автоматических *роботизированных пожарных комплексов* для выполнения *АСР* и *пожаротушения* разл. класса и назначения, а также отработкой новых технологий с использованием авиационных средств.

Автор более 140 науч. статей, 3 учебных пособий. Имеет 6 авторских свидетельств на изобретения и патентов. Является членом учёных советов *ФГУ ВНИИПО МЧС России* и *АГПС МЧС России*.

st. kpt. mgr inż. Rafał POROWSKI,
 mł. bryg. mgr inż. Daniel MAŁOZIĘĆ
 Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości
 Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi
 Państwowy Instytut Badawczy

ZAGROŻENIE WYBUchem PYŁÓW PALNYCH ORAZ METODY ZAPOBIEGANIA

Dust explosion hazards and prevention methods

Streszczenie

W artykule tym dokonano analizy zagrożenia wybuchem stwarzanego przez pyły palne stosowane w zakładach przemysłowych. Opisano również kilka zaistniałych w przemyśle wybuchów mieszanin pyłowo-powietrznych. Zaprezentowano również podstawowe informacje w zakresie teorii wybuchów mieszanin pyłowo-powietrznych. Następnie dokonano opisu metod badawczych umożliwiających przeprowadzanie testów w zakresie wybuchowości mieszanin pyłowo-powietrznych wraz z zaprezentowaniem stanowisk badawczych, którymi dysponuje Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w CNBOP-PIB. Artykuł kończy opis stosowanych w przemyśle metod zapobiegania wybuchom pyłów, w tym przede wszystkim tłumienia wybuchów oraz odciążania wybuchów.

Summary

This paper presents an analysis of dust explosion hazards in the process industries. It includes a case study of several dust explosions in the process industries. We described some fundamental aspects on the theory of dust explosions. We also outlined selected testing methods of dust explosibility, including a presentation of experimental stands used by Combustion Processes and Explosion Laboratory at CNBOP-PIB. We showed well-known dust explosion prevention methods by industry, including explosion suppression and explosion venting.

Słowa kluczowe: wybuchy pyłów, zagrożenie wybuchem, metody zapobiegania, wybuchowość.

Keywords: dust explosions, explosion hazard, prevention methods, explosibility.

Wprowadzenie

Pierwszy wybuch pyłu, jaki odnotowano w światowej literaturze miał miejsce 14 grudnia 1785r. we Włoszech. Turyńska Akademia Nauki podała, że był to wybuch pyłu mąki w magazynie w centrum Turynu.

Zgodnie z zapiskami literatury w wyniku wybuchu budynku całkowicie został zniszczony. Następnie w ciągu ponad 100 lat w literaturze przedmiotu zanotowano 4 kolejne przypadki wybuchów pyłów, co przedstawia Tabela 1.

Historyczne przypadki wybuchów pyłów [1, 2].

Historic cases of dust explosions [1,2].

Tabela 1.

Table 1.

Rok	Miejsce	Instalacja	Rodzaj pyłu	Szkody
1858	Szczecin	Młyn	Zboże	Zniszczenie młynu
1860	Milwaukee (USA)	Młyn	Mąka	Zniszczenie młynu
1864	Mascoutah (USA)	Młyn	Mąka	Zniszczenie młynu
1887	Hameln (Niemcy)	Silos	Zboże	Zniszczenie silosa i kilku budynków

¹ Wkład obu autorów w powstanie artykułu równy – po 50%

Ostatni z wymienionych w Tabeli 1 przypadków miał miejsce w Niemczech w miejscowości Hameln w 1887r. Wybuch powstał w silosie zbożowym, w wyniku którego oprócz silosu zniszczeniu uległo kilka położonych w okolicy budynków. Rysunek 1 przedstawia skutki, jakie spowodował ten wybuch.



Ryc. 1. Wybuch silosa zbożowego w miejscowości Hameln w Niemczech w 1887r [1].

Fig. 1. Dust explosion in Hameln (Germany) 1887 [1].

Wybuchy pyłów palnych zdarzały i nadal zdarzają się obecnych czasach. Jako przykład drastycznego w skutkach wybuchu posłużyć może wybuch, który powstał 20 sierpnia 1997r. w miejscowości Blaye we Francji [3]. W wyniku wybuchu elewatora zbożowego śmierć poniosło 12 osób oraz jedna została ranna. Elewator zbożowy uległ w większej części zawaleniu, a budynki administracyjne zlokalizowane w pobliżu zostały całkowicie zniszczone. Rysunek 2 obrazuje częściowe skutki tego wybuchu.



Ryc. 2. Skutki wybuchu elewatora zbożowego w Blaye (Francja) w 1997 [3].

Fig. 2. Effects of dust explosion at grain elevator in Blaye (France) 1997 [3].

Kolejnym z przypadków tragicznych w skutkach wybuchów pyłów palnych, był incydent w fabryce leków West Pharmaceutical Services w miejscowości Kinston w Stanach Zjednoczonych, który miał miejsce w dniu 28 stycznia 2003r. [4]. W wyniku wybuchu śmierć poniosło 6 osób, 38 zostało rannych, a budynek fabryki uległ całkowitemu zniszczeniu, co przedstawia Rysunek 3.



Ryc. 3. Wybuch w fabryce leków w Stanach Zjednoczonych w 2003 [4].

Fig. 3. Dust explosion at pharmaceutical plant in US 2003 [4].

Podstawy wybuchowości pyłów palnych

Zjawisko wybuchów pyłów jest bardzo podobne do wybuchu gazów, jednakże mimo wszystko istnieje kilka znaczących różnic pomiędzy tymi zjawiskami [7]. Zagrożenie wybuchem pyłów w przemyśle pojawić się może praktycznie w każdym przypadku, gdzie występuje pył palny. Pyły palne stwarzają zagrożenie wybuchem poprzez:

- tworzenie się mieszanin pyłowo-powietrznych ze źródła uwolnienia pyłów palnych;
- powstanie warstwy pyłu, która może ulec zapłonowi w wyniku samonagrzewania, a następnie zapalona warstwa pyłu może odgrywać rolę źródła zapłonu do kolejnych wybuchów.

Pierwszy przypadek będzie miał miejsce w momencie, gdy rozproszony w powietrzu pył palny utworzy mieszaninę pyłowo-powietrzną w stężeniu powyżej dolnej granicy wybuchowości. Jeżeli spalający się pył zostanie rozproszony, wówczas wytworzy się jego zawiesina w powietrzu, która w obecności odpowiedniego źródła zapłonu ulegnie zapaleniu. W ten sposób powstanie wybuchowa mieszanina pyłowo-powietrzna. Ponadto, palące się cząstki pyłu mogą stwarzać potencjalne źródło zapłonu dla innych materiałów łatwopalnych znajdujących się w pobliżu. Proces wybuchu mieszaniny pyłowo-powietrznej składa się w uproszczeniu z [5]:

- transportu ciepła do powierzchni cząstki, przejmowania go przez cząstkę i jej nagrzewania;
- rozkładu termicznego powierzchni cząstki z dalszym jej nagrzewaniem oraz wydzielaniem części lotnych;
- mieszania się wydzielonych części lotnych z powietrzem wytwarzającego mieszaninę palną i jej zapaleniu;
- transportu ciepła od płomienia do sąsiednich cząstek oraz ich utlenianie i zapłon.

Drugi przypadek dotyczący zapłonu warstwy pyłu palnego, odnosi się głównie do urządzeń elektrycznych stosowanych w przestrzeniach zagrożonych wybuchem, choć nie tylko, których gorące powierzchnie stanowią po-

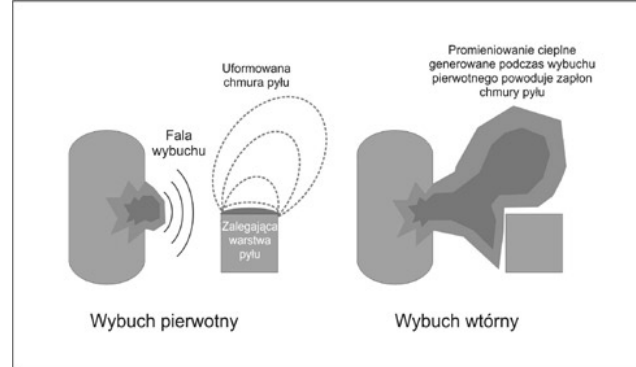
tencjalne źródło zapłonu nagromadzonych warstw pyłu. Podczas wybuchów pyłów palnych proces spalania przebiega dość gwałtownie. Szybkość rozprzestrzeniania się płomienia jest wówczas wysoka, porównywalna z szybkością wybuchu deflagacyjnego gazów. Maksymalne ciśnienie wybuchu ($P_{\max}$) jest często porównywalne do wartości teoretycznych (obliczeniowych), w których zakłada się, że nie występują straty ciepła podczas wybuchu.

Do tej pory nie określono jeszcze jednoznacznie, czy wybuch detonacyjny mieszanin pyłowo-powietrznych może pojawić się w warunkach przemysłowych. Szybkość rozprzestrzeniania się płomienia w mieszaninach pyłowo-powietrznych jest stosunkowo duża i w niektórych przypadkach stwierdzono, że jest zbliżona do wybuchu detonacyjnego. Jednakże większość tego typu przypadków związana jest z zagrożeniem wybuchem pyłu węglowego w kopalniach, gdzie proces ten był zainicjowany przez silne źródła zapłonu, a dodatkowo wybuch rozprzestrzenił się w przestrzeni ograniczonej [6]. Nie jest jednak na 100% pewne, czy wybuch detonacyjny mieszanin pyłowo-powietrznych może być zapoczątkowany przy słabym źródle zapłonu, które bardzo często występuje w warunkach przemysłowych.

Spośród odnotowanych i przeanalizowanych przez ekspertów wybuchów pyłowych na całym świecie [1-2], kolejność zdarzeń odnotowanych podczas zaistniałych wybuchów jest zazwyczaj następująca. Pierwotny wybuch pojawia się wewnątrz zakładu. Zastosowane tam techniczne systemy zabezpieczeń okazują się niewystarczające, aby zapobiec wydostaniu się płomieni poza zakład, zarówno podczas rozerwania np. silosu, jak również poprzez źle zaprojektowaną i wykonaną wentylację. Następuje wówczas coraz większy przepływ powietrza do spalającego się pyłu, powodując tym samym wtórny wybuch. Ilość pyłu zaangażowanego we wtórny wybuch często przekracza ilość pyłu biorącego udział w wybuchu pierwotnym. Ponadto budynek, w którym powstało zjawisko wtórnego wybuchu jest często o słabej konstrukcji budowlanej niż np. konstrukcja urządzenia, w którym pył był pierwotnie przechowywany. Należy również pamiętać o tym, że skutki wtórnego wybuchu są znacznie bardziej destrukcyjne w odniesieniu do wybuchu pierwotnego.

W niektórych przypadkach pierwotny wybuch może również pojawić się w przestrzeniach otwartych, gdzie nagromadzona jest odpowiednia warstwa pyłu, co z kolei może się również znacznie przyczynić do zjawiska wtórnego wybuchu. W pozostałych przypadkach pierwotny wybuch zazwyczaj związany jest z pojedynczym urządzeniem technologicznym w zakładzie, a następnie rozprzestrzenia się wewnątrz zakładu na kolejne urządzenia lub części instalacji technologicznej. Przykład mechanizmu powstania wtórnego wybuchu pyłowego obrazuje Rysunek 4. Możliwość powstania całkowicie destrukcyjnego w skutkach wybuchu wtórnego sprawia, że zagrożenie wybuchem pyłów nie może być do końca

przewidywalne.



Ryc. 4. Przykład powstania wtórnego wybuchu pyłowego [2].

Fig. 4. An example of secondary dust explosion phenomenon [2].

Zjawisko wybuchu pyłów może zaistnieć jedynie, gdy pył zostanie rozproszony w powietrzu, tworząc mieszaninę pyłowo-powietrzną o stężeniu w zakresie pomiędzy dolną, a górną granicą wybuchowości. W ten sposób powstanie wybuchowa chmura pyłu. Badanie charakterystyk wybuchowości mieszanin pyłowo-powietrznych stanowi fundamentalny aspekt w zakresie projektowania oraz prawidłowego doboru innowacyjnych systemów zabezpieczeń przed wybuchem, w tym przede wszystkim takich metod zapobiegania jak odciążanie wybuchów, tłumienie wybuchów, czy izolacja wybuchów. Do prawidłowego doboru tych metod zapobiegania konieczne jest poznanie najważniejszych właściwości wybuchowych pyłów palnych występujących w zakładach przemysłowych, w tym przede wszystkim:

- maksymalne ciśnienie wybuchu – $P_{\max}$,
- maksymalny przyrost ciśnienia wybuchu – $(dp/dt)_{\max}$,
- dolna granica wybuchowości – DGW,
- górna granica wybuchowości – GGW,
- minimalna temperatura zapłonu warstwy pyłu – MTZ_w ,
- minimalna temperatura zapłonu warstwy pyłu – MTZ_o ,
- minimalna energia zapłonu – MEZ,
- graniczne stężenie tlenu – GST,
- klasa wybuchowości pyłu – K_{st} .

Wybuchowość mieszanin pyłowo-powietrznych określana jest poprzez parametry bardzo podobne do tych, które określają palność mieszanin gazowo-powietrznych. Jednakże istnieje pomiędzy tymi przypadkami kilka znaczących różnic. Wybuchowość pyłów można rozważyć jako wzrastający stopień stężenia wybuchowego, minimalnej temperatury zapłonu, minimalnej energii zapłonu, ciśnienia wybuchu oraz maksymalnej szybkości przyrostu ciśnienia wybuchu. Charakterystyka cząstek pyłów jest czynnością niezwykle złożoną, ale ogólnie rzecz biorąc związana jest głównie z budową cząstki, gęstością, rozmiarem, kształtem, powierzchnią, zawartością wilgoci, itp. Przykładowymi

czynnikami wpływającymi na wybuchowość pyłów są [2]:

- skład chemiczny cząstki,
- rozmiar cząstki,
- zawartość wilgoci,
- stężenie tlenu,
- obecność gazu inercyjnego,
- stężenie pyłu.

Literatura przedmiotu [1-2] przedstawia dużo dowodów i przykładów wskazujących na oddziaływanie tych czynników na właściwości wybuchowe pyłów, szczególnie dla kilku rodzajów pyłów. Jest zatem kilka grup chemicznych takich jak COOH, OH, NH₂, NO₂, C≡N, C=N, N=N, które mają skłonność do wyższych właściwości wybuchowych, a natomiast pozostałe, takie jak Cl, Br czy F mają skłonności do niższych parametrów pod względem wybuchowości. Pyły czystych metali generalnie reagują z powietrzem tworząc tlenki metali. W tym przypadku przyrost ciśnienia wybuchu powodowany poprzez wydzielanie ciepła. W niektórych przypadkach metale gwałtownie reagują z azotem tworząc azotki metali. Pyły posiadają skłonności do zmiany (polepszenia) właściwości wybuchowych, nawet do 10%.

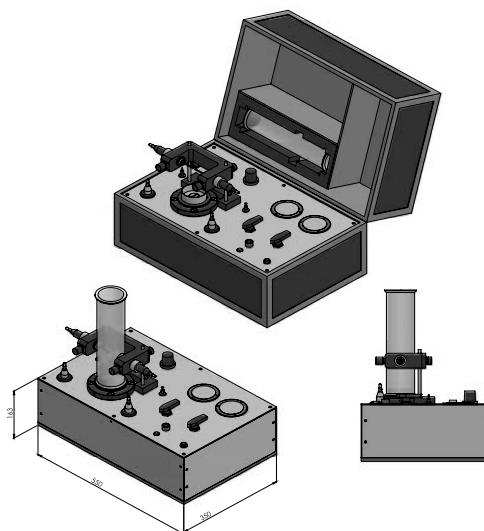
Wybuchowość pyłów jest znacznie związana z rozmiarem cząstek pyłu. Rozmiar cząstek pyłu jest zazwyczaj zamiennie określany jako ekwiwalent średnicy cząstek. Cząstki pyłów o średnicy większej niż 500 µm są mało prawdopodobnie zdolne do wytworzenia mieszaniny wybuchowej, chociaż ulegają procesowi spalania. Z drugiej jednak strony ograniczenie (zmniejszenie) rozmiaru cząstek poniżej ok. 50-74 µm nie odgrywa znaczenia w zwiększeniu się właściwości wybuchowych. Średnica cząstek pyłów wykorzystywana do badań nad właściwościami wybuchowymi pyłów zazwyczaj nie przekracza 75 µm.

Metody badawcze

W wielu krajach na całym świecie prowadzone są badania w zakresie wybuchowości pyłów. Należałoby jednak w tym miejscu rozpocząć od badań, które przeprowadziło Bureau of Mines w Stanach Zjednoczonych, które później w szerokim zakresie wykorzystywano na całym świecie, również w Polsce. Podczas testu pył zostaje rozproszony przez wtrysk sprężonego powietrza. Źródło zapłonu stanowi gorący przewód drutowy lub zapłon iskrowy. Jeśli podczas testu zaobserwuje się jakiegokolwiek rozprzestrzenianie się płomienia, to badany pył uważa się za wybuchowy. Obecnie w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości CNBOP-PIB do wstępnej oceny wybuchowości pyłów wykorzystuje się zmodyfikowane stanowisko Hartmanna, nazwane jako demonstrator wybuchowości pyłów, co przedstawiono na Rysunku 5.

Minimalna temperatura zapłonu obłoku pyłu badana jest w piecu Godbert-Greenwalda. Zawieszona pyłu zostaje wtrącona do pionowej rury utrzymywanej w stałej temperaturze pieca. Podczas tego badania obserwuje się pojawienie się płomienia na otwartym wylocie pieca. Oddzielne oznaczenie minimalnej temperatury zapłonu stosuje się dla warstwy pyłu osiadłego, która zasadniczo różni się od

przypadku oznaczenia MTZ obłoku pyłu. W celu zbadania MTZ dla warstwy pyłu osiadłego również wykorzystywany jest piec Godbert-Greenwalda, jednakże w tym przypadku pył jest zgromadzony w koszu z siatki drucianej o średnicy 1 cala i głębokości 0,5 cala. Inną metodą stosowaną w tym zakresie jest również zapłon warstwy pyłu osiadłego od gorącej płytki, na której pył ten jest zgromadzony, według wymagań standardu PN-EN 50281-2-1 [8]. Na Rysunku 6 przedstawiono stanowisko badawcze do pomiarów minimalnej temperatury zapłonu warstwy pyłu, stosowane w CNBOP-PIB.



Rys. 5. Stanowisko badawcze do wstępnej oceny wybuchowości pyłów, stosowane w CNBOP-PIB.

Fig. 5. Experimental stand for preliminary assessment of dust explosibility at CNBOP-PIB.



Ryc. 6. Stanowisko badawcze do pomiarów minimalnej temperatury zapłonu warstwy pyłów wg PN-EN 50281-2-1 w CNBOP-PIB.

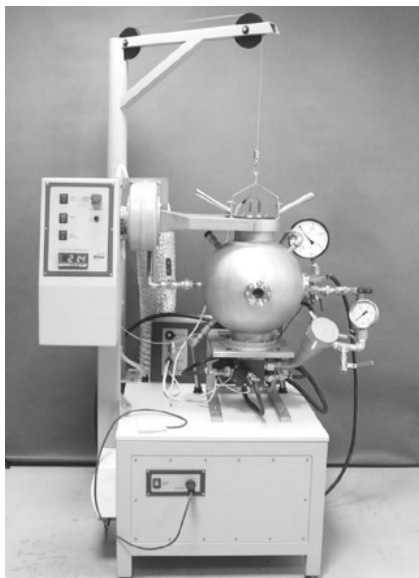
Fig. 6. Experimental stand for testing minimum ignition temperature of dust layers according to PN-EN 50281-2-1 at CNBOP-PIB.

Minimalna temperatura zapłonu pyłów palnych zmniejsza się wraz ze zmniejszeniem rozmiaru cząstek pyłu oraz wraz ze zwiększeniem zawartości części lotnych oraz stężenia tlenu, jak również ulega zwiększeniu wraz ze wzrostem zawartości wilgoci. Minimalna energia zapłonu mieszanin pyłowo-powietrznych mierzona jest w pionowej rurze Hartmanna [9]. Podczas tego badania pył jest rozpraszany przez wtrysk sprężonego powietrza, a źródłem zapłonu jest iskra elektryczna. Następnie obserwuje się zapłon mieszaniny pyłowo-powietrznej oraz

rozprzestrzenianie się płomienia przy zadanej wartości energii wyładowania iskry.

Minimalna energia zapłonu mieszanin pyłowo-powietrznych zmniejsza się wraz ze spadkiem rozmiaru cząstek pyłu oraz wraz ze zwiększeniem zawartości części lotnych i stężenia tlenu, jak również ulega zwiększeniu wraz ze wzrostem zawartości wilgoci.

Parametry takie jak granice wybuchowości (DGW i GGW), maksymalny przyrost ciśnienia wybuchu (P_{max}), maksymalna szybkość przyrostu ciśnienia wybuchu ($(dp/dt)_{max}$) oraz graniczne stężenie tlenu (GST), mierzone są przy wykorzystaniu stanowiska badawczego wyposażonego w komorę testową o pojemności 1 m³, lub alternatywnie w mniejszej skali, przy wykorzystaniu sferycznego zbiornika o pojemności 20 dm³ [10]. Na rysunku 7. przedstawiono stanowisko badawcze do pomiarów wyżej wspomnianych parametrów wybuchowości mieszanin pyłowo-powietrznych, stosowane w CNBOP-PIB.



Ryc. 7. Stanowisko badawcze do pomiarów parametrów wybuchowości mieszanin pyłowo-powietrznych (P_{max} , DGW, GGW, GST, $(dp/dt)_{max}$) wg serii norm PN-EN 14034 w CNBOP-PIB.

Fig. 7. Experimental stand for testing dust explosion parameters (P_{max} , DGW, GGW, GST, $(dp/dt)_{max}$) according to PN-EN 14034 at CNBOP-PIB.

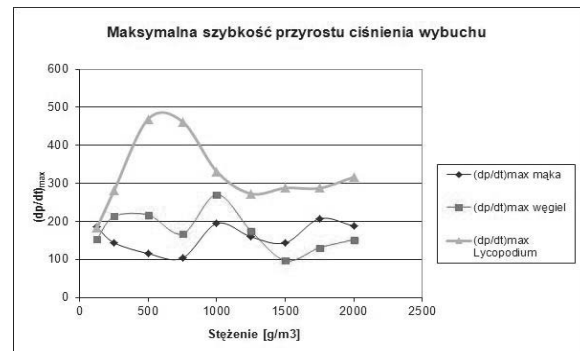
W badaniu tym pył jest wprowadzany do sferycznego zbiornika z podajnika pyłu. Źródło zapłonu ulokowane jest w centrum urządzenia i jest to zazwyczaj 2 zapalniki chemiczne, zazwyczaj każdy o energii zapłonu 5 kJ. Pomiędzy wprowadzeniem pyłu, a zapłonem stosuje się standardowe opóźnienie wynoszące 60 ms. Badanie to wykorzystywane jest zarówno do określeń jakościowych, jak i ilościowych. Wynikiem takiego badania jest standardowy wykres przyrostu ciśnienia w czasie, z zaznaczeniem wartości maksymalnego ciśnienia wybuchu oraz szybkości przyrostu w czasie. Analiza przeprowadzonych wyników na tym stanowisku badawczym jest bardzo podobna do analizy przeprowadzanej przy wybuchach gazów w stałej objętości.

Na Rysunkach 8 i 9 przedstawiono zbiorcze zestawienie zależności maksymalnego ciśnienia wybuchu (P_{max}) oraz maksymalnej szybkości przyrostu ciśnienia wybuchu ($(dp/dt)_{max}$) od gęstości pyłu. Badania wykonano dla trzech rodzajów pyłów, tj. mąki ziemniaczanej, węgla aktywnego oraz likopodium.



Ryc. 8. Zależność maksymalnego ciśnienia wybuchu od stężenia pyłu dla 3 wybranych mieszanin pyłowo-powietrznych, uzyskane podczas pomiarów na stanowisku badawczym wg PN-EN 14034 w CNBOP-PIB.

Fig. 8. Maximum explosion pressure vs. dust concentration for 3 selected dust-air mixtures measured according to PN-EN 14034 at CNBOP-PIB.



Ryc. 9. Zależność maksymalnej szybkości przyrostu ciśnienia wybuchu od stężenia pyłu dla 3 wybranych mieszanin pyłowo-powietrznych, uzyskane podczas pomiarów na stanowisku badawczym wg PN-EN 14034 w CNBOP-PIB.

Fig. 9. Maximum rate explosion pressure rise vs. dust concentration for 3 selected dust-air mixtures measured according to PN-EN 14034 at CNBOP-PIB.

Zależność maksymalnej szybkości przyrostu ciśnienia wybuchu od pojemności zbiornika testowego została zapisana w postaci wzoru:

$$\left(\frac{dp}{dt}\right)_{max} V^{1/3} = K_{st}$$

gdzie:

K_{st} – stała wybuchowości pyłów (współczynnik K_{st})

p – ciśnienie całkowite

t – czas

V – objętość zbiornika

Współczynnik K_{st} stanowi podstawę klasyfikacji wybuchowości pyłów oraz jest miarą maksymalnej szybkości przyrostu ciśnienia. Współczynnik K_{st} jest odzwierciedleniem współczynnika K_G dla gazów. Zasadniczo, wyróżnia się 4 klasy wybuchowości pyłów, począwszy od St. 0 (pył niewybuchowy) do St. 3 (pył bardzo silnie wybuchowy), co przedstawiono w szczegółach w Tabeli 2.

Tabela 2.

**Klasyfikacja wybuchowości pyłów
według współczynnika K_{st} [11].**

Table 2.

**Dust explosibility classification
according to K_{st} value [11].**

Klasa wybuchowości	K_{st} (bar m/s)	Nazwa
St. 0	0	niewybuchowy
St. 1	1- 200	słabo wybuchowy
St. 2	201 - 300	silnie wybuchowy
St. 3	> 300	bardzo silnie wybuchowy

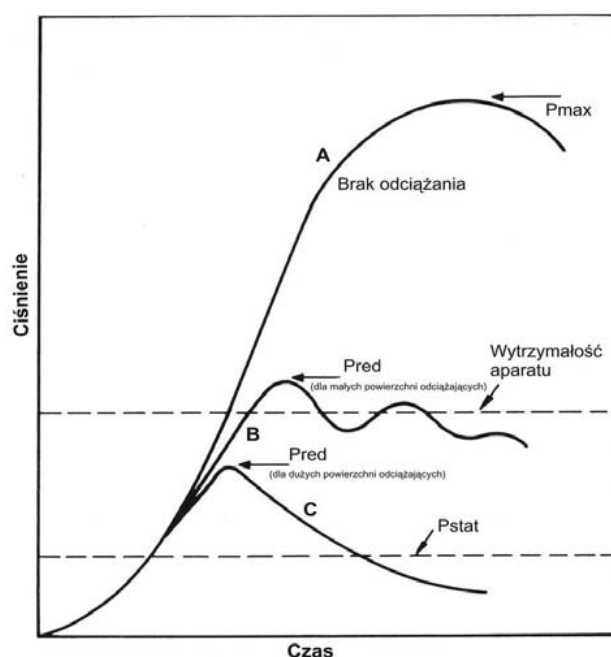
Pozostałym parametrem w zakresie wybuchowości pyłów palnych jest szybkość spalania. Niestety do tej pory nie opracowano jeszcze standardowej metody badawczej, która umożliwiłaby dokonywanie pomiarów tego parametru. Wiedza na temat tego parametru pozwoliłaby na opracowanie potrzebnych w praktyce modeli numerycznych, które zostały rozwinięte w zakresie wybuchów gazów.

Metody zapobiegania wybuchom pyłów

Odciażanie wybuchów

Słabe konstrukcyjnie miejsca w ściankach aparatów i urządzeń procesowych, czy w konstrukcji budynków powinny być tak zaprojektowane, aby otworzyły się we wczesnym stadium rozwoju zjawiska wybuchu. W wyniku czego materiał palny oraz produkty spalania zostają uwolnione do otoczenia, a nadciśnienie powstałe wewnątrz aparatu zostaje zredukowane do odpowiedniego poziomu. Wartość tego ciśnienia nazywana jest zredukowanym ciśnieniem wybuchu P_{red} . Rysunek 10 przedstawia standardowy wykres zależności przyrostu ciśnienia w czasie dla zjawiska wybuchu w zamkniętej przestrzeni. Krzywa A przedstawia przyrost ciśnienia dla typowego wybuchu w zbiorniku, gdzie ciśnienie wzrasta do wartości rzędu 15-20 bar, zazwyczaj wartości ciśnienia większej niż standardowe urządzenia i aparaty procesowe są w stanie wytrzymać [12]. Podczas odciażania przyrost ciśnienia zostaje ograniczony do wartości zredukowanego ciśnienia wybuchu P_{red} (krzywa C). Wartość tego ciśnienia zależy przede wszystkim od rozmiarów i miejsca lokalizacji otworów odciażających, jak również od wartości ciśnienia otwierającego urządzenie odciażające. Odpowiednie zaprojektowanie powierzchni odciażającej powinno zapewniać zredukowanie ciśnienia wybuchu do wartości poniżej wytrzymałości konstrukcyjnej chronionego urzą-

dzenia. Na etapie projektowania, podczas szacowania wytrzymałości aparatu należy szczególnie wziąć pod uwagę te wszystkie części, które są najbardziej narażone na oddziaływanie ciśnienia wybuchu, np. drzwiczki rewizyjne, czy zawory suwakowe. Dlatego też wytrzymałość najsłabszej części urządzenia procesowego powinna być potraktowana jako wytrzymałość obliczeniowa całego urządzenia. Obliczenia wytrzymałościowe konstrukcji aparatów procesowych szczególnie, gdy są one stare i dawno nie wymieniane (co niestety często zdarza się w przemyśle), nie należą do najłatwiejszych. W tym zakresie pomocny może być poradnik opracowany i wydany przez ICHIME [13]. Metodyka obliczeniowa zawarta w tym poradniku oparta jest o tzw. „metodę elementów skończonych”² stosowaną dla wybranych części urządzenia procesowego.



Ryc. 10. Standardowy wykres zależności ciśnienia w czasie podczas wybuchu przy zastosowaniu systemów odciażania [12].

Fig. 10. Standard profile of explosion pressure vs. time regarding to venting systems [12].

Poprawnie obliczona powierzchnia odciażająca ma decydujący wpływ na wartość ciśnienia P_{red} . W tym zakresie dostępnych jest w światowej literaturze technicznej kilka metod. Do obliczenia powierzchni odciażającej niezbędnych jest kilka podstawowych danych, takich jak:

- Wartość P_{red} , która w żadnym przypadku nie może być przekroczona. Wartość zredukowanego ciśnienia wybuchu zależy od wytrzymałości konstrukcyjnej aparatu procesowego;
- Wartości charakteryzujące wybuchowość pyłów palnych, ze szczególnym uwzględnieniem wartości

² Finite Element Analysis – inżynierska metoda analizy poszczególnych elementów konstrukcji, wykorzystująca głównie technikę CFD (Computational Fluid Dynamics - numeryczną dynamikę płynów), stosowana zazwyczaj do obliczeń wytrzymałościowych.

współczynnika K_{st} oraz maksymalnego ciśnienia wybuchu P_{max} . Obydwie te wartości mierzone za pomocą standardowych metod laboratoryjnych. W Polsce badania takie na zlecenie wykonuje kilka ośrodków badawczych;

- Charakterystyka urządzenia procesowego, szczególnie wartość V i L/D . V jest to objętość urządzenia (otwarta przestrzeń wewnątrz urządzenia). Przykładowo w filtrach zawierających pył palny nie wlicza się do tego objętości worków filtracyjnych. Wartość zależności L/D stanowi stosunek wysokości urządzenia do jego średnicy. W zwartych przestrzeniach na rozprzestrzenianie się płomieni nie ma wpływu przepływ osiowy. Szybkość rozprzestrzeniania się płomieni jest zazwyczaj wolna, a maksymalne ciśnienie wybuchu dla większości pyłów palnych jest ok. 10 razy większe niż ciśnienie początkowe. W układach połączonych przepływ osiowy powoduje, że szybkość rozprzestrzeniania się płomieni jest bardzo wysoka. Wysokie wartości P_{max} mogą zatem powstać, gdy zależność L/D jest stosunkowo duża. Dlatego też wartość L/D odgrywa znaczący wpływ na obliczenia powierzchni odciażających;
- Charakterystyka urządzenia odciażającego. Do obliczenia odpowiedniej powierzchni odciażającej niezbędna jest wartość ciśnienia powodującego uruchomienie urządzenia odciażającego, określona jako P_{stat} . Przy obliczeniach powierzchni odciażających dla aparatów i urządzeń procesowych należy również wziąć pod uwagę maksymalną wartość zakresu tolerancji P_{stat} oraz kilka innych czynników.

Odciażanie skutków wybuchu ogranicza wzrost ciśnienia w aparatach, ale należy pamiętać o tym, że nie chroni przed wybuchem. W tym celu należy zastosować inne systemy ochrony przed wybuchem, jak na przykład system tłumienia. Podczas używania urządzeń odciażających w postaci drzwi eksplozyjnych, które zamykają powierzchnię odciażającą po wybuchu, wówczas procesy chłodzenia gorących produktów spalania mogą spowodować próżnię wewnątrz chronionego urządzenia, co w konsekwencji może doprowadzić do jego deformacji [14]. Ważną również kwestią jest sposób otwierania się drzwi eksplozyjnych oraz ich położenie, co zasadniczo wpływa na efektywność procesu odciażania (EF). Podczas dyspersji pyłów w chronionym urządzeniu procesowym lokalizacja drzwi eksplozyjnych, a także sposób ich otwierania może skutkować zwiększeniem wartości maksymalnego ciśnienia wybuchu. Skuteczność odciażania oraz efektywność powierzchni odciażającej dla drzwi eksplozyjnych jest mniejsza niż w przypadku paneli rozrywających o tej samej powierzchni odciażania.

Podczas odciażania wybuchów mieszanin pyłowo-powietrznych powierzchnie odciażające, wyrzucające na zewnątrz chronionego aparatu jego zawartość oraz produkty spalania, powinny być skierowane w bezpiec-

ne miejsce, aby ograniczyć straty wśród personelu oraz szkody materialne. Jeśli ze względów technologicznych nie ma możliwości lokalizacji urządzeń chronionych przez systemy odciażania wybuchu wewnątrz budynku, wówczas należy zastosować tzw. kanały odprowadzające, które umożliwią transport produktów spalania oraz fali wybuchu na zewnątrz [15]. Jeśli chronione urządzenie mieści się wewnątrz budynku, należy zatem zlokalizować je jak najbliżej zewnętrznych ścian, tak aby kanał odprowadzający był jak najkrótszy [15]. Kanały odprowadzające wpływają znacząco na zwiększanie wartości ciśnienia podczas procesu odciażania wybuchu. Kanały odprowadzające muszą mieć co najmniej taką samą średnicę/przekrój co powierzchnia odciażania, a także muszą być odporne na wzrost tej samej wartości ciśnienia, co chronione urządzenie procesowe.

Według standardu PN-EN 14491 dotyczącego systemów ochronnych odciażających wybuchy pyłów, wymiarowanie powierzchni odciażających zależy od charakterystyki wybuchowej pyłu, warunków dyspersji pyłu (stężenie, turbulencje) oraz geometrii chronionego urządzenia procesowego. W celu poprawnego określenia powierzchni odciażającej standard PN-EN 14491 wymaga znajomości objętości chronionego urządzenia oraz wartości stosunku długości aparatu do jego średnicy: L/D . Ponadto, podobnie jak w standardzie VDI 3673-1 wymagana tu jest znajomość zredukowanego ciśnienia wybuchu (P_{red}) charakterystycznego dla każdego urządzenia procesowego. Dla różnych zakresów wartości P_{red} powierzchnię odciażającą (AV) według ww. PN-EN 14491 oblicza się ze wzorów:

Dla P_{red} w zakresie od 0,1 do 1,5 bar:

$$A_v = B \cdot (1 + C \cdot \log \frac{L}{D}) \quad [m^2]$$

gdzie:

$$B = [3,264 \times 10^{-5} \times P_{max} \times K_{st} \times P_{red}^{-0,569} + 0,27 \times (P_{stat} - 0,1) \times P_{red}^{-0,5}] \times V^{0,753}$$

$$C = (-4,305 \times \log P_{red} + 0,758)$$

Dla P_{red} w zakresie od 1,5 do 2,0 bar:

$$A_v = B \quad [m^2]$$

W przypadku odciażania pomieszczeń i budynków norma PN-EN 14491 zaleca stosowanie wartości P_{red} co najmniej o 0,02 bar większej niż P_{stat} . Przy obliczaniu powierzchni odciażających dla budynków należy również pamiętać o ich symetrycznym rozmieszczeniu na ścianach zewnętrznych oraz na konstrukcji dachu. Przebieg zjawiska wybuchu w pomieszczeniu lub budynku zależy od kilku zasadniczych parametrów, do których należy zaliczyć:

- geometrię pomieszczenia lub budynku;
- obecność wyposażenia i elementów konstrukcyjnych;

- możliwość przenoszenia się wybuchu z pomieszczenia do pomieszczenia;
- zaleganie pyłu palnego na elementach wyposażenia.

Biorąc pod uwagę powyższe stwierdzenia norma PN-EN 14491 zaleca obliczanie powierzchni odciażających (AV) dla pomieszczeń oraz budynków przy wykorzystaniu następującego równania:

$$A_v = C \cdot A_s \cdot P_{red}^{-0,5} \quad [m^2]$$

gdzie:

C to stała równania obciążenia w zależności od współczynnika K_{st} :

K_{st} od 0 do 100, $C = 0,018^{0,5}$ bar

K_{st} od 100 do 200, $C = 0,026^{0,5}$ bar

K_{st} od 200 do 300, $C = 0,030^{0,5}$ bar

A_s to wewnętrzna powierzchnia pomieszczenia lub budynku [m^2].

Wartość A_s obejmuje dach lub sufit, podłogę, ściany oraz powierzchnie odciażające. Powierzchnie jakichkolwiek pomieszczeń towarzyszących należy również wliczyć do całkowitej wartości A_s . W obliczeniach tych pomija się powierzchnie wyposażenia pomieszczenia lub budynku oraz powierzchnie zajmowane przez wewnętrzne elementy konstrukcji.

Należy szczególnie pamiętać o tym, że efektywne zastosowanie systemów odciażania skutków wybuchu nie polega tylko i wyłącznie na zaprojektowaniu i obliczeniu odpowiednich powierzchni. Najistotniejszą kwestią jest opanowanie skutków wybuchu, które mogą stwarzać ogromne zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi oraz środowiska. W tym przypadku do tych zagrożeń należą:

- płomień i toksyczne produkty spalania;
- fala ciśnienia;
- pył i produkty emisji.

W praktyce inżynierskiej przyjmuje się, że poszczególne elementy składowe instalacji przemysłowych (pomieszczenia), w których występują substancje palne w różnych stanach skupienia (gazy, ciecze, pyły) powinny być od siebie odpowiednio wydzielone, tak aby ewentualne skutki wybuchu nie mogły się rozprzestrzeniać. Jak już wcześniej stwierdzono urządzenia procesowe, w których zainstalowano systemy odciażania skutków wybuchu należy sytuować w takich miejscach, w których po zadziałaniu urządzeń odciażających skutki wybuchu zostaną odprowadzone w bezpieczne miejsce, zazwyczaj na zewnątrz pomieszczeń. W żadnym przypadku nie można kierować powierzchni odciażających na zewnątrz budynków w miejsca, gdzie mogą przebywać ludzie (np. na wewnątrz zakładowe drogi komunikacji, itp.). Chmura pyłu oraz płomień powstałe po wybuchu mieszanin pyłowo-powietrznych, odprowadzone za pomocą urządzenia odciażającego mogą mieć bardzo duży zasięg. Dlatego też projektując takie zabezpieczenia nie można lekceważyć

tych kwestii. W światowej literaturze technicznej dostępnych jest szereg metodologii dotyczących obliczania tzw. „bezpiecznych odległości”, dla urządzeń procesowych narażonych na zjawisko wybuchu, również w przypadku pyłów palnych [16]. Oprócz płomienia podczas odciażania wybuchu do atmosfery wydostaje się również niespalony pył z aparatu, który utworzyć może z powietrzem mieszaninę pyłowo-powietrzną. W momencie, gdy mieszanina ta zostanie zapalona przez strumień ciepła z wydostającego się płomienia może dojść do wybuchu i utworzenia się zjawiska Fireball [17] o określonych skutkach promieniowania cieplnego. Strumień ciepła generowany przez Fireball oraz jego odległość również należy wziąć pod uwagę przy projektowaniu systemów odciażania.

Podstawowym urządzeniem stosowanym w nowoczesnych systemach ochrony przed wybuchem są tzw. płytki lub membrany bezpieczeństwa³, klapy oraz drzwi odciażające. Zasada działania tych urządzeń przedstawia się następująco:

- rozerwanie membrany po przekroczeniu zadanej wartości ciśnienia poniżej wytrzymałości chronionego aparatu;
- szybkie odpowietrzenie wybuchu w bezpieczne miejsce (zazwyczaj do atmosfery).

Oczywiście urządzenia odciażające w postaci płytek lub membran bezpieczeństwa mają również pewne ograniczenia. Należą do nich:

- konieczność odprowadzania skutków wybuchu na zewnątrz pomieszczeń;
- zakaz stosowania dla substancji toksycznych;
- możliwość pojawienia się w aparacie podciśnienia (zagrożenie implozją);
- niezbędne jest określenie stref ochronnych (bezpiecznych odległości), a co się z tym wiąże szczególnych wymagań dotyczących przebywania i dostępu ludzi do zagrożonego obszaru.

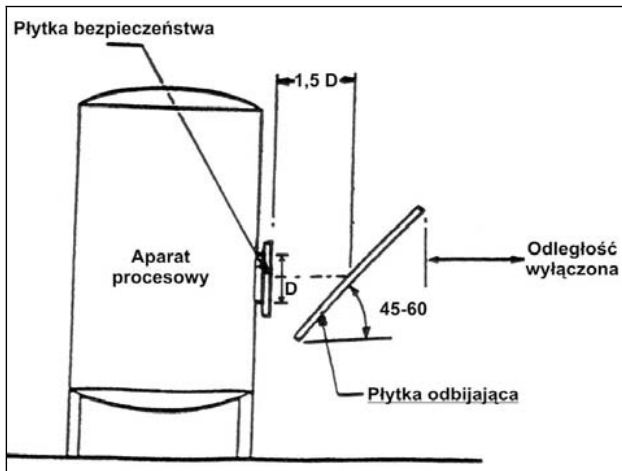
Istnieje również możliwość ograniczenia zasięgu wspomnianych wyżej stref ochronnych, przy zastosowaniu tzw. płytek odbijających (Patrz Rysunek 11). Zasada działania tego urządzenia polega na skierowaniu fali ciśnienia i płomienia do góry (pionowo), zmniejszając tym samym zasięg w poziomie. Na podstawie serii badań poligonowych przeprowadzonych przez angielską organizację Health and Safety Executive⁴ opracowano wytyczne w zakresie stosowania tych zabezpieczeń.

Powierzchnia płytki odbijającej powinna być co najmniej 3 razy większa niż powierzchnia otworu odciażającego. Płytkę tą należy zainstalować pod kątem przy najmniej 45° (w praktyce zazwyczaj stosuje się 60°) w celu jak najbardziej efektywnego odbicia skutków wybuchu. Ponadto płytka odbijająca powinna być zainstalowana w odpowiedniej odległości od powierzchni odciażającej

³ z ang. bursting discs.

⁴ Health and Safety Executive, www.hse.gov.uk

– przeważnie powinno się przyjmować odległość równą $1,5 \times D$, gdzie D to średnica otworu odciażającego.



Ryc. 11. Schemat zastosowania płytki odbijającej [12].

Fig. 11. Application of venting deflector [12].

Pierwszy patent systemu tłumienia wybuchu pochodzi z 1912 r. i przypisuje się go pewnej niemieckiej firmie. Określano go jako „szybki suchy proszkowy środek gaszący”. II wojna światowa przyspieszyła rozwój tej metody walki z wybuchami. Brytyjskie siły powietrzne odkryły, że 80% całkowitych strat samolotów bojowych powstało z powodu pożarów. W oparciu o ten dowód, wymagania wojskowe określiły lekki system o wysokiej skuteczności gaszenia do ochrony silników samolotów i ich systemów paliwowych.

Podobna sytuacja powstała w Niemczech. W rezultacie, szybko rozwijająca się technologia spowodowała, że systemy tłumienia wybuchu oparte były na trzech głównych zasadach:

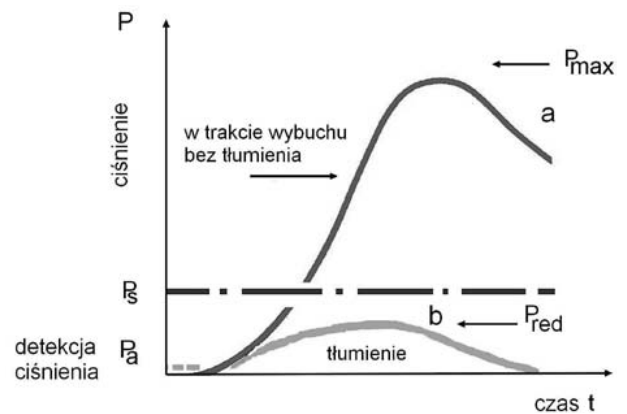
- środek gaśniczy znajduje się trwale pod ciśnieniem w butli;
- w instalacji chronionej musi być zapewniona duża średnica otworu wlotowego;
- zastosowanie tzw. zaworu natychmiastowej reakcji w celu gwałtownego uwolnienia środka tłumiącego za pomocą ładunku pirotechnicznego.

Zasady te, w połączeniu z systemem detekcji płomienia lub wzrostu ciśnienia tworzą podstawę współczesnych automatycznych systemów tłumienia wybuchu stosowanych w urządzeniach i aparatach procesowych stosowanych w przemyśle.

Tłumienie wybuchu polega, zatem na wykryciu zjawiska w początkowym stadium jego rozwoju, zaraz po zapłonie, a następnie na natychmiastowym wyładowaniu środka tłumiącego z taką szybkością, aby ugasić płomień zanim zdąży powstać duży przyrost ciśnienia. Przy dzisiejszej technologii szybkość wyładowania środka tłumiącego do chronionego urządzenia procesowego wynosi około 75 – 300 ms [12]. Rozwiązanie to zapobiega zarówno powstawaniu wysokich ciśnień w wyniku wybuchu, jak również chroni przed przedostaniem się płomieni

do zbiorników i urządzeń procesowych stanowiących zamknięte układy technologiczne. Warunkiem podstawowym jest zaprojektowanie urządzeń procesowych w taki sposób, aby były one odporne na maksymalne założone ciśnienie wybuchu, charakterystyczne dla danej substancji palnej. Podstawowe dane niezbędne do właściwego zaprojektowania systemu tłumienia wybuchu przedstawiono za pomocą standardowej krzywej wzrostu ciśnienia wybuchu w zależności od czasu (Rysunek 12). Za pomocą tego wykresu określa się wymagany czas reakcji czujnika ciśnienia oraz czas wyładowania butli ze środkiem tłumiącym w celu jak najszybszej minimalizacji wzrostu ciśnienia do założonej wartości. Na Rysunku 12 $P_{\max}$ oznacza maksymalne ciśnienie wybuchu, P_{red} najwyższą wartość nadciśnienia, która wystąpić może po zadziałaniu systemu tłumienia wybuchu, a P_a to ciśnienie powodujące aktywację systemu tłumienia. Wartość ciśnienia P_a musi być mniejsza niż zaprojektowana wytrzymałość konstrukcji chronionego urządzenia procesowego.

W przypadku zastosowania systemu tłumienia na urządzeniach i aparatach procesowych maksymalne ciśnienie mogące powstać podczas zjawiska wybuchu zostaje ograniczone do wartości zredukowanego ciśnienia P_{red} , a tym samym nie pozwala na rozerwanie konstrukcji tych urządzeń. W praktyce przyjmuje się, że założona wartość zredukowanego ciśnienia wybuchu P_{red} wynosi zazwyczaj około 0,1 MPa [11].



Ryc. 12. Krzywa przedstawiająca wzrost ciśnienia wybuchu dla sytuacji: a) bez tłumienia wybuchu b) z systemem tłumienia wybuchu.

Fig. 12. Dust explosion pressure profile, including: a) no explosion suppression, b) explosion suppression.

Systemy tłumienia wybuch stosowane są zazwyczaj wtedy, gdy nie możliwa jest ochrona urządzeń i aparatów procesowych za pomocą wzmocnienia ich konstrukcji na maksymalne ciśnienie wybuchu $P_{\max}$ lub odpowietrzania skutków wybuchu np. przy zastosowaniu płytek bezpieczeństwa lub klap eksplozyjnych samozamykających. Zastosowanie tłumienia wybuchu jest szczególnie istotne w przypadkach, gdy uszkodzenie konstrukcji urządzeń (utrata założonej wytrzymałości) może doprowadzić do emisji substancji toksycznych szkodliwych dla ludzi lub otoczenia. Czasami tłumienie wybuchu używane jest

w połączeniu z systemami odpowietrzania skutków wybuchu do ochrony niektórych linii produkcyjnych. Zastosowanie tego rodzaju połączeń zabezpieczeń dotyczy głównie sytuacji, w których nie możliwe jest zapewnienie wystarczającej powierzchni dekompresyjnej lub, gdy skutki wybuchu nie mogą być odprowadzane na zewnątrz pomieszczenia, z powodów konstrukcyjnych. Nowoczesne systemy automatycznego tłumienia składają się następujących elementów [12]:

- czujniki ciśnienia i/lub płomienia;
- butle ze środkiem tłumiącym;
- centrala sterująca;
- przetworniki sygnałów z czujników do centrali.

Do zadziałania systemu tłumienia wybuchu niezbędne są detektory, służące albo do wykrycia powstałego nadciśnienia albo płomienia powstałego w wyniku początkowej fazy wybuchu. Czujniki ciśnienia powinny być instalowane na zamkniętych aparatach i urządzeniach procesowych. Czujniki progowe generują sygnał elektryczny, gdy zostanie przekroczona ustalona wartość ciśnienia. Wówczas sensory dynamiczne wysyłają sygnał elektryczny do centrali sterującej. Zwykle stosuje się zarówno czujniki wartości progowych ciśnienia, jak i szybkości przyrostu ciśnienia, co pozwala na odpowiednie dostosowanie do warunków technologicznych charakterystycznych dla danej linii produkcyjnej.

Podsumowanie

Badanie charakterystyk wybuchowości pyłów palnych stanowi zespół precyzyjnie określonych metod pomiarowych, do których zaprojektowane i skonstruowane powinny być odpowiednie stanowiska badawcze. Zarówno zakres metod pomiarowych, jak również technologia wykonania przedmiotowych stanowisk badawczych ulegała i nadal ulega ciągłym udoskonaleniom, aby parametry wybuchowości pyłów palnych określone były w sposób najbardziej adekwatny do rzeczywistego zagrożenia w warunkach przemysłowych. Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości CNBOP-PIB posiadając wykwalifikowany personel badawczy prowadzi określanie charakterystyk wybuchowości pyłów palnych w oparciu o opisane w tym artykule metody i stanowiska badawcze. Uzyskane w badaniach doświadczalnych wyniki pomiarowe w zakresie parametrów wybuchowości mieszanin pyłowo-powietrznych stanowią fundamentalny aspekt wiedzy technicznej, niezbędnej do projektowania i doboru właściwych systemów zabezpieczeń przed wybuchem, w tym przede wszystkim systemów odciążania wybuchów, czy też systemów tłumienia wybuchów.

Literatura

1. Bartknecht W., *Explosions – Course, Prevention, Protection*, Springer-Verlag, 1981;
2. Eckhoff R.K., *Dust explosions in the process industries*, Elsevier, 2003;
3. Summary report on explosion of grain silo in Blaye, INERIS, 1998;
4. Investigation report on dust explosion in West Pharmaceutical Services in Kinston, U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, 2004;
5. Teodorczyk A., *Podstawy modelowania matematycznego wybuchu mieszaniny pyłowo-gazowej*, III Międzynarodowa Szkoła Wybuchowości Pyłów Przemysłowych, 1987;
6. Lebecki K., *Zagrożenia pyłowe w górnictwie*, GIG, 2004;
7. Eckhoff R.K., *Differences and similarities of dust and gas explosions: A critical evaluation of the European ATEX directives in relation to dust*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 19, 2006;
8. PN-EN 50281-2-1, Urządzenia elektryczne do stosowania w obecności pyłów palnych. Część 2-1: Metody oznaczania minimalnej temperatury zapłonu pyłów, PKN, 2002;
9. PN-EN 13821, Przestrzenie zagrożone wybuchem. Zapobieganie wybuchowi i ochrona przed wybuchem. Oznaczanie minimalnej energii zapłonu mieszanin pyłowo-powietrznych, PKN, 2004;
10. PN-EN 14034, Części od 1 do 4. Oznaczanie charakterystyk wybuchowości obłoków pyłu, 2011;
11. Mannan S., *Lees' Loss Prevention in the Process Industries*, Elsevier, 2005;
12. Barton J., *Dust Explosion – Protection and Prevention: A practical guide*, ICHME, 2002;
13. Pilkington S., *Process vessels subject to explosion risk: design guidelines for the pressure rating of weak vessels subject to explosion risk*, ICHME, 2000;
14. Siwek R., *Explosion venting technology*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 9/1996;
15. Tamanini F., Valiulis J.V., *Improved guidelines for the sizing of vents in dust explosions*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries 9/1996;
16. Wingerden K., *Prediction of pressure and flame effects in the direct surroundings of installations protected by dust explosion venting*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 6/1993;
17. Holbrow P., Hawksworth S.J., Tyldesley A., *Thermal radiation from vented dust explosions*, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 13/2000;
18. Hattwig M., *Handbook of explosion protection and prevention*, Elsevier, 2006;

mgr inż. Rafał Porowski

w 2002r. ukończył studia w Szkole Głównej Służby Pożarnej w Warszawie. W roku 2010 ukończył studia doktorskie na Wydziale Mechanicznym Energetyki i Lotnictwa Politechniki Warszawskiej. Temat rozprawy doktorskiej dotyczy badań doświadczalnych i symulacji numerycznych przejścia do detonacji w mieszaninach gazowych. Pełni

funkcję kierownika Zespołu Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej PIB w Józefowie.

ml. bryg. mgr inż. Daniel Małozieć

w 1999r. ukończył studia w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Obecnie pełni funkcję zastępcy

kierownika Zespołu Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej Państwowym Instytucie Badawczym w Józefowie. Specjalność – badania w zakresie reakcji na ogień wyrobów budowlanych. Oficer PSP.

bryg. mgr inż. **Dariusz CZERWIENKO**

mgr inż. **Karolina LEMAŃSKA**

mgr inż. **Łukasz PASTUSZKA**

Zespół Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej

i Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpowodziowych

CNBOP-PIB

TECHNOLOGIA MATERIAŁÓW NA UBRANIA STRAŻACKIE

Technology of materials for firefighting clothing

Streszczenie

Warunkiem koniecznym wymaganym podczas akcji gaśniczo-ratowniczych jest wyposażenie strażaka w środki ochrony indywidualnej. Zalicza się do nich m.in.: środki ochrony oczu i twarzy, głowy, słuchu, układu oddechowego, a także odzież [1]. Odzież ochronna, w którą wyposażony jest strażak, powinna zapewniać maksymalnie skuteczną ochronę użytkownika przed różnicowanymi zewnętrznymi niebezpieczeństwami występującymi w środowisku jego pracy. Aby można było spełnić ten warunek, niezbędna jest wiedza na temat konstrukcji ubrania ochronnego, a także materiałów, z których jest ono wykonane. W niniejszym artykule szczegółowo opisano materiały wykorzystywane do produkcji ubrań specjalnych i lekkich w wybranych państwach świata. Analizie poddano te państwa świata, w których językiem urzędowym jest angielski (Stany Zjednoczone, Kanada, Australia, Nowa Zelandia, Wielka Brytania, Republika Południowej Afryki) oraz niemiecki (Niemcy, Austria i Szwajcaria). Porównano parametry materiałów pod względem użytkowym, a także scharakteryzowano materiały poszczególnych warstw ubrania ochronnego z podaniem nazw handlowych obecnie obowiązujących na rynku w poszczególnych państwach. Uwzględniono również stosowane modyfikacje oraz wykorzystywane technologie. Wskazano, że transformacja materiałowo-konstrukcyjna w omawianych krajach jest na różnym poziomie, lecz tendencje zbieżne w tym samym kierunku i polegają na stopniowym wypieraniu materiałów naturalnych tkaninami syntetycznymi. Skutkuje to niewątpliwie lepszą ochroną przed ogniem. Umożliwia spełnienie szeregu wymagań dotyczących parametrów związanych z termoregulacją organizmu, wodoodpornością, paroprzepuszczalnością, czy wytrzymałością mechaniczną. Poza tym zapewnia o wiele większy komfort użytkowania, przejawiający się tym, że ubranie nie podrażnia skóry, nie ogranicza ruchów albo swoim ciężarem nie przyczynia się do dodatkowego wysiłku.

Summary

What needs to be especially considered during firefighting actions is providing firefighters with Personal Protective Equipment. It includes eyes and face protection, clothes, head and ears protection and the protection of respiratory system. The main aim of the PPE is to protect the users effectively from the various outer dangers, which can be met in work environment. Only when there is enough insight into the structure of protective clothing and the fabrics from which they have been made, PPE serves the purpose. This research paper emphasizes the issue of fabric which are commonly used to produce a special and light clothing in the English speaking countries such as The United States, Canada, Australia, New Zealand, The Great Britain and the Republic of South Africa, and German speaking ones such as Germany, Austria and Switzerland. There are also both the information about using technologies and modifications, and the commercial products. The study of the fabric transformation throughout the years shows that the use of advanced technology appears in most of the countries and that the natural fabrics are becoming gradually replaced with synthetic ones, which gives better protection from fire. In addition, thanks to this, the fabrics parameters such as waterproofness and durability are more promising.

Słowa kluczowe: ubranie strażackie, materiały, PPE, komfort użytkowania;

Keywords: firefighting clothing, fabrics, PPE, utility comfort;

1. Wprowadzenie

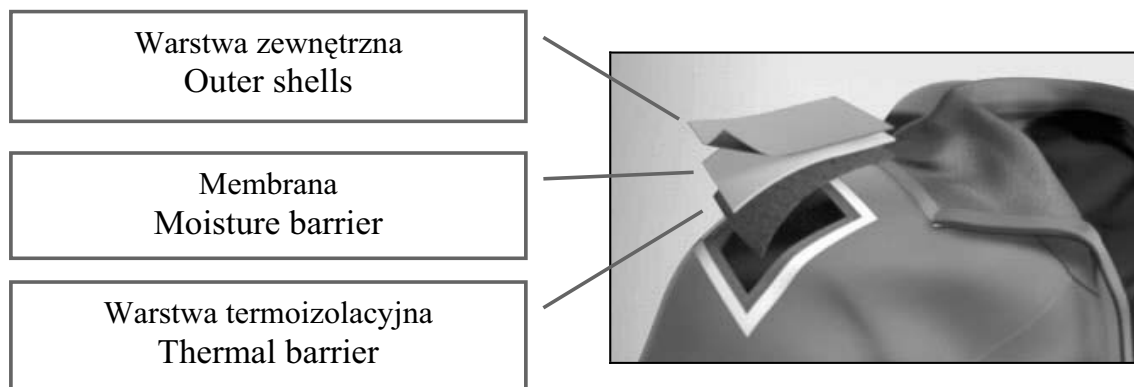
Odzież ochronna powinna kompleksowo zabezpieczać przed zagrożeniami, co oznacza, ochronę od zewnątrz jak i od wewnątrz. W dużym uproszczeniu, przez ochronę od zewnątrz rozumie się warstwę ubrania jako barierę przed żarem, wodą, substancjami chemicznymi, natomiast

ochrona wewnętrzna jest rozumiana jako oddychalność. Podczas akcji ratowniczych strażakom towarzyszy stres, pośpiech i wzmożony wysiłek fizyczny. Aby nie doprowadzić do przegrzania organizmu, wytwarza on ciepło i pot. Zbyt szczelna warstwa materiału może powodować niebezpieczne skutki. Jednymi z nich są poparzenia,

które tworzą się na skutek braku ochrony przed żarem, w wyniku namakania przez pot materiału znajdującego się bezpośrednio w kontakcie ze skórą. Kolejnym niebezpiecznym następstwem jest stres wywołany przegrzaniem organizmu. Jest on spowodowany zaburzonym mechanizmem schładzania. Kiedy nie ma możliwości odprowadzenia wydzielanego przez organizm ciepła, jego ilość wciąż wzrasta, podnosi temperaturę, do tego stopnia, że w najgorszym wypadku prowadzi do śmierci udarowej [2].

2. Przekrój przez warstwy ubrania ochronnego

Ponieważ nie skonstruowano jeszcze materiału posiadającego wszystkie właściwości ochronne, zaprojektowano ubranie, które ma budowę warstwową. Składa się z warstwy zewnętrznej, membrany, warstwy termoizolacyjnej oraz podszewki, która – w zależności od modyfikacji – może stanowić oddzielną warstwę (ubranie cztero-warstwowe) lub być połączona z warstwą termoizolacyjną (ubranie trzywarstwowe). Każda warstwa jest wykonana z innego materiału i posiada charakterystyczne cechy, które w połączeniu stanowią skuteczne innowacyjne rozwiązanie o szerokim zakresie ochrony.



Ryc. 1. Model trzywarstwowego ubrania ochronnego [3]

Fig. 1. The model of three-layer firefighting clothing [3]

2.1. Warstwa zewnętrzna

Przez pojęcie warstwy zewnętrznej (ang. outer shells) rozumie się najbardziej zewnętrzną warstwę materiału, z wyjątkiem lamówek, materiału wzmacniającego i mankietów. Może być ona wykonana z impregnowanych tkanin bawełnianych, lecz w większości przypadków jest wykonana z syntetycznych włókien aramidowych, występujących w handlu pod nazwą Nomex® (firma DuPont), Kevlar® (firma DuPont), Twaron® (firma Teijin Aramid), Technora® (firma Teijin Aramid), tkanin poliamidowych PBO i PBI [4], [5], [6].

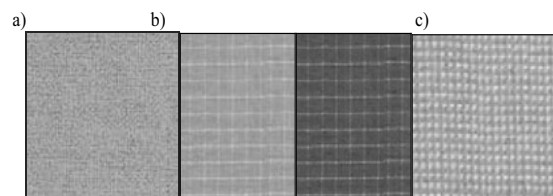
Tkaniny na bazie włókien PBI są elastyczne i lekkie, a także zapewniają właściwą termoregulację organizmu, minimalizując ryzyko urazów związanych ze stresem wywołanym przegrzaniem organizmu. Dzięki temu możliwe jest szybsze i bardziej precyzyjne działanie.

W roku 1985 w Stanach Zjednoczonych wprowadzono materiały PBI Gold® (Ryc.2a) o splocie płóciennym. W dalszym ciągu są one dostępne na rynku w standardowej gramaturze wynoszącej 255 g/m² oraz niższej – 200 g/m². Składają się z włókien Kevlar® (60%) i z włókien PBI (40%).

Unowocześnioną wersją tych materiałów był w 2003 r. PBI Matrix® (Ryc.2b), który stanowi kompozycję wcześniejszych PBI Gold Plus® (40%) i włókien Kevlar® (60%). Materiał ten posiada spłot tzw. Rip-Stop, który charakteryzuje się wypukłym wzmocnieniem z innego włókna w formie zauważalnej kratki. Taka struktura zwiększa wytrzymałość tkaniny na zerwanie [5].

W roku 2012 kolejną generację tkanin zewnętrznej powłoki na bazie włókien PBI stał się produkt o nazwie PBI Max™ (Ryc.2c). Skład procentowy materiału PBI Max™ to w 70% włókna PBI i w 30% włókna Kevlar®. Obecnie jest to najnowocześniejszy materiał stosowany jako warstwa zewnętrzna ubrań specjalnych. Charakteryzuje się on jeszcze wyższą wytrzymałością mechaniczną przy doskonałej odporności na wysokie temperatury i zmniejszonym ciężarze. Podnosi poprzeczkę dla dostępnych obecnie na rynku materiałów o tym samym zastosowaniu [6], [7]. W celu lepszej ochrony wszystkie wyżej wymienione ma-

teriały posiadają teflonowe wykończenie (DuPont), które zapewnia zmniejszoną absorpcję wody.



Ryc. 2. Produkty firmy PBI Performance Products, Inc (USA) [8]

a) PBI Gold®, b) PBI Matrix® (złoty i czarny), c) PBI Max®

Fig. 2. The products of PBI Performance Products, Inc (USA) [8]

a) PBI Gold®, b) PBI Matrix® (gold and black), c) PBI Max®

Niekwestionowanym liderem w branży włókienniczej od 225 lat jest specjalistyczna brytyjska firma Hainsworth, która jako pierwsza wprowadziła w Wielkiej Brytanii tkaniny trudnopalne. Ponadto jest ona światowym liderem w dziedzinie rozwoju, produkcji i stosowania wyrobów włókienniczych, która dostarcza materiały stosowane w odzieży ochronnej dla strażaków od ponad 100 lat. Wykorzystuje TI-Technologie

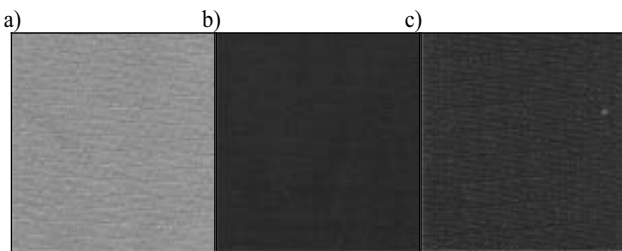
(ang. TI-Technology™) polegającą na specjalnym splocie tkaniny złożonej z włókien Nomexu® i Kevlaru®, gdzie każdy rodzaj włókna tworzy oddzielną warstwę. Dzięki temu możliwa jest maksymalizacja korzyści wynikających z każdego włókna. Poniżej przedstawiono jak działa TI-Technologia:



Ryc. 3. Mechanizm działania TI-Technologii [9]

Fig. 3. The mechanism of TI-Technology [9]

Warstwa zewnętrzna zbudowana jest z włókien Nomex®, zapewniających niepalność tkaniny, natomiast warstwa wewnętrzna z włókien Kevlar® – wytrzymałość i wysoką odporność na ścieranie i degradację UV. Materiał posiada luźną, przepuszczalną konstrukcję, przestrzenie pomiędzy włóknami wypełnione są powietrzem, tkanina charakteryzuje się dużą oddychalnością. Pod wpływem płomienia warstwa złożona z włókien Nomex® łączy się z warstwą włókien Kevlar®, dochodzi do przemieszczenia się warstw oraz zmniejszenia odległości pomiędzy włóknami, co zwiększa ochronę termiczną.



Ryc. 4. Produkty firmy Hainsworth (Wielka Brytania)

[10], [11], [12]

a) Hainsworth Titan® b) Hainsworth Atlas®
c) Hainsworth Metis®

Fig. 4. The products of Hainsworth (Great Britain)

[10], [11], [12]

a) Hainsworth Titan® b) Hainsworth Atlas®
c) Hainsworth Metis®

Do produktów wykorzystujących TI-technologie™ należą materiały zarówno elastyczne, oddychające i minimalizujące zagrożenia spowodowane stresem cieplnym, jak i bardzo wytrzymałe. Są to:

Hainsworth Titan® o składzie: 89% Nomex®, 9% Kevlar®, 2% dodatek antystatyczny

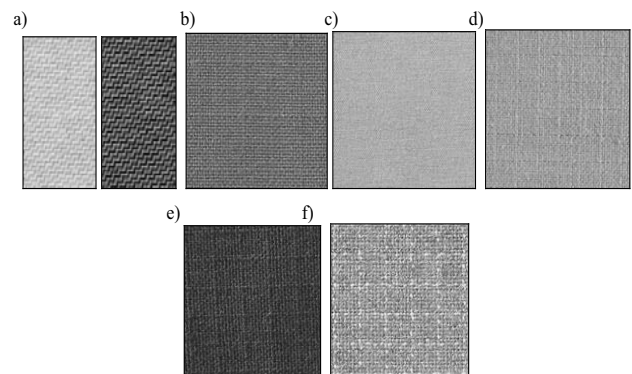
- P-140, [10] – Ryc. 4a,
- Hainsworth Atlas®, zapewniający najlepszą ochro-

nę przed płomieniem, spośród omawianych materiałów Hainsworth, jego skład to: 59% Nomex®, 40% Kevlar®,

- 1% dodatek antystatyczny P-140, [11] – Ryc. 4b,
- Hainsworth Metis®, do stosowania w połączeniu z pikowanymi warstwami termoizolacyjnymi, którego skład to: 87% Nomex®, 11% Kevlar®, 2% dodatek antystatyczny P-140, [12] – Ryc. 4c.

Poniżej przedstawiono tkaniny stosowane jako warstwy zewnętrzne [7]:

- Materiał Armor 7.0™, firmy Safety Components (USA), skład: 50% włókna Kevlar®
- i 50% Kevlar® + Nomex®, posiada teflonowe wykończenie firmy DuPont, (Ryc. 5a)
- Materiał ADVANCE ULTRA®, firmy Innotech (Kanada), o strukturze Rip-Stop
- i wykończeniu Super Shelltite®, skład: 60% Kevlar®, 20% Nomex®, 20% PBO® (Ryc.5b)
- Materiał BRIGADE® Nomex IIIA®, firmy Innotech (Kanada), o strukturze Rip-Stop
- i wodoodpornym wykończeniu, skład: 93% Nomex®, 5% Kevlar®, 2% węgiel, (Ryc. 5c)
- Materiał MILLENIA LIGHT® & MILLENIA XT®, firmy Innotech, o strukturze Rip-Stop
- i wykończeniu Super Shelltite®, skład: 60% Kevlar®, 40% PBO®, (Ryc.5d)
- Materiał Fusion®, firmy Innotech (Kanada), o strukturze Rip-Stop i wodoodpornym wykończeniu Super Shelltite®, skład: 60% Kevlar®, 40% Nomex®, (Ryc. 5e)
- Materiał GEMINI®, firmy Innotech (Kanada), o strukturze Rip-Stop i wodoodpornym wykończeniu Super Shelltite®, skład: 60% Kevlar®, 40% PBI®, (Ryc. 5f)



Ryc. 5. Warstwy zewnętrzne [7]

- a) Armor 7.0™ (złoty i czarny), b) ADVANCE ULTRA®, c) BRIGADE® Nomex IIIA®,
d) MILLENIA LIGHT® & MILLENIA XT®,
e) Fusion®, f) GEMINI®

Fig. 5. Outer shells [7]

- a) Armor 7.0™ (gold and black), b) ADVANCE ULTRA®, c) BRIGADE® Nomex IIIA®,
d) MILLENIA LIGHT® & MILLENIA XT®,
e) Fusion®, f) GEMINI®

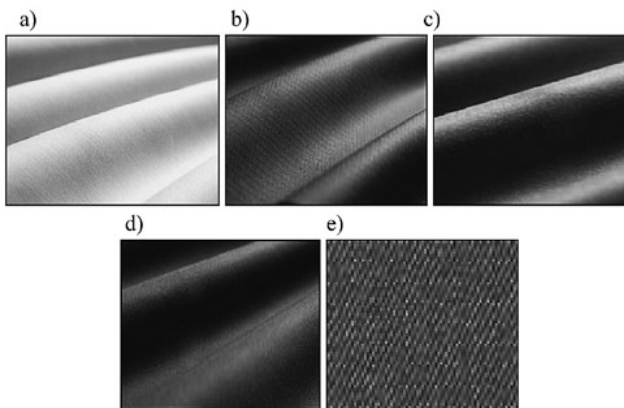
Wszystkie warstwy ochronne wymagane dla odzieży gaśniczych dostarcza firma TenCate (z siedzibą w Holandii), która jest innowacyjnym producentem tkanin. Tkaniny zostały certyfikowane zgodnie z normą EN 469:2005 [13]:

TenCate Tecashield® – MI 9180 (Millenia Light™), o składzie: 59% włókna

- p-aramidowe, 39% PBO, 2% antystatyczny Static-Control™, gramaturze wynoszącej
- 180 g/m², a także wodoodpornym wykończeniu i strukturze Rip-Stop (Ryc. 5a)

TenCate Tecashield® – AV 9200 (Advance Light™), o składzie: 78% włókna

- p-aramidowe, 20% włókna m-aramidowe, 2% Static-Control™, gramaturze wynoszącej 200 g/m², a także wodoodpornym wykończeniu i strukturze Rip-Stop (Ryc. 5b)
- TenCate Tecashield® – BX 9220, o składzie: 93% włókna m-aramidowe, 5% włókna
- p-aramidowe, 2% Static-Control™ i gramaturze: 220 g/m² (Ryc. 5c)
- TenCate Tecashield® – FX 9220, o składzie: 93% włókna m-aramidowe, 5% włókna
- p-aramidowe, 2% dodatek antystatyczny Static-Control™, o strukturze Rip-Stop
- i gramaturze równej 220 g/m² (Ryc. 5d)
- TenCate Tecashield® – BV 9120, o składzie: 94% Nomex® III, 5% włókna
- p-aramidowe, 1% Static-Control™ oraz gramaturze 265 g/m² (Ryc. 5e)



Ryc. 6. Produkty firmy TenCate (Holandia) [13]

a) Millenia Light™, b) Advance Light™, c) BX 9220, d) FX 9220, e) BV 9120

Fig. 6. The products of TenCate (Netherlands) [13]

a) Millenia Light™, b) Advance Light™, c) BX 9220, d) FX 9220, e) BV 9120

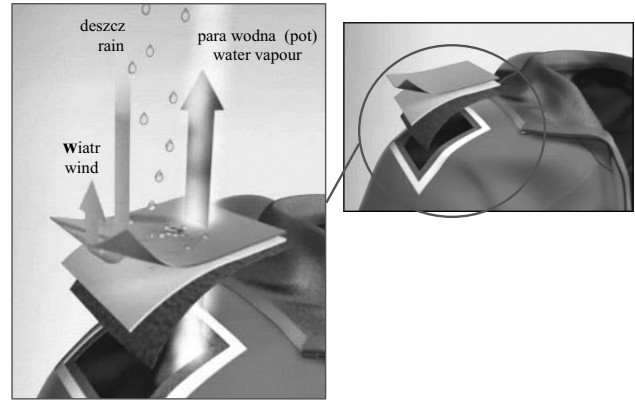
2.2. Membrana

Mikroporowata hydrofobowa membrana (ang. moisture barrier) stanowi środkową warstwę ubrania i ma ona zapobiegać przenikaniu cieczy i utrzymywać właściwą równowagę ciepłą.

Powinna być wodoszczelna, by nie doszło do przemakania warstwy termoizolacyjnej, ale na tyle przepuszczalna, by umożliwić odprowadzenie pary wodnej powstają-

cej na skutek pocenia się użytkownika [5]. Do produkcji membran wykorzystuje się tworzywa sztuczne, takie jak: politetrafluoroetylen (PTFE), poliuretan, poliester.

- Najważniejszymi parametrami membrany są wodoszczelność (oznaczana jako W_p i wyrażona w [Pa]) oraz przepuszczalność pary wodnej, inaczej oddychalność (oznaczana jako R_{et} i wyrażona w [m²·Pa/W]) [5], [14].

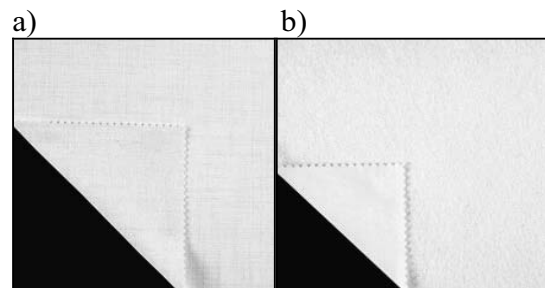


Ryc. 7. Zasada działania paroprzepuszczalnej i wodoodpornej membrany [15]

Fig. 7. The rule of working waterproof membrane [15]

Do produkcji ubrań ochronnych bardzo często stosuje się membranę amerykańskiej firmy Gore-Tex, która została opracowana w latach 80-tych. Cechy membrany [14], [15]:

- porowata (ponad 9 miliardów mikroskopijnych porów na cal kwadratowy)
- wodoszczelna (pory są około 20.000 razy mniejsze od kropli wody, więc woda nie przenika)
- oddychająca (para wodna lub pot przenika, gdyż pory są 700 razy większe od cząsteczki pary wodnej)
- wykonana z politetrafluoroetylen (PTFE) (teflonu)
- wykazuje dużą trwałość i odporność na zagniecenia
- Inne przykłady membran zilustrowano poniżej [16]:
- CROSSTECH® Typ 4A, to laminat posiadający w swoim składzie: 93% włókien
- m-aramidowych, 5% włókien p-aramidowych oraz 2% antystatyku (Ryc. 7a)
- RT7100® Typ 3D - laminat: podłoże z włókniny + warstwa PTFE (Ryc. 7b)



Ryc. 8. Produkty firmy Innotech (Kanada)

a) CROSSTECH® Typ 4A, b) RT7100® Typ 3D [16]

Fig. 8. The products of Innotech (Canada)

a) CROSSTECH® Type 4A, b) RT7100® Type 3D [16]

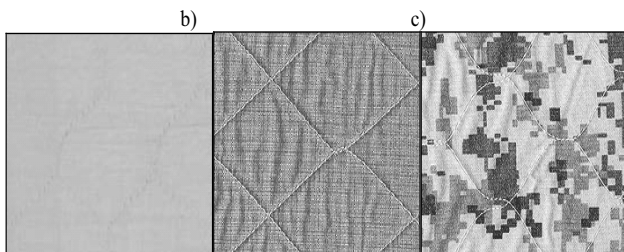
2.3. Warstwa termoizolacyjna

Warstwa termoizolacyjna (ang. thermal barrier) izoluje przed środowiskiem zewnętrznym i stanowi barierę przed wnikaniem do wnętrza ubrania promieniowania ciepłego. Ten cel osiąga się przez odpowiednie rozwiązanie konstrukcyjne, polegające na modelu składającym się z włókien, pomiędzy którymi znajduje się powietrze. Ważne jest, aby warstwa nie była zbyt gruba – a co za tym idzie cięższa – ponieważ może to przyczynić się do zmniejszenia komfortu noszenia i ograniczenia ruchów. Do produkcji warstw termoizolacyjnych wykorzystuje się wełnę, włókna aramidowe, aramidowo-wiskozowe oraz poliestrowe [5].

Najważniejszymi parametrami określającymi warstwę termoizolacyjną są wskaźnik przenikania ciepła od płomienia oraz wskaźnik przenikania ciepła od promieniowania ciepłego.

Poniżej przedstawiono kilka innowacyjnych propozycji modeli warstw termoizolacyjnych, które można spotkać na rynku [16], [17]:

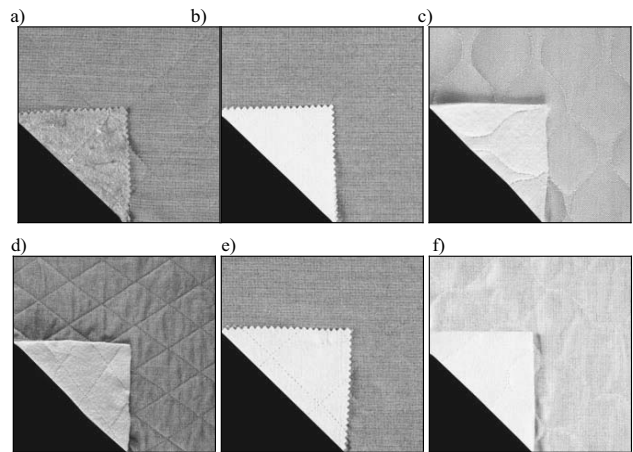
- Materiał pikowany Glide™ firmy Safety Components (USA), 60% Kevlar®, (Ryc. 8a)
- Materiał pikowany Chambray™ firmy Safety Components (USA), z Nomexu®, (Ryc. 8b)
- Materiał pikowany Bravo™ firmy Safety Components (USA), składający się z włókien Nomexu®, Kevlaru® oraz włókien wiskozowych, (Ryc. 8c)
- Materiały pikowane firmy Innotex (Kanada), w 100% z Nomexu®, odpowiednio



Ryc. 9. Produkty firmy Safety Components
a) Glide™, b) Chambray™, c) Bravo™ [17]

Fig. 9. The products of Safety Components
a) Glide™, b) Chambray™, c) Bravo™ [17]

- XLT-Lite Chambray™ (Ryc. 9a) oraz Xtra-Lite Chambray™ (Ryc. 9b)
- Materiał Caldura® Silver NP, 100% włókna aramidowe, firma Innotex, (Ryc. 9c)
- Materiał składający się z dwóch warstw o różnej gramaturze, Chambray® 2-warstwowy, firmy Innotex (Kanada), w składzie posiada włókna Nomex® i Kevlar®, (Ryc. 9d)
- Pikowany materiał XE389 Chambray®, z włókien Nomex®, firmy Innotex, (Ryc. 9e)
- Materiał składający się z dwóch warstw o różnej gramaturze, Glide® 2-warstwowy, firmy Innotex (Kanada), z włókien aramidowych Nomex®, (Ryc. 9f)



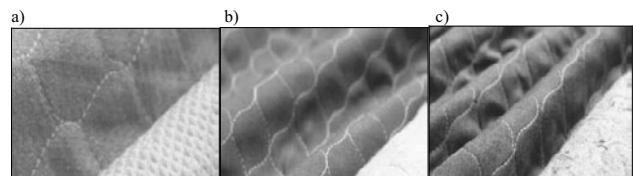
Ryc. 10. Produkty firmy Innotex (Kanada) [16]

a) XLT-Lite Chambray™, b) Xtra-Lite Chambray™, c) Caldura® Silver NP, d) Chambray 2-warstwowy, e) XE389 Chambray®, f) Glide® 2-warstwowy

Fig. 10. The products of Innotex (Canada) [16]

a) XLT-Lite Chambray™, b) Xtra-Lite Chambray™, c) Caldura® Silver NP, d) Chambray 2-Layers, e) XE389 Chambray®, f) Glide® 2-Layers

- Materiał TenCate Tecashield® – CQ 703 (Quantum 3-D™ Light) o gramaturze równej 210 g/m² oraz parametrach: HTI₂₄ = 9,3; HTI₂₄ - HTI₁₂ = 3,0; RHTI₂₄ = 12,5;
- RHTI₂₄ - HTI₁₂ = 5,0; występuje jako modyfikacja: warstwy termoizolacyjnej (włókna aramidowe) i podszewki (włókna m-aramidowe (GoldCheck™), firma TenCate (Holandia), (Ryc. 10a)
- Materiał TenCate Tecashield® – CQ 700 (Aralite™ NP) o gramaturze równej 245 g/m² oraz parametrach: HTI₂₄ = 12,3; HTI₂₄ - HTI₁₂ = 3,8; RHTI₂₄ = 17; RHTI₂₄ - HTI₁₂ = 6,5; występuje jako modyfikacja: warstwy termoizolacyjnej (włókna aramidowe) i podszewki (włókna m-aramidowe), firma TenCate (Holandia), (Ryc. 10b)
- Materiał TenCate Tecashield® – CQ 8(Q-8™) o gramaturze wynoszącej 270 g/m² oraz parametrach: HTI₂₄ = 12,4; HTI₂₄ - HTI₁₂ = 3,7; RHTI₂₄ = 14,6; RHTI₂₄ - HTI₁₂ = 4,7; występuje jako modyfikacja: warstwy termoizolacyjnej (włókna aramidowe/włókna wiskozowe) i podszewki (włókna m-aramidowe 50% + modakrylowe 50%), firma TenCate (Holandia), (Ryc. 10c)



Ryc. 11. Produkty firmy TenCate (Holandia) [13]

a) CQ 703 (Quantum 3-D™ Light), b) CQ 700 (Aralite™ NP), c) CQ 8(Q-8™)

Fig. 11. The products of TenCate (Netherlands) [13]

a) CQ 703 (Quantum 3-D™ Light), b) CQ 700 (Aralite™ NP), c) CQ 8(Q-8™)

2.4. Podszewka

Podszewka to warstwa ubrania specjalnego znajdująca się najbliżej ciała użytkownika. Może ona stanowić oddzielną warstwę lub być połączona z warstwą termoizolacyjną.

Do produkcji podszewek stosuje się impregnowane tkaniny bawełniane, włókna aramidowe lub aramidowo-wiskozowe [5].

2.5. Modyfikacje warstw

Nieustannie trwają badania nad poprawą funkcjonalności ubrań specjalnych. Producenci odzieży ochronnej stale wprowadzają innowacje. Jedną z nich było np. wprowadzenie konstrukcji laminowanej, która charakteryzuje się większą przepuszczalnością pary wodnej. Składa się ona z dwóch warstw tekstylnych, tzw. laminatu i podszewki izolującej. Membrana, w tym przypadku klejona jest z warstwą zewnętrzną. Dodatkową zaletą jest duża odporność na ścieranie i rozdieranie, poprzez zwartą konstrukcję laminatu.

Konstrukcja linearna składa się z trzech warstw tekstyliów: warstwa zewnętrzna, warstwa izolacyjna, a pomiędzy nimi membrana.

podczas akcji interwencyjnych. W wysokich temperaturach bawełna zapalała się, natomiast skóra pękała. Niewystarczającym rozwiązaniem okazało się również nanoszenie substancji chemicznych na powierzchnię materiałów. Użytkowanie takiej odzieży w trudnych warunkach oraz pranie powodowały, że wraz z upływem czasu traciły swoje właściwości ochronne. Poza tym szczelna, zaadsorbowana warstwa uniemożliwia regulację cieplną i przepuszczalność pary wodnej, przyczyniając się do niskiego komfortu pracy [2].

Wraz z rozwojem technologii zastępowano włókna naturalne włóknami syntetycznymi. Jednym z głównych powodów był fakt, że włókna wykonane z polimerów wykazują nowe lub korzystniejsze właściwości niż włókna naturalne.

Metoda wytwarzania włókien syntetycznych z polimerów jest powszechnie stosowana

i ma wyjątkowe znaczenie. W pierwszym etapie następuje przeprowadzenie polimeru – który jest ciałem stałym – w stan ciekły. Może odbywać się to na dwa sposoby: przez rozpuszczenie polimeru w odpowiednim rozpuszczalniku lub przez stopienie polimeru (przędzenie ze

Tabela. 1.

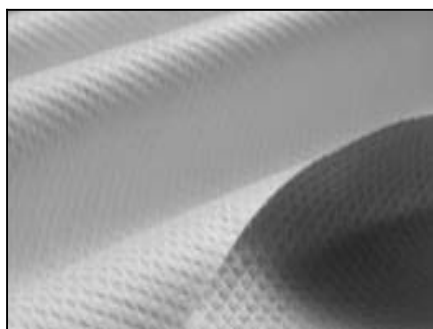
Porównanie konstrukcji laminatowej i liniowej

Table. 1.

The comparison between laminate and linear constructions

Konstrukcja laminatowa	Warstwa zewnętrzna		Membrana	Poduszka Powietrzna	Podszewka
Konstrukcja liniowa	Warstwa zewnętrzna	Poduszka Powietrzna	Membrana	Poduszka Powietrzna	Podszewka

Holenderska firma TenCate materiał (Ryc. 8) – łączący cechy warstwy termoizolacyjnej z włókien aramidowych i membrany (PTFE/PU) – o parametrze: Ret = 17.2 m²·Pa/W i gramaturze równej 140 g/m² [13].



Ryc. 12. Materiał TenCate Tecashield® – CX 140 firmy TenCate (Holandia) [13]

Fig. 12. TenCate Tecashield® – CX 140 fabric of TenCate (Netherlands) [13]

3. Materiały stosowane kiedyś i dziś

Pierwsze ubrania specjalne były wykonane z materiałów naturalnych, jednak nie zapewniały one odpowiedniej ochrony przed zagrożeniami mającymi miejsce

stopu). Przędzenie ze stopu to proces mniej skomplikowany, o większej wydajności oraz bardziej przyjazny dla środowiska, dlatego też jest częściej stosowany w przemyśle. Drugi etap polega na przepychaniu ciekłego polimeru przez kanaliki dyszy przędzalniczej, co prowadzi

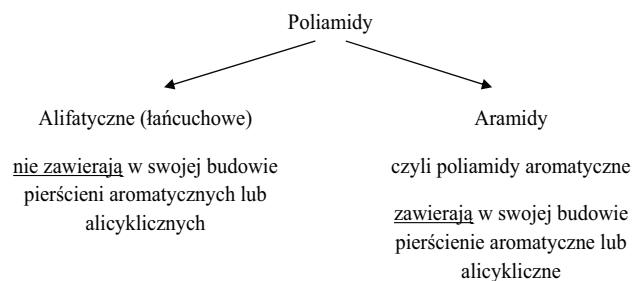
do uformowania włókna. Następnie powstałe włókno została się lub utwardza, a później poddaje dodatkowej obróbce. Należą do niej takie czynności jak pokrywanie powierzchni włókna odpowiednimi substancjami, rozciąganie lub stabilizacja [18].

3.1. Poliamidy aromatyczne - Aramidy

Poliamidy to grupa związków chemicznych, które znalazły zastosowanie przy produkcji odzieży ochronnej. Są to polimery, zawierające w swojej cząsteczce ugrupowania (–CO–NH–). W celu poprawy odporności cieplnej i mechanicznej poliamidu stosuje się modyfikacje, polegające na wprowadzeniu pierścienia benzenowego lub alicyklicznego (pierścienia utworzonego z atomów węgla połączonych za pomocą wiązań pojedynczych lub podwójnych, bez układu aromatycznego) do łańcucha poliamidowego. Otrzymany produkt to aramid [19].

Włókna aramidowe cieszą się dużym uznaniem, ze względu na następujące właściwości [20], [4]:

- są niepalne – niepalność nie jest następstwem obróbki chemicznej, lecz wynika ze struktury molekularnej, zatem materiał nie traci swoich właściwości ochronnych pod wpływem intensywnego użytkowania odzieży oraz prania
- nie topią się
- nie podtrzymują palenia
- ulegają karbonizacji – rozkład w temperaturze około 430°C
- mają mały ciężar właściwy (Nomex® – 1,38 g/cm³, Kevlar® – 1,44 g/cm³)
- są odporne na większość substancji chemicznych, z wyjątkiem mocnych kwasów
- organicznych i zasad
- posiadają dużą odporność mechaniczną
- charakteryzują się dużą wytrzymałością na rozciąganie – włókna Kevlar®
- są pięciokrotnie bardziej wytrzymałe od stali w przeliczeniu na jednostkę masy, dziesięciokrotnie niż aluminium, a także mocniejsze niż włókna szklane i węglowe
- mają małą kurczliwość cieplną
- charakteryzują się niskim współczynnikiem rozszerzalności cieplnej
- wykazują właściwości dielektryczne



Właściwości poliamidów aromatycznych zależą od izomerycznej budowy merów, sekwencji wiązań atomowych z pierścieniami benzenowymi oraz od budowy wiązań wodorowych.

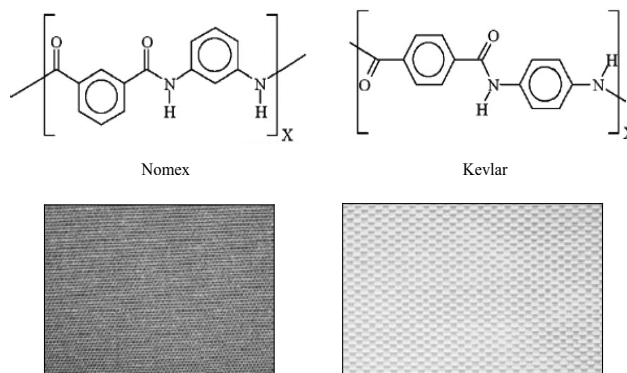
Komercyjnie stosowanymi aramidami są Nomex® i Kevlar®. Z chemicznego punktu widzenia są to izomery konstytucyjne (strukturalne), stąd nazwa:

- Nomex® - poli(m-fenylenoizoftalamid) lub poli(izoftalano-1,3-fenylo diamid)
- Kevlar® - poli(p-fenylenotereftalamid) lub poli(tereftalano-1,4-fenylo diamid)

Oznacza to, że związki te posiadają ten sam skład pierwiastkowy, lecz inną budowę przestrzenną. Skutkuje to różnicami we właściwościach fizykochemicznych takimi jak np. temperatura topnienia, czy gęstość.

Na Ryc. 13 przedstawiono wzory strukturalne omawianych aramidów. Różnica w budowie przestrzennej związku jest związana z położeniem podstawników w pierścieniu aromatycznym. Przedrostek (m-) w nazwie

związku oznacza odmianę izomeryczną meta, czyli cząsteczkę z podstawnikami w pozycjach 1 i 3. Natomiast przedrostek (p-), oznacza izomer para, czyli cząsteczkę z podstawnikami w pozycjach 1 i 4 [21].



Ryc. 13. Po lewej: wzór strukturalny Nomexu [21] oraz zdjęcie tkaniny Nomex® [22]

Po prawej: wzór strukturalny Kevlaru [21] oraz zdjęcie tkaniny Kevlar® [22]

Fig. 13. Left: Nomex structure [21] and the photograph of Nomex® fabric [22]
Right: Kevlar structure [21] and the photograph of Kevlar® fabric [22]

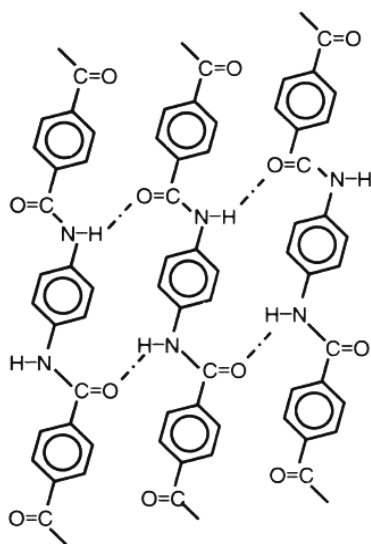
3.1.1. Nomex®

W celu pozyskania materiału zapewniającego niezawodną ochronę przed narażeniem na działanie otwartego płomienia – pod koniec lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku – rozpoczęto badania nad metodą syntezy włókien Nomex®. Około roku 1960, zespół badawczy z firmy DuPont opracował technologię produkcji włókien początkowo znanych pod nazwą handlową HT-1, a później opatentowane jako Nomex®. Pierwsze rozwiązania komercyjne pojawiły się na rynku w roku 1967.

Ubrania ochronne produkowane z włókien Nomex® doskonale sprawdzają się w warunkach pożaru, wyładowania elektrostatycznego, wybuchu substancji łatwopalnych, czy działania łuku elektrycznego. W kontakcie z wysokimi temperaturami, następuje absorpcja znacznej części energii cieplnej przez włókno, w wyniku czego włókno pęcznieje i zwiększając swoją objętość, tworzy barierę izolacyjną, która ogranicza wnikanie ciepła do wnętrza ubrania. Jednocześnie odprowadza wilgoć z powierzchni ciała użytkownika na zewnątrz i przepuszcza powietrze (zgodnie z normą ISO 9237) [23].

3.1.2. Kevlar®

Technologię wytwarzania włókien Kevlar® również opracowała firma DuPont. Od chwili wprowadzenia ich na rynek minęło ponad 40 lat, a włókna – dzięki swoim unikatowym właściwościom – w dalszym ciągu są powszechnie wykorzystywane przy projektowaniu produktów zapewniających bezpieczeństwo w różnorodnych niekorzystnych warunkach [24].



Ryc. 14. Budowa przestrzenna Kevlaru® [24]

Fig. 14. The structure of Kevlar® [24]

Budowa przestrzenna włókien Kevlaru® determinuje ich unikalne właściwości. Za wysoką wytrzymałość mechaniczną odpowiedzialna jest regularna struktura, która składa się ze sztywnych, liniowo rozmieszczonych łańcuchów polimerowych. Pomiedzy łańcuchami występują silne wiązania wodorowe, co powoduje, że struktura staje się uporządkowana, a ruchy segmentowe łańcuchów polimerowych są ograniczone.

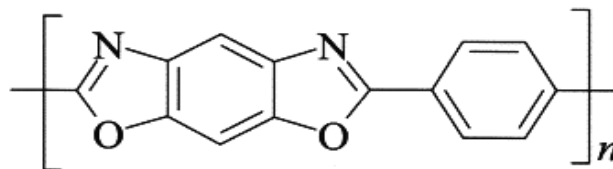
Występowanie w łańcuchu polimerowym stabilnych chemicznie pierścieni aromatycznych, sąsiadujących z wiązaniami amidowymi z jednej strony przynosi korzyść w postaci trwałości i odporności w wysokich temperaturach, ale z drugiej strony wraz ze wzrostem ilości pierścieni aromatycznych wzrasta trudność przy przetwarzaniu.

Pomimo licznych zalet, włókna z p-aramidów nie są pozbawione wad. Jedną z nich jest to, że pod wpływem promieniowania UV ulegają powolnej degradacji. Degradacja powoduje niekorzystne zmiany, takie jak: wzrost kruchości i sztywności włókien, pękanie łańcuchów polimerowych, co prowadzi do zmniejszenia wytrzymałości mechanicznej. Może występować również modyfikacja powierzchni, przejawiająca się powstawaniem spękań, zmianą barwy, zmatowieniem. Aby zredukować negatywny wpływ promieni UV stosuje się dodatki w postaci stabilizatorów. Ze względu na to, że włókna Kevlaru® ulegają karbonizacji (nie topią się, tylko rozkładają) nie można zastosować popularnej i przyjaznej środowisku metody polegającej na przedzeniu włókien ze stopu. Włókna wytwarza się z anizotropowego roztworu, gdzie rozpuszczalnikiem jest kwas siarkowy. W pierwszym etapie roztwór wtryskuje się do tzw. strefy powietrznej (ang. air gap), gdzie następuje formowanie się włókien o wysokiej orientacji cząsteczek. Drugim etapem jest schłodzenie poprzez wprowadzenie włókien do kąpieli koagulacyjnej (15%-roztworu kwasu siarkowego lub czystej wody) o temperaturze 5°C. Następnie poddaje się je obróbce: płukaniu, suszeniu w temperaturze 150°C pod naprężeniem 0,5 MPa

oraz rozciąganiu przez 1-2 sekundy w temperaturze około 400°C w atmosferze azotu [4], [18], [24].

3.2. PBO

Dalsze badania nad polimerami doprowadziły do prób syntezy, a następnie opracowania – w latach osiemdziesiątych ubiegłego wieku na Uniwersytecie Stanforda – technologii wytwarzania nowej grupy włókien syntetycznych. Mowa o włóknach poli(p-fenylene-2,6-benzobisoksazolu) – w skrócie PBO. Do produkcji wprowadziła je japońska firma Toyobo Corporation pod nazwą handlową Zylon® [25].



Ryc. 15. Wzór strukturalny włókna PBO [26]

Fig. 15. The structure of PBO [26]

Z chemicznego punktu widzenia łańcuchy PBO są sztywniejsze, a także nie posiadają grup amidowych ($-C(=O)-N<$), przez co przewyższają włókna aramidowe odpornością na działanie ognia (ulegają rozkładowi w temperaturze 650°C) oraz wytrzymałością na rozciąganie (dwukrotnie większa niż Kevlar®) [18], [27].

Wyróżnia się dwa rodzaje włókien Zylon®, AS (ang. as spun – jak przędza) oraz HM (ang. high modulus – wysokomodułowe) [27].

Produkcja włókien PBO odbywa się w warunkach pozbawionych światła ze względu na ich wrażliwość na działanie promieniowania UV-VIS (dużą wrażliwością na działanie światła w zakresie UV i światła widzialnego), produkowane włókna muszą być nawijane na bębny w ciemności. Włókna PBO wytwarzane w formie włókien (ciągłych lub ciętych), tkaniny, dzianiny, pulpy znajdują zastosowanie (jako półprodukty) m.in. w produkcji odzieży ochronnej, kamizelek kuloodpornych, hełmów, rękawic odpornych na przecięcia [25].

3.3. PBI

PBI to organiczne włókno opracowane pierwotnie w projekcie Apollo dla NASA ze względu na niepalne właściwości. Od 1983 r. zostały uznane za jedne z najlepszych materiałów, mających zastosowanie m.in. jako ochronna powłoka zewnętrzna [8].

Posiada charakterystyczne właściwości [8]:

niepalność (wskaźnik ograniczonego indeksu tlenowego LOI>41)

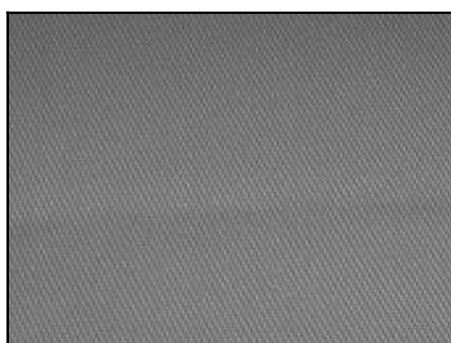
- nietopliwość
- niekureczliwość
- stabilność termiczna w wysokich temperaturach
- duża odporność chemiczna na działanie roztworów kwasów i zasad nieorganicznych i organicznych związków chemicznych
- zachowanie elastyczności pod działaniem płomienia

3.4. Tkaniny niepalne - Proban®

Marka Proban® jest własnością międzynarodowego przedsiębiorstwa przemysłowego Rhodia. Tkaniny Proban® mogą być produkowane z bawełny (100%), jako mieszanka bawełny (88%) z włóknami nylonowymi o wysokiej wytrzymałości na rozciąganie (12%) oraz bawełny z włóknami poliestrowymi. Taka kompozycja składników nie tylko chroni przed wysoką temperaturą, płomieniem i łukiem elektrycznym, ale również zapewnia:

- trwałość i odporność na ścieranie (włókna poliestrowe)
- przepuszczalność powietrza (bawełna)

Licencjonowanym producentem materiałów Proban® jest np. australijska firma Bruck [28].



Ryc. 16. Tkanina Proban® (typ FR-7A®, 100% bawełny) firmy Westex® (Kanada) [22]

Fig. 16. Proban fabric (type FR-7A®, 100% cotton) of Westex® (Canada) [22]

Przykładową tkaninę Proban® przedstawiono na Ryc.15. Jest ona miękka i wygodna w noszeniu. Spełnia wymagania norm państw UE, Ameryki oraz Wielkiej Brytanii.

3.5. Materiały wzmacniające

Jednym z najpopularniejszych materiałów wzmacniających jest kauczuk syntetyczny występujący pod nazwą handlową Neopren® jako produkt amerykańskiego koncernu DuPont. Do jego najważniejszych właściwości należy duża wytrzymałość mechaniczna oraz odporność na działanie ognia, związków chemicznych, promieniowania UV, ozonu i warunków atmosferycznych. Neopren® znajduje bardzo szerokie zastosowania w przemyśle, a jednym z nich jest odzież ochronna. Wodoodporne fragmenty materiału umieszcza się na ubraniu w miejscach, gdzie ekspozycja na ścieranie jest najwyższa, czyli m.in. na łokciach i mankietach kurtki, nogawek spodni, na klapach kieszeni oraz przy kołnierzu.

Jako tkaniny wzmacniające sprawdzają się również materiały z włókien p-aramidowych. Jako przykład komercyjnego zastosowania można podać produkt Ara-Shield® firmy TenCate (USA). Ze względu na większą elastyczność i mały ciężar stanowi on alternatywę dla stosowanych kiedyś lat ze skóry (80% lżejszy niż skóra). Ponadto – w przeciwieństwie do skóry – jest nieprzepuszczalny dla wody. Wykazuje bardzo wysoką odporność mechaniczną i termiczną. Jest odporny na ścieranie, a także na wszystkie popularne metody czyszczenia. Nie pęka pod wpływem wielokrotnego namakania i wysuszania. Dostępny jest w kilku kolorach (czarny, złoty, szary, żółty) [29].

Tabela 2.

Porównanie parametrów materiałów [21], [27], [36], [37]

Table 2.

Comparison of fabrics [21], [27], [36], [37]

Rodzaj włókien	Aramidowe				PBO		PBI	poliestrowe
Nazwa handlowa	Nomex® (m-aramid)	Kevlar® (p-aramid)	Twaron®	Technora®	ZYLON® AS	ZYLON® HM	PBI®	Poliester
Producent	DuPont	DuPont	Teijin Aramid	Teijin Aramid	Toyobo Cor- poration	Toyobo Cor- poration	PBI Per- formance Products	-
Gęstość [g·cm ⁻³]	1,38	1,44	1,45	1,39	1,54	1,56	1,4	1,38
Wytrzymałość na rozciąganie [GPa]	0,59 - 0,86	2,9 - 3,0	2,4 - 3,6	3,4	5,8	5,8	0,4	1,1
Moduł sprężystości przy rozciąganiu [GPa]	7,9 - 12,1	70 - 112	60 - 120	72	180	270	5,6	15
Wydłużenie przy zerwaniu [%]	20 - 45	2,4 - 3,6	2,2 - 4,4	4,6	3,5	2,5	30	25
Temperatura rozkładu [°C]	400 - 430	520 - 540	500	500	650	650	550	260
Absorpcja wody [%]	5,2	3,9	3,5 - 5,0	4,0	2,0	0,6	15	0,4
Wskaźnik ograniczo- nego indeksu tlenowego LOI	29	29	29	25	68	68	41	17

Wszystkie przedstawione materiały są ogólnodostępne na rynku światowym. Głównymi producentami tych materiałów na świecie są kraje anglojęzyczne. W krajach niemieckojęzycznych do produkcji ubrań strażackich stosuje się większość z tych materiałów. Najczęściej wykorzystuje się materiały z włókien aramidowych, PBO i PBI oraz membrany znanej na całym świecie firmy W. L. Gore & Associates [30], [31], [32], [33], [34], [35].

4. Podsumowanie

W niniejszej publikacji dowiedziono, że postęp technologiczny w kontekście ubrań strażackich w omawianych krajach miał analogiczny przebieg. Polegał on na stopniowym wypieraniu materiałów naturalnych, takich jak wełna, bawełna, czy skóra, tkaninami syntetycznymi – niepalnymi materiałami polimerowymi.

Najpopularniejszymi materiałami stosowanymi przy produkcji ubrań niezależnie od państwa są włókna aramidowe (Nomex® i Kevlar®), a następnie włókna PBO oraz PBI.

Wiedza na temat funkcjonalności i ergonomii ubrań ochronnych stosowanych w innych państwach świata pozwoli na opracowanie modelu, jeszcze lepszego pod względem użytkowym, niż to dzisiejsze.

Literatura:

1. Maklewska E., *Ubrania specjalne dla strażaków - właściwości i metody badawcze w świetle wymagań normy PN-EN 469:2008*, Techniczne Wyroby Włókiennicze 1/2009, Instytut Technologii Bezpieczeństwa MORATEX;
2. Artykuł sponsorowany przez firmę WL Gore & Associates Polska Sp. z o.o., *Punkt zapalny – odzież ochronna*, Magazyn EDURA nr 1/2008;
3. Materiały informacyjne firmy W. L. Gore & Associates;
4. Fejdyś M., Łandwajt M., *Włókna techniczne wzmacniające materiały kompozytowe*, Techniczne Wyroby Włókiennicze nr 1-2/2010, Instytut Technologii Bezpieczeństwa MORATEX;
5. Czarnecki R., *Ubranie specjalne*, Przegląd Pożarniczy 1/2011;
6. <http://www.pbiproducs.com> [22.10.2012];
7. <http://www.safetycomponents.com> [22.10.2012];
8. <http://www.pbiproducs.com/international/en/pbi-advantage/history/> [22.10.2012];
9. http://www.hainsworth.co.uk/downloads/110225_TI-TECHNOLOGY_Final.pdf;
10. <http://www.hainsworth.co.uk/technical-and-industrial-textiles/firefighters-ppe-fabric/hainsworth-titan> [22.10.2012];
11. <http://www.hainsworth.co.uk/technical-and-industrial-textiles/firefighters-ppe-fabric/hainsworth-atlas> [22.10.2012];
12. <http://www.hainsworth.co.uk/technical-and-industrial-textiles/firefighters-ppe-fabric/hainsworth-metis> [22.10.2012];
13. http://www.tencate.com/emea/Images/EN_CX14028-21238.pdf [22.10.2012];
14. Maklewska E., *Odzież „oddychająca” czy „paroprzepuszczalna”?*, Techniczne Wyroby Włókiennicze nr 3-4/2010, Instytut Technologii Bezpieczeństwa MORATEX;
15. <http://www.gore-tex.pl> [22.10.2012];
16. <http://innotexprotection.com/materials/barriers/> [22.10.2012];
17. <http://www.safetycomponents.com/Fire/ThermalLiners/> [22.10.2012];
18. Bartczak Z., Polimerowe materiały orientowane i „superwytrzymałe”, Skróty artykułu z kwartalnika firmy Sinograf, przygotowany na zlecenie Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych PAN, 24.09.2010;
19. Buza D., Sas W., Szczeciński P., *Chemia organiczna. Kurs podstawowy*, OWPW 2006;
20. <http://www.dupont.com> [22.10.2012];
21. Garcia J. M., Garcia F.C., Serna F., J. L. de la Peña, *High-performance aromatic polyamides*, Progress in Polymer Science 35 (2010) 623–686, 25.09.2009;
22. <http://www.safetyclothingcanada.com/ISR%20Catalogue%202012.pdf> [22.10.2012];
23. <http://www.nakedwhiz.com/gasketsafety/nomex-technicalguide.pdf> [22.10.2012];
24. http://www2.dupont.com/Kevlar/en_US/assets/downloads/KEVLAR_Technical_Guide.pdf
25. Wesołowska M., Delczyk-Olejniczak B., *Włókna w balistyce - dziś i jutro*, Techniczne Wyroby Włókiennicze nr 1-2/2011, Instytut Technologii Bezpieczeństwa MORATEX;
26. Saito Y., Imaizumi M., Ban K., Tahara A., Wada H., Jinno K., *Development of miniaturized sample preparation with fibrous extraction media*, Journal of Chromatography A, 30.01.2004, Strony 27–32;
27. <http://www.toyobo-global.com> [22.10.2012];
28. <http://bruckgroup.com/textile-technology/proban-fabrics> [22.10.2012];
29. <http://www.tencate.com/2658/TenCate/TenCate-Protective-Fabrics/Region-North-America/en/Home/en-Home-Products/TenCate-Ara-shield> [22.10.2012];
30. <http://www.rosenbauer.com> [22.10.2012];
31. <http://www.texport.at> [22.10.2012];
32. <http://www.alwit.de/> [22.10.2012];
33. <http://s-gard.de> [22.10.2012];
34. <http://www.growag.ch> [22.10.2012];
35. www.schlauchmarty.ch [22.10.2012];
36. <http://www.teijinaramid.com/aramids/twaron/> [22.10.2012];
37. Jacobs M. J. N., Van Dingenen J. L. J., *Ballistic protection mechanisms in personal armour*, Journal of Materials Science 36 (2001) 3137 – 3142, DSM High Performance Fibers, Eisterweg 3, 6422 PN Heerlen, The Netherlands.

bryg. mgr inż. Dariusz Czerwienko

absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, wieloletni pracownik CNBOP-PIB, kierownik i wykonawca wielu projektów związanych z techniką pożarniczą, autor wielu publikacji i monografii. Obecnie główny specjalista w KG PSP – kierownik Zespołu Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpowozarowych CNBOP-PIB.

mgr inż. Karolina Lemańska

absolwentka kierunku Technologia Chemiczna na Wydziale Chemicznym Politechniki Warszawskiej. Obecnie

pracuje w Zespole Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpowozarowych w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowozarowej-PIB.

mgr inż. Łukasz Pastuszka

absolwent Wydziału Transportu Politechniki Radomskiej. Kilkuletni pracownik CNBOP-PIB, kierownik i wykonawca projektów związanych z techniką pożarniczą. Obecnie zastępca kierownika Zespołu Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpowozarowych CNBOP-PIB.

st. kpt. mgr inż. **Wojciech KLAPSA**
 mł. bryg. mgr inż. **Daniel MAŁOZIĘĆ**
 lic. **Sylwester SUCHECKI**
 Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości
 CNBOP-PIB

BADANIA REAKCJI NA OGIEŃ DLA KABLI ELEKTRYCZNYCH – PRZEGLĄD METOD BADAWCZYCH¹

Reaction to fire tests on electric cables - Overview of testing methods

Streszczenie

W niniejszym artykule przedstawione zostały podstawowe informacje na temat klasyfikacji reakcji na ogień kabli elektrycznych oraz metody badawcze wykorzystywane do przeprowadzenia prawidłowego procesu klasyfikacyjnego. Opisane metody badawcze odpowiadają warunkom pierwszej fazy rozwoju pożaru do momentu ewentualnego rozgorzenia oraz symulują warunki rzeczywistego pożaru. Przedstawione zostały kryteria klasyfikacji wraz z dodatkową klasyfikacją ze względu na wydzielanie się dymu oraz kapiących kropli i/lub cząsteczek. Celem przedstawionych metod badawczych oraz uregulowań prawnych (w trakcie notyfikacji) jest zapewnienie jednolitego systemu klasyfikacji kabli elektrycznych na podstawie wyników badań doświadczalnych.

Summary

This paper presents some basic information on the reaction to fire classification of electric cables and testing methods used to perform a proper classification process. These methods represent the conditions of first phase of fire development up to possible flashover and also simulate real fire conditions. It shows the classification criteria with additional classification due to the emission of smoke and dropping droplets and/or particles. The aim of such testing methods and regulations (under notification) is to provide an classification uniform system of electric cables based on experimental results.

Słowa kluczowe: kable elektryczne, reakcja na ogień, klasyfikacja ogniowa kabli elektrycznych, euroklasy;

Keywords: electric cables, reaction to fire, fire classification of electric cables, euroclasses;

Właściwości pożarowe materiałów i wyrobów budowlanych stosowanych powszechnie w budownictwie odgrywają bardzo duży wpływ na zapewnienie bezpieczeństwa ludziom, umożliwienie skutecznej ewakuacji oraz zmniejszenie prędkości rozprzestrzeniania się pożaru. Pożar w budynku może rozprzestrzeniać się różnymi drogami poprzez wykorzystanie wszystkich dostępnych materiałów palnych. Szybkość rozwoju pożaru będzie zatem wymiennie wpływała na wielkość powstałych strat materialnych oraz na zagrożenie dla przebywających osób w budynku. Nowoczesne budynki są coraz częściej wyposażane w niezliczoną ilość rozwiązań technicznych, wymagających zapewnienia zasilania w energię elektryczną oraz komunikacji między nimi. Do tego celu wykorzystuje się kilometry kabli elektrycznych o zróżnicowanych

właściwościach pożarowych. Dlatego też wszelkie czynności odnoszące się do ochrony przeciwpożarowej należy traktować poważnie, zarówno w fazie projektowania budynku, jak również na etapie doboru odpowiednich materiałów wykończeniowych.

W zakresie klasyfikacji reakcji na ogień dla kabli elektrycznych, obecnie obowiązuje Decyzja Komisji Europejskiej 2006/751/WE [1] wykonująca Dyrektywę Rady 89/106/EEG, w której przedstawiono kryteria klasyfikacji oraz metody badawcze. Aby spełnić wymóg zawarty w tej decyzji, podjęte zostały działania przez Komitet Techniczny CEN/TC 127 „Bezpieczeństwo pożarowe budynków”, zmierzające do opracowania projektu standardu europejskiego określającego zharmonizowane procedury klasyfikacji reakcji na ogień przewodów elektrycznych, tj. prEN 13501-6:2011(E) - Fire classification of construction products and building elements, Part 6: Classification using data from reaction to fire tests on electric cables. Na mocy Decyzji Komisji [1], której wymagania zostały następnie

¹ Wkład autorów w powstanie artykułu: W. Klapsa – pomysł oraz napisanie części tekstu; D. Małozieć – przegląd literatury oraz korekta; S. Suchecki – napisanie części materiału.

wdrożone do normy klasyfikacyjnej [2] stosowany jest system tzw. Euroklas, charakteryzujący kable elektryczne pod względem reakcji na ogień, jako klasy: Aca, B1ca, B2ca, Cca, Dca, Eca, Fca, wraz z kryteriami dodatkowymi uwzględniającymi wydzielanie dymu oraz występowanie płonących kropli.

Zanim jednak Komisja Europejska podjęła decyzję dotyczącą wdrożenia odpowiedniej klasyfikacji opartej na Euroklasach dla kabli elektrycznych i w konsekwencji powstała ww. norma [2], powstał jej projekt, w którym zaproponowano odpowiednie badania reakcji na ogień

kabli elektrycznych. Dotąd nie istniały w Europie metody badawcze pozwalające rozróżnić kable o dobrych właściwościach odporności na ogień od tych o bardzo dobrych właściwościach, używanych w instalacjach wysokiego ryzyka lub instalacjach, w których stosuje się duże ilości kabli na małej powierzchni (np. telekomunikacyjne). Wcześniej, badania były oparte o metody badawcze opisane w normach z serii PN-EN 60332, przy czym część 1 [3] oraz 2 [4] dotyczyła badań pojedynczego przewodu natomiast część 3 [5] odnosiła się do wiązek kabli. Kryteria klasyfikacji przyjęte w tych metodach badawczych

Tabela 1.

Klasy reakcji na ogień dla kabli elektrycznych według prEN 13501-6:2011 [2]

Table 1.

Classes of reaction-to-fire for electric cables according to prEN 13501-6:2011 [2]

Klasa Class	Metody badania Testing method(s)	Kryteria klasyfikacji Classification criteria	Klasyfikacja dodatkowa Additional classification
A _{ca}	EN ISO 1716	PCS ≤ 2,0 MJ/kg (1)	-
B1 _{ca}	EN 50399 (30 kW źródło ognia) i	FS ≤ 1.75 m i THR1200s ≤ 10 MJ i Maksymalne HRR ≤ 20 kW i FIGRA ≤ 120 Ws-1	Produkcja dymu ^(2,5) i płonące kropelki/cząsteczki ⁽³⁾ oraz kwasowość ^(4,8)
	EN 60332-1-2	H ≤ 425 mm	
B2 _{ca}	EN 50399 (20,5 kW źródło ognia) i	FS ≤ 1.5 m i THR _{1200s} ≤ 15 MJ i Maksymalne HRR ≤ 30 kW i FIGRA ≤ 150 Ws-1	Produkcja dymu ^(2,6) i płonące kropelki/cząsteczki ⁽³⁾ oraz kwasowość ^(4,8)
	EN 60332-1-2	H ≤ 425 mm	
C _{ca}	EN 50399 (20,5 kW źródło ognia) i	FS ≤ 2,0 m i THR _{1200s} ≤ 30 MJ i Maksymalne HRR ≤ 60 kW i FIGRA ≤ 300 Ws-1	Produkcja dymu ^(2,6) i płonące kropelki/cząsteczki ⁽³⁾ oraz kwasowość ^(4,8)
		H ≤ 425 mm	
D _{ca}	EN 50399 (20,5 kW źródło ognia) i	THR _{1200s} ≤ 70 MJ i Maksymalne HRR ≤ 400 kW i FIGRA ≤ 1300 Ws ⁻¹	Produkcja dymu ^(2,6) i płonące kropelki/cząsteczki ⁽³⁾ oraz kwasowość ^(4,8)
	EN 60332-1-2	H ≤ 425 mm	
E _{ca}	EN 60332-1-2	H ≤ 425 mm	-
F _{ca}	Odporność nieokreślona		
(1) Dla wyrobu jako całości, z wyłączeniem materiałów metalicznych, oraz dla wszelkich jego komponentów zewnętrznych (np. osłon). (2) s1 = TSP1200 ≤ 50 m² <i>and</i> Peak SPR ≤ 0.25 m²/s s1a = s1 oraz przepuszczalność zgodna z EN 61034-2 ≥ 80% s1b = s1 oraz przepuszczalność zgodna z EN 61034-2 ≥ 60% < 80% s2 = TSP₁₂₀₀ ≤ 400 m² oraz maksymalne SPR ≤ 1.5 m²/s s3 = ani s1 ani s2 (3) d0 = bez płonących kropelek/cząsteczek 1200 s; d1 = bez płonących kropelek/cząsteczek utrzymujących się dłużej niż 10 s w ciągu 1200 s; d2 = ani d0 ani d1. (4) EN 50267-2-3: a1 = przewodność < 2.5 µS/mm oraz pH > 4,3; a2 = przewodność < 10 µS/mm oraz pH > 4,3; a3 = ani a1 ani a2. Brak deklaracji = odporność nieokreślona (5) Klasa dymu określona dla klasy kabli B1_{ca} musi zostać określona na podstawie EN 50399 (30 kW źródła ognia) (6) Klasa dymu określona dla klasy kabli B2_{ca}, C_{ca}, D_{ca} musi zostać określona na podstawie EN 50399 (20,5 kW źródła ognia)			

nie odzwierciedlają w pełni reakcji kabli elektrycznych na ogień. Podjęte zostały zatem odpowiednie działania mające na celu opracowanie metod badawczych pozwalających na zastosowanie klasyfikacji opartej na Euroklasach, którą z powodzeniem stosowano już dla innych materiałów i wyrobów budowlanych.

W ramach międzynarodowego projektu badawczego zawiązane zostało konsorcjum naukowe pod nazwą FIPEC, tzn. Fire Performance of Electric Cables [6], w skład którego weszły takie ośrodki badawcze jak Interscience Communications Ltd. (UK), Centro Elettrotecnico Sperimentale Italiano (IT), Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut (SE) oraz Institut Scientifique de Service Public (BE). W ramach przedmiotowego projektu badawczego przeprowadzono prawie 2000 eksperymentów. Scenariusze do testów w skali rzeczywistej (tzw. „real-scale”) oraz w pełnej skali (tzw. „full-scale”) oparte były o wytyczne zawarte w normie PN-EN 60332-3 [5]. W grudniu 1999r. sporządzono syntetyczny raport z prowadzonych badań [6], w którym przedstawione zostały wyniki oraz opisane metody badawcze. Celem tego projektu badawczego było:

- opracowanie lub doskonalenie metod badawczych dla kabli elektrycznych wykorzystywanych w istniejących standardach IEC;
- opracowanie lub dostosowanie badania z wykorzystaniem kalorymetru stożkowego w odniesieniu do badań w małej skali;
- opracowanie zależności numerycznych do modelowania rozprzestrzeniania się ognia po kablach elektrycznych, bazując na wynikach otrzymanych z testów w małej skali;
- opracowanie podstawowych modeli obliczeniowych opisujących propagację ognia po kablach elektrycznych w warunkach rzeczywistych dla kluczowych konstrukcji, opartych na wynikach testów w małej skali;
- badanie przydatności opracowanych modeli poprzez porównanie wyników z obliczeń z wynikami otrzymanych pożarów rzeczywistych.

Badania doświadczalne opierały się na czterech wariantach skali badań, począwszy od próbek małych materiałów do instalacji kablowych w rzeczywistej skali. Wariantry badawcze to:

- test w rzeczywistej skali, wykonany na odwzorowanej instalacji kabli elektrycznych;
- standardowy test w pełnej skali, przeprowadzony na korytkach kablowych (w oparciu o normę IEC 60332-3 [5]);
- test w małej skali dla kabli, wykonany w kalorymetrze stożkowym;
- test w małej skali dla materiałów, wykonany w kalorymetrze stożkowym.

Przeprowadzonych zostało prawie 70 testów w rzeczywistej skali, 225 w pełnej skali i ponad 1500 testów w stożku kalorymetrycznym. W tym celu zbudowane zostały sta-

nowiska badawcze odzwierciedlające rzeczywiste warunki instalacji kablowych w budynkach. Testy w skali rzeczywistej były punktem odniesienia do pozostałych testów. Dla testów w pełnej skali zastosowano elementy z normy PN-EN 60332-3 [5]. Aparatura stosowana w tym standardzie pozwala na pomiar wydzielanego ciepła oraz szybkości emisji dymu. Te dwa parametry stanowią podstawę w ocenie rozwoju pożaru po kablach elektrycznych.



Ryc. 1. Przykład stanowiska do badań w skali rzeczywistej w ułożeniu poziomym i pionowym kabli [3]

Fig. 1. Example of horizontal and vertical real-scale test [3]

W projekcie FIPEC opracowano metody badań w pełnej skali oparte o normę IEC 60332-3 [5]. Prace te pokazały, że opracowane procedury dają wysoką powtarzalność i odtwarzalność wyników, a same rezultaty prowadzonych testów określają dobrą zbieżność z wynikami badań w rzeczywistej skali, zarówno w wariantach ustawienia kabli w poziomie, jak i w pionie. Jednoznacznie wykazano, że największy wpływ na wyniki ma sposób ułożenia badanych kabli, a opracowana metoda jest satysfakcjonująca do poziomego ułożenia kabli, jak również pionowego.

Na bazie doświadczeń FIPEC opracowano projekty normowych badań reakcji na ogień dla kabli elektrycznych. W oparciu o metodę FIPEC20 scenariusz 1, opracowano normę EN 50399-2-1:2003, natomiast dla FIPEC20 scenariusz 2, normę EN 50399-2-2:2003. Scenariusz 1 dotyczył badania wiązek kabli w poziomie, natomiast scenariusz 2 dotyczył badania wiązek kabli w pionie. Oba scenariusze zakładają najgorsze warunki tj. obudowa wiązek kablowych ze wszystkich stron.

Dalsze badania prowadzone nad klasyfikacją w zakresie reakcji na ogień kabli elektrycznych oraz jej włączeniem do wymagań Dyrektywy o Wyrobach Budowlanych (CPD) doprowadziły do wydania wspomnianej na wstępie Decyzji Komisji [1], natomiast metoda badawcza została w konsekwencji wdrożona do nowego standardu PN-EN 50399:2011 [7].

Metody badawcze wykorzystywane do określania klas reakcji na ogień dla kabli elektrycznych, oparto na symulacji warunków rozwoju pożaru w budynku np. szachtach instalacyjnych. Warunki w dobranych testach mają za zadanie odzwierciedlać rzeczywiste warunki pożaru. Pod-

czas pożaru w zamkniętym pomieszczeniu, można wyróżnić następujące cztery główne etapy jego rozwoju, tj.: zainicjowanie pożaru, etap rozwoju pożaru, etap rozgorzenia oraz wygaszanie. Te etapy mają odniesienie w poszczególnych etapach spalania i rozprzestrzeniania się płomieni na powierzchni materiału budowlanego w określonych warunkach badawczych.

Podczas testowego spalania próbki można zaobserwować wszystkie fazy przebiegu pożaru, ze szczególnym uwzględnieniem trzech pierwszych, czyli:

- etap pierwszy – zapoczątkowanie pożaru poprzez przyłożenie płomienia z palnika testowego do powierzchni próbki,
- etap drugi – odpowiadający scenariuszowi rozwoju pożaru mogącego doprowadzić do wystąpienia zjawiska rozgorzenia rozumianego, jako moment przejścia do pożaru rozwiniętego,
- etap trzeci – pożar w pełni rozwinięty. W momencie tym, następuje szybkie zużywanie tlenu, czyli intensywne zmniejszanie jego stężenia w atmosferze, co ostatecznie doprowadza do zmniejszenia szybkości procesu spalania,
- etap czwarty – w którym obserwuje się zmniejszenie powstawania produktów spalania. Towarzyszy temu zmniejszenie szybkości wydzielania ciepła i obniżająca się temperatura pożaru.

Duże znaczenie ma tu właściwy dobór źródła inicjacji spalania, które zostało dobrane w taki sposób, aby w początkowych fazach rozwoju pożaru zaostriżyć warunki spalania. Taki sposób badania pozwala na ocenę materiału pod względem pożarowym we wczesnych stadiach rozwoju pożaru. Badana jest zdolność materiału do zapłonu oraz dalszy proces rozprzestrzeniania płomienia. W dalszej kolejności intensywność i zasięg płomienia, wydzielanie ciepła już od drugiego etapu przebiegu pożaru i emisja wytwarzającego się dymu oraz wystąpienie płonących kropli. Płonące krople i cząsteczki w warunkach rzeczywistego pożaru wpływają na szybsze rozprzestrzenianie się płomienia.

Na podstawie prPN-EN 13501-6 [2], klasy reakcji na ogień dla kabli elektrycznych, bada się zgodnie z następującymi normami:

- W celu uzyskania klasy Aca: PN-EN ISO 1716 [8].
- W celu uzyskania klasy B1ca: PN-EN 60332-1-2 [4].

W przypadku pozytywnej próby w ww. badaniu przeprowadza się badanie według PN-EN 50399 [7]. W celu ustalenia dodatkowej klasyfikacji stosuje się normę PN-EN 61034-2 [9] oraz PN-EN 50267-2-3 [10].

- W celu uzyskania klas B2ca, Cca, Dca: PN-EN 60332-1-2 [4]

W przypadku pozytywnej próby w ww. badaniu przeprowadza się badanie wg PN-EN 50399 [7] z zastosowaniem źródła płomienia 20,5 kW oraz dla określenia dodatkowej klasyfikacji PN-EN 61034-2 [9] i PN-EN 50267-2-3 [10].

- W celu uzyskania klasy Eca:

PN-EN 60332-1-2

Według standardu PN-EN ISO 1716 [8] badania wykonywane są dla wyrobów praktycznie niepalnych np. wykonanych z materiałów ceramicznych. Badanie to pozwala określać ciepło spalania wyrobów i materiałów budowlanych. Aby uzyskać wiarygodne wyniki należy przeprowadzić badanie w warunkach całkowitego spalania próbki. W metodzie tej określa się dwie wartości ciepła spalania, tj. ciepło spalania brutto (QPCS) dla danego materiału oraz ciepło spalania netto (QPCI), które przelicza się przy wykorzystaniu tej metody. Pod pojęciem ciepła spalania (ciepło spalania brutto) jest rozumiana ilość energii cieplnej wydzielającej się podczas całkowitego spalania jednostki masy materiału, wyrażonej w MJ/kg. Ciepło spalania netto, inaczej nazywane wartością opałową jest rozumiane, jako ilość ciepła wydzielającego się podczas całkowitego spalania jednostki masy paliwa. Ciepło spalania brutto przy stałym ciśnieniu oblicza się z następującej zależności:

$$QPCS_i = \frac{E \cdot (T_m - T_i + C_i) - b_i}{m_i}$$

gdzie:

QPCS_i - ciepło spalania brutto wyznaczone dla i-tej próbki [MJ/kg],

E - równoważnik wodny kalorymetru, bomby, ich wyposażenia i wody wprowadzonej do bomby [MJ/kg],

T_i - temperatura początkowa w [K],

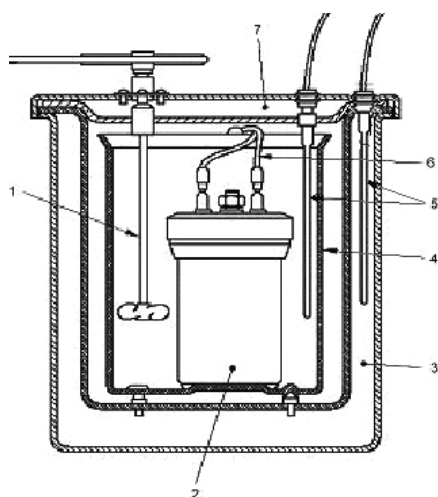
T_m - temperatura maksymalna w [K],

C_i - poprawka temperatury dla i-tej badanej próbki,

b_i - poprawka uwzględniająca ciepło spalania „paliw” używanych w badaniach, na przykład drutu zapalającego [MJ],

m_i - masa „paliwa” [kg].

Na to stanowisko badawcze składa się przede wszystkim termostat wodny, układ kalorymetryczny z bombą kalorymetryczną oraz komputerowy układ pomiaru i rejestracji temperatury. Proces spalania niewielkiej ilości próbki jest przeprowadzany w bombie kalorymetrycznej, wstawianej do wnętrza naczynia kalorymetrycznego napełnionego wodą destylowaną. Zapłon realizowany jest poprzez iskrę elektryczną, „przeskakującą” przez drucik oporowy, podłączony do elektrod i jednocześnie przeprowadzony przez próbkę. Po zainicjowaniu reakcji, proces spalania zachodzi coraz intensywniej, co objawia się wzrostem temperatury w naczyniu kalorymetrycznym, a tym samym emisją na zewnątrz wydzielającego się ciepła aż do osiągnięcia maksimum temperatury reakcji w obszarze przeprowadzanego procesu. Oznacza to, że etap samego procesu spalania dobiegł końca. Ostatecznie ciepło spalania jest obliczane na podstawie bilansu cieplnego pomiędzy ciepłem emitowanym z naczynia kalorymetrycznego, a ciepłem przyjmowanym przez płaszcz kalorymetryczny. W metodzie tej jest ważny zarówno pomiar i rejestracja temperatury w naczyniu kalorymetrycznym, jak i w zewnętrznym płaszczu wodnym.



1. Mieszadło / Stirrer
2. Bomba kalorymetryczna / Heat of combustion
3. Płaszcz wodny / Water jacket
4. Naczynie kalorymetryczne / Calorimetric vessel
5. Termometry / Thermometers
6. Druty zapłonowe / Ignition wires
7. Pokrywa płaszcza / Cover jacket

Ryc. 2 Schemat stanowiska badawczego według PN-EN ISO 1716 [8]
Fig. 2 A scheme of testing apparatus according to PN-EN ISO 1716 [8]

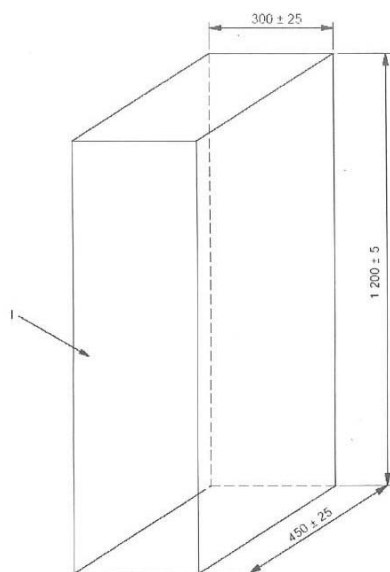
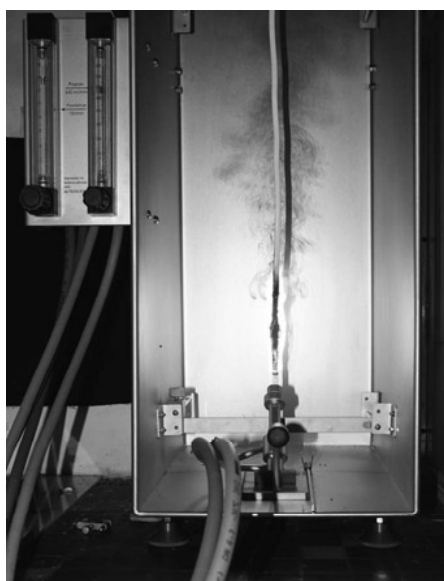
Według standardu PN-EN 60332-1-2 [4] badania przeprowadza się dla pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla o długości 600 ± 25 mm. Próbkę powinna być kondycjonowana w temperaturze 23 ± 5 °C przez 16 h przy wilgotności 50 ± 20 %. Aparaturę do badania opisano w PN-EN 60332-1-1 [3]. Źródło zapłonu stanowi palnik propanowy według wymagań PN-EN IEC 60695-11-2 [11], zasilany propanem technicznym o czystości 95%. Stanowisko to składa się z osłony metalowej o wysokości 1200 mm, szerokości 300 mm i głębokości 450 mm, otwartej tylko z przodu.

Próbkę należy przymocować do dwóch poziomych uchwytów za pomocą drutu miedzianego, odległość między krawędziami uchwytów powinna wynosić 550 ± 5 mm. Dolny koniec próbki powinien znajdować się w odległości ok. 50 mm od podstawy obudowy. Palnik należy tak ustawić aby wierzchołek wewnętrznego niebieskiego stożka dotykał powierzchni próbki w odległości 475 ± 5 mm od

dolnej krawędzi górnego poziomego uchwytu, a sam palnik powinien być ustawiony pod kątem 450 ± 20 do pionowej osi próbki. Czas przyłożenia próbki zależy od średnicy próbki. W badaniu tym dokonuje się pomiaru wysokości H zniszczenia (zwęglenia) próbki.

W standardzie PN-EN 50399 [7] określono aparaturę i metody badawcze do oceny pionowego rozprzestrzeniania się płomienia, wydzielania ciepła, wytwarzania dymu oraz powstawania płonących kropli/cząstek z pionowo zamontowanych wiązek przewodów i kabli elektrycznych lub światłowodowych, w określonych warunkach. Dla potrzeb niniejszej normy termin „przewody elektryczne” dotyczy wszystkich przewodów o izolacji nałożonej na metalową żyłę i służących do przesyłania energii lub sygnałów.

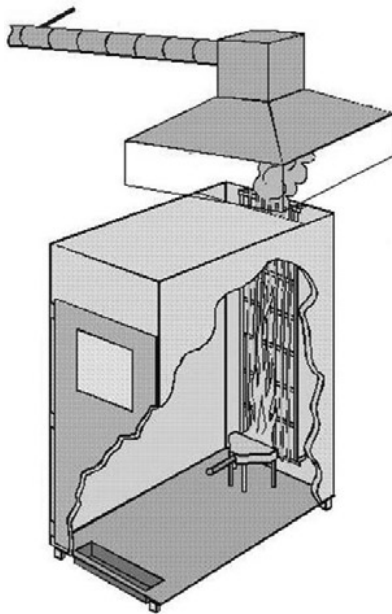
Gazy palne są zbierane w zbiorniku powyżej komory badawczej i przesyłane systemem wyciągowym, który umożliwia pomiar ilości wydzielonego ciepła i wytworzo-



Ryc. 3 Stanowisko badawcze według PN-EN 60332-1-2:2010 wykorzystywane w CNBOP-PIB [4]
Fig. 3 Testing apparatus according to PN-EN 60332-1-2:2010 used in CNBOP-PIB [4]

nego dymu. Podano procedury do badań kwalifikacyjnych typu kabli i przewodów dla klasyfikacji w Euroklasach: B1ca, B2ca, Cca oraz Dca. Instalacja kabli na drabince probierczej i przepływ powietrza przez komorę badawczą są zgodne z wymaganiami Decyzji Komisji 2006/751/EC, której odzwierciedleniem są wymagania zawarte w niniejszej normie. Aparatura opisana w niniejszej normie powinna być zgodna z aparaturą opisaną EN 60332-3-10 [5].

Komora badawcza powinna mieć szerokość 1000 ± 100 mm, głębokość 2000 ± 100 mm oraz wysokość 4000 ± 100 mm. Podłoga komory powinna być powyżej gruntu, na której jest posadowiona. W podłodze komory powinien znajdować się wlot powietrza o wymiarach 800 ± 20 mm x 400 ± 10 mm, usytuowany w odległości 150 ± 10 mm od przedniej ściany. Drabina ze stali do mocowania wiązki kabli ma szerokość 500 ± 5 mm lub 800 ± 10 mm i jest oddalona od tylnej ściany komory o 150 ± 10 mm, a dolny szczebel drabiny od podłogi jest w odległości 400 ± 5 mm. Źródłem zapłonu powinien być palnik zasilany propanem technicznym o czystości 95 %. Palnik zawiera 242 otwory o średnicy 1,32 mm w odległości 3,2 mm od środków otworów. Otwory są ustawione w trzech rzędach po 81, 80 i 81 otworów tworząc tablicę $257 \times 4,5$ mm. Palnik powinien być ustawiony w odległości 75 ± 5 mm od powierzchni próbki i 600 ± 5 mm nad podłogą oraz znajdować się pomiędzy dwoma szczebelkami drabiny.



Ryc. 4 Schemat stanowiska wg PN-EN 50399 [12]
Fig. 4 Stand for testing according to PN-EN 50399 [12]

Prędkość wlotu powietrza do komory wynosi 8000 ± 400 l/min. Wlot powietrza powinien odbywać się przez skrzynkę zamontowaną bezpośrednio pod komorą o wymiarach zbliżonych do otworu wlotowego. Głębokość skrzynki wynosi 150 ± 10 mm. Powietrze do skrzynki powinno być doprowadzone za pomocą prostokątnego kanału o wymiarach 300 ± 10 mm x 80 ± 5 mm i długości min. 800 mm. Nad wylotem powietrza z komory badawczej należy umieścić okap o minimalnej długości 1,5 m

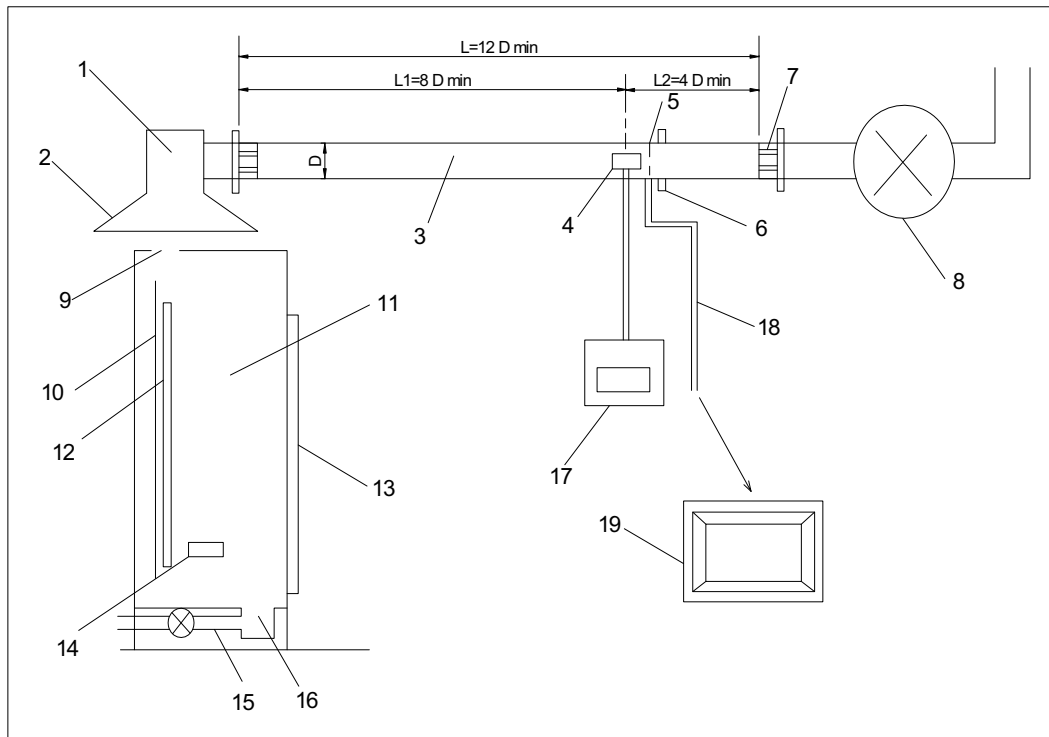
i szerokości 1 m. Odległość podstawy wyciągu do komory wynosi od 200 mm do 400 mm. Wydajność wyciągu powinna wynosić 1 m³/s, przy normalnym ciśnieniu i temperaturze 25°C. W przypadku kabli silnie dymiących lub wydzielających toksyczne gazy, wydajność można zwiększyć do 1,5 m³/s. Nad okapem znajduje się komora umożliwiająca połączenie z kanałem wentylacyjnym.

Średnica D kanału wentylacyjnego mieści się w przedziale 250-400 mm. Długość kanału wynosi min $12 \times D$ tak, aby ustalony przepływ powietrza był w punkcie pomiaru. Na końcu kanału powinien być umieszczony wentylator o min. wydajności 1,5 m³/s. Na stanowisku badawczym należy dokonywać pomiaru następujących parametrów:

- zużycie tlenu;
- produkcja CO₂;
- przepływ w kanale wylotowym;
- produkcja dymu.

Aparatura pomiarowa powinna być zamontowana w kanale wentylacyjnym, zgodnie z Rysunkiem 5. Badanie powinno być wykonywane przy temperaturze otoczenia komory 5-40°C. Próbkę powinny być kondycjonowane w $20 \pm 10^\circ\text{C}$ przez 16 godzin. Warunki montażu i mocowania zostały ściśle określone i uzależnione od średnicy kabla oraz klasy, dla której przeprowadzane jest badanie. Ilość kabli w wiązce dobiera się według specjalnych wzorów. Źródło zapłonu przy badaniu klas (B2_{ca}, C_{ca}, D_{ca}) wynosi HRR=20,5 kW. Dodatkowo, przy badaniu kabli aspirujących do klasy B1ca należy na tylnej stronie korytka do prowadzenia kabli należy zamontować niepalną płytę z krzemianu wapnia o gęstości 870 ± 50 kg/m³ oraz grubości 11 ± 2 mm oraz zastosować źródło zapłonu o HRR=30 kW.

Zgodnie z PN-EN 61034-2:2010 [9] badania przeprowadza się w komorze badawczej o objętości 27 m³ (3x3x3 m) i dokonuje się pomiaru gęstości dymu powstającego podczas spalania przewodów elektrycznych. Pomiar gęstości dymu został wyrażony jako minimalna wartość transmisji światła. Kondycjonowane próbki o długości 1 m przez 16 godzin w temperaturze 23°C poddaje się spalaniu. Do badania dobiera się odpowiednią liczbę odcinków przewodu uzależnioną od średnicy zewnętrznej przewodu. Przewody o średnicy mniejszej niż 5 mm i większej niż 1 mm układa się w wiązki. Liczba wiązek jest zależna od średnicy zewnętrznej i oblicza się ją na podstawie podanego w normie wzoru. poszczególne próbki lub ich wiązki należy związać razem w odległości 300 mm od obu końców i przymocować do podstawy drutem. Tak przygotowane próbki układa się poziomo, jedna obok drugiej nad środkiem korytka, tak aby odległość między dolną powierzchnią próbki a dnem korytka wynosiła 150 mm. Przed rozpoczęciem badania temperatura w komorze powinna wynosić $25 \pm 5^\circ\text{C}$. Badanie trwa do momentu gdy nie obserwuje się zmniejszenia transmisji światła po 5 min od zgaśnięcia ognia lub po 40 min od początku próby. W przypadku przewodów o średnicy nie większej niż 80 mm, najmniejszą transmitancję światła należy przyjąć



1 – komora okapu / chamber hood, 2 – okap / hood, 3 – kanał wentylacyjny / duct, 4 – sonda dwukierunkowa / bi-directional sensor, 5 – sonda probiercza / probe sensor, 6 – sprzęt pomiaru wydzielania dymu / smoke production measurement equipment, 7 – łącznik / connector, 8 – wentylator wyciągowy / exhaust fan, 9 – wylot dymu / Smoke outlet, 10 – drabinka / Ladder, 11 – komora testowa / a test chamber, 12 – próbka testowa / the test sample, 13 – drzwi / door, 14 – źródło zapłonu / a source of ignition, 15 – kanał dolotowy powietrza / Air intake channel, 16 – skrzynka powietrza doprowadzanego / Supply air box, 17 – przetwornik ciśnienia / pressure transducer, 18 – kanał probierczy gazu / Test the gas channel, 19 – analizator / analyzer O_2 i CO_2

Ryc. 5. Schemat układu badawczego wg PN-EN 50399 [7]

Fig. 5. General arrangement of testing apparatus according to 50399 [7]

za transmitancję światła badanego przewodu. W przypadku średnicy większej niż 80 mm należy wynik pomnożyć przez współczynnik $D/80$ (D - średnica przewodu).

Aparatura badawcza została opisana w PN-EN 61034-1 [17]. W skład stanowiska badawczego przedstawionego na ryc. 6, wchodzi:

komora o objętości 27 m^3 ($3 \text{ m} \times 3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$);

- system do pomiaru transmitancji ustawiony tak aby dokonać pomiaru w linii środkowej komory na wysokości 215 cm;

źródło ognia w postaci metalowego korytka o wymiarach: dno $21 \times 11 \text{ cm}$, góra $24 \times 14 \text{ cm}$ i wysokości 8 cm wypełnionego 1 dm^3 95% alkoholu;

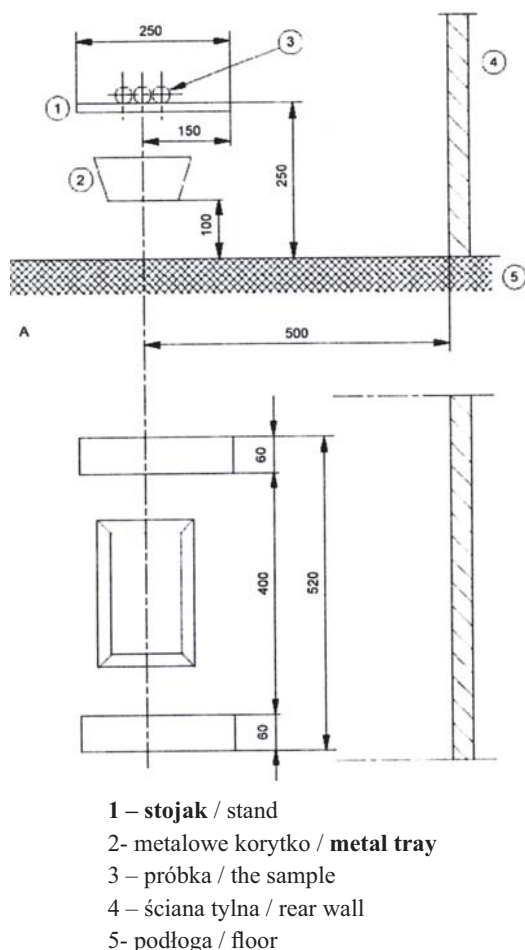
- dwa stojaki do zamontowania próbek o wymiarach: szerokość 25 cm, wysokość 25 cm i głębokość 6 cm;
- system wentylacji do odprowadzenia spalin po wykonanej próbie.

W trakcie badania metalowe korytka powinny być ustawione na wysokości 10 cm tak aby zapewnić swobodny przepływ powietrza pod spodem korytka, natomiast próbki powinny być ułożone równolegle do osi pomiaru transmitancji. Sposób ułożenia próbek został zilustrowany na ryc. 7.



Ryc. 6 Stanowisko badawcze wg PN-EN 61034-1 [18]

Fig. 6 Stand for testing according to PN-EN 61034-1 [18]



Ryc. 7. Sposób ułożenia próbki do badań wg PN-EN 61034 [9]

Fig. 7. How to place the test sample according to EN 61034 [9]

Metoda badawcza zgodna z PN-EN 50267-2-3 [13] polega na określeniu kwasowości gazów powstałych podczas spalania, poprzez wyznaczenie średniej ważonej pH i konduktywności dla poszczególnych materiałów, z których wykonany jest przewód, kabel elektryczny lub światłowodowy. Gazy spalinowe z reprezentatywnych próbek materiałów zbierane są w dwu kolbach z wodą destylowaną lub demineralizowaną o pojemności ok. 450 ml każda. Próbkę wygrzewa się w temperaturze nie niższej niż 935°C przez 30 min. Następnie, zawartość obu kolb zlewa się do jednej kolby i uzupełnia wodą do objętości 1000 ml. Wartość pH i konduktywność określa się odpowiednio pehametrem z dokładnością do $\pm 0,02$ oraz konduktometrem o zakresie od 10^{-2} - 10^2 $\mu\text{S}/\text{mm}$. Dla każdego materiału wykonuje się trzy próby oraz oblicza wartość średnią. Następnie oblicza się wartości ważne dla kabla lub przewodu stosując odpowiednie wzory:

$$pH' = \log_{10} \left[\frac{\sum_i w_i}{\sum_i \left(\frac{w_i}{10^{pH_i}} \right)} \right]$$

gdzie x jest wartością pH każdego niemetalowego materiału, i;

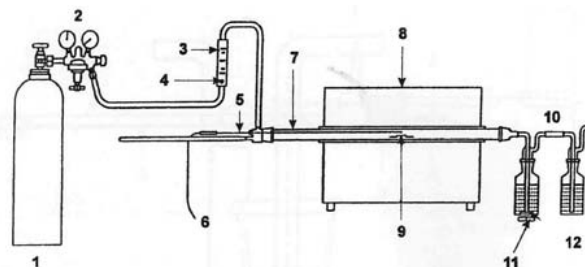
$$c' = \frac{\sum_i c \cdot x \cdot w_i}{\sum_i w_i}$$

gdzie c jest konduktywnością każdego niemetalowego materiału, i.

Próbkę do badań stanowi 1000 mg każdego materiału pobranego z reprezentatywnego odcinka kondycjonowanego wcześniej przez co najmniej 16 godzin w temperaturze 23°C i wilgotności względnej 50%. Aparatura badawcza została opisana w PN-EN 50267-1 [14]. W skład stanowiska badawczego przedstawionego na ryc. 8, wchodzi:

- piec rurowy, którego efektywna długość strefy grzania wynosi 500-600 mm i średnica wewnętrzna 40-60 mm z regulacją temperatury grzania;
- rura ze szkła kwarcowego o średnicy wewnętrznej 32-45 mm, która wystaje od strony wejściowej pieca na długości 60-200 mm i od strony wyjściowej 60-100 mm;
- łódeczki do spalań z porcelany (szkła kwarcowego lub steatytu) o wymiarach (dł x sz x gł) 45-100 x 12-30 x 5-10 mm;
- dwie płuczki laboratoryjne w których średnica rurki wewnętrznej na końcu powinna mieć najwyżej 5 mm i być zanurzona na długości 100-120 mm, a w pierwszej znajduje się mieszałko magnetyczne.

Dodatkowo należy zapewnić ww. przepływ powietrza za pomocą sprężonego powietrza z butli, sprężarki lub zasysanego przez pompę dobierając odpowiedni zestaw.



1 – powietrze syntetyczne / synthetic air 2 – reduktor / reducer 3 – przepływomierz / flowmeter 4 – zawór iglicowy / needle valve 5 – termopara / thermocouple 6 – przyrząd do wprowadzania łódeczki do spalań z próbką / device for boats entering the combustion of a sample of 7 – rura ze szkła kwarcowego / quartz glass tube 8 – piec / furnace 9 – łódeczka do spalań zawierających próbkę / Combustion little boat containing the sample of 10 – płuczki laboratoryjne / Laboratory scrubber 11, 12 – mieszałko magnetyczne / magnetic stirrer

Ryc. 8. Aparatura badawcza wg PN-EN 50267-1 [14]
Fig. 8. Testing apparatus according to PN-EN 50267-1 [14]

Literatura

1. Decyzja Komisji z dnia 27 października 2006 r. zmieniająca decyzję Komisji 2000/147/WE wykonującą dyrektywę Rady 89/106/EWG w odniesieniu do klasyfikacji odporności wyrobów budowlanych na działanie ognia (2006/751/WE);

2. prEN 13501-6:2011 (E) Fire classification of construction products and building elements - Part 6: Classification using data from reaction to fire tests on electric cables;
3. Seria PN-EN 60332-1:2010 Badania palności kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych - Sprawdzanie odporności pojedynczego izolowanego przewodu lub kabla na pionowe rozprzestrzenianie się płomienia;
4. Seria PN-EN 60332-2:2010 Badania palności kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych - Sprawdzanie odporności pojedynczego cienkiego izolowanego przewodu lub kabla na pionowe rozprzestrzenianie się płomienia;
5. Seria PN-EN 60332-3:2009 Badania palności kabli i przewodów elektrycznych oraz światłowodowych - Sprawdzenie odporności na pionowe rozprzestrzenianie się płomienia wzdłuż pionowo zamontowanych wiązek kabli lub przewodów;
6. Synthesis Report, Fire Performance of Electric Cables - new test methods and measurement techniques (contract no. SMT4-CT96-2059), FIPEC Consortium, Grudzień 1999;
7. PN-EN 50399:2011 Wspólne metody badania palności przewodów i kabli - Pomiar wydzielania ciepła i wytwarzania dymu przez kable podczas sprawdzania rozprzestrzeniania się płomienia - Aparatura probiercza, procedury, wyniki;
8. EN ISO 1716:2010 Badania reakcji na ogień wyrobów - Określanie ciepła spalania (wartości kalorycznej);
9. [9] PN-EN 61034-2:2010 Pomiar gęstości dymów wydzielanych przez palące się przewody lub kable w określonych warunkach - Część 2: Metoda badania i wymagania
10. PN-EN 50267-2-3:2001 Wspólne metody badania palności przewodów i kabli - Badanie gazów powstałych podczas spalania materiałów pobranych z przewodów i z kabli - Część 2-3: Metody - Określanie kwasowości gazów przez wyznaczenie średniej ważonej pH i konduktywności
11. PN-EN 60695-11-2:2006 Badanie zagrożenia ogniowego - Część 11-2: Płomienie probiercze - Znamionowy płomień probierczy mieszkankowy 1 kW - Urządzenia, układ do próby sprawdzającej i wytyczne;
12. <http://www.fire-testing.com/en-50399>;
13. PN-EN 50267-2-3:2001 Wspólne metody badania palności przewodów i kabli - Badanie gazów powstałych podczas spalania materiałów pobranych z przewodów i z kabli - Część 2-3: Metody - Określanie kwasowości gazów przez wyznaczenie średniej ważonej pH i konduktywności;
14. PN-EN 50267-1:2001 Wspólne metody badania palności przewodów i kabli - Badanie gazów powstałych podczas spalania materiałów pobranych z przewodów i z kabli - Część 1: Aparatura;
15. Małozieć D., Koniuch A., *Reakcja na ogień. Metody badań i kryteria klasyfikacji*, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 01/10;
16. Sundström B., Axelsson J., Van Hees P., *A proposal for fire testing and classification of cables for use In Europe*, 19 czerwca 2003;
17. PN-EN 61034-1:2010 Pomiar gęstości dymów wydzielanych przez palące się przewody lub kable w określonych warunkach - Część 1: Aparatura;
18. <http://www.fire-testing.com/3-metre-cube>.

st. kpt. mgr inż. Wojciech Klapsa

w 2004 r. ukończył studia w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. W 2006 r. uzyskał dyplom inż. chemii w Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Obecnie pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowodzi Państwowym Instytucie Badawczym w Józefowie w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości. Oficer PSP.

ml. bryg. mgr inż. Daniel Małozieć

w 1999r. ukończył studia w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Obecnie pełni funkcję zastępcy kierownika Zespołu Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowodzi Państwowym Instytucie Badawczym w Józefowie. Specjalność – badania w zakresie reakcji na ogień wyrobów budowlanych. Oficer PSP.

lic. Sylwester Suchecki

w 2010 r. ukończył studia w Wyższej Szkole Gospodarki Euroregionalnej na Wydziale Nauk Społecznych w Józefowie i uzyskał dyplom licencjata. Obecnie pracuje w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowodzi Państwowym Instytucie Badawczym w Józefowie w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości jako młodszy specjalista.

inż. Iza BELLA

bryg. mgr inż. Dariusz CZERWIENKO

dr inż. Jacek ROGUSKI

Zespół Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej

i Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpowozarowych

CNBOP-PIB

POSTĘP TECHNICZNY I JEGO WPŁYW NA WYPOSAŻENIE STRAŻY POŻARNYCH W POLSCE

Technical progress and its effect to fire service equipment in Poland

Streszczenie

W oparciu o podstawy literaturowe dotyczące analizy procesu wdrażania i istniejące modele teoretyczne, w artykule przedstawiono rozwój technicznego wyposażenia straży pożarnej oraz technicznych zabezpieczeń przeciwpożarowych. Nowe rozwiązania konstrukcyjne powstające na podstawie analizy wymagań i aktów normatywnych z wykorzystaniem nowych technologii i materiałów. pozwalają na spełnienie coraz wyższych oczekiwań użytkowników i zapewnienie im właściwego poziomu bezpieczeństwa pracy. Rozwój stosowanego sprzętu i wyposażenia, wynika głównie ze zmian w technologii produkcji oraz rozwiązań konstrukcyjnych. Zmiany te następowały również w wyniku prac naukowo-badawczych prowadzonych przez ośrodki naukowe w tym CNBOP-PIB czy SGSP. Powstanie w 1992 roku Państwowej Straży Pożarnej wymusiło wprowadzenie wiele zmian organizacyjnych i sprzętowych w jej strukturach i w dalszej konsekwencji wyposażenia technicznego. Związane to było przede wszystkim ze zmianą zakresu działań ratowniczo-gaśniczych. Do roku 1992 do podstawowych zadań straży pożarnej, w świetle obowiązujących przepisów, należało prowadzenie akcji ratowniczej w czasie pożarów, działalność prewencyjna oraz prowadzenie działań ratowniczych w czasie klęsk żywiołowych i katastrof. Zadania te były realizowane przez terenowe i zakładowe straże pożarne (zawodowe, obowiązkowe i ochotnicze). Udział straży pożarnej w akcjach ratownictwa technicznego, pod pojęciem którego określano działania mające na celu ratowanie ludzi, usuwanie zanieczyszczeń, zabezpieczanie obiektów przed skutkami katastrof lub klęsk żywiołowych oraz usuwanie awarii, wynikał z obowiązku nie tyle formalno-prawnego, co moralnego. Zmiany legislacyjne spowodowały zwiększone zapotrzebowanie jednostek na sprzęt specjalistyczny, zdolny do wykonania stawianych zadań w nowych uwarunkowaniach organizacyjno-prawnych.

Summary

Based on the literature about the analysis of the implementation process, and the existing theoretical models, shows the development of the fire service technical equipment and technical fire protection. New design solutions resulting based on requirements analysis and normative acts, with the use of new technologies and materials, enable us to meet ever-increasing demands of users, and to ensure safety. Starting with the historical overview, the development of using equipment is a result from changes in technology and design solutions. These changes were also a consequence of research works carried out by research centers, including Scientific and Research Centre for Fire Protection - National Research Institute or Main School of Fire Service. The creation in 1992 State Fire Service has forced to introduce a lot of organizational and equipment changes. It was connected with change of range of fire service activity. To 1992 the basic tasks of fire service (under the relevant legislation) were conducting of rescue action during fires, taking part in rescue action during natural and manmade disasters. These tasks were carried by field and factory fire services (professionals, obligatory and volunteers ones). Participating of fire services in technical rescue activities, it means activities with the aim of saving people, reduce of pollution, protecting objects against the effects of accidents and removing of failures, was result from the moral obligation, not result from legislation. Legislative changes have resulted in increased demand for specialized equipment, which can perform tasks in the new organizational and legal conditions.

Słowa kluczowe: straż pożarna, sprzęt pożarniczy, ochrona przeciwpożarowa;

Keywords: fire brigade, rescue equipment, fire-fighting equipment, fire protection;

¹ Autorzy w równych częściach przyczynili się do powstania artykułu

Rozwój techniki pożarniczej jest funkcją umiejętności precyzowania wymagań przez użytkowników oraz wykorzystania przez jednostki naukowo-badawcze i producentów innowacyjnych technologii i materiałów. Jeśli źródłem innowacji są prace badawczo-rozwojowe w instytutach naukowych lub w przemyśle mamy do czynienia z modelem tłoczonym. Najpierw badania i rozwój potem innowacje i wdrożenie rynkowe. Natomiast w modelu ssącym źródłem innowacji jest rynek. Przed rozpoczęciem procesu innowacyjnego przeprowadzane są badania rynkowe, aby nowy produkt w największym stopniu odpowiadał bieżącym potrzebom klientów. Tutaj działania badawczo-rozwojowe są po analizie rynkowej. Innowacje pchane to innowacje tłoczone przez naukę, natomiast innowacje ssane to innowacje ssane przez rynek.[1]

Ze względu na rodzaj przebiegu procesu innowacyjnego rozróżniamy model: [2,3]

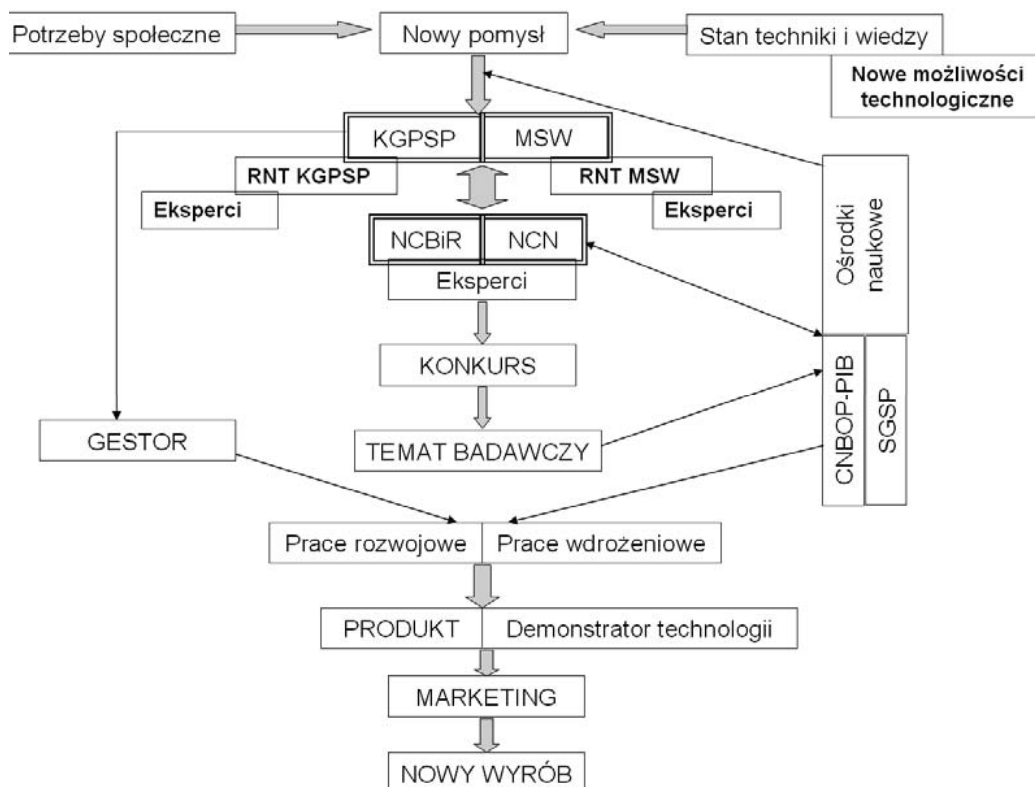
- liniowy,
- nieliniowy.

Najbardziej uznanym modelem liniowego procesu innowacyjnego jest model Urbana- Hausera. Model ten składa się z pięciu etapów [4]:

- identyfikacja możliwości i szans rynkowych,
- projektowanie pomysłów,
- testowanie produktów,
- wprowadzenie produktu na rynek,
- zarządzanie produktem.

Wg Modelu Urbana-Hausera przejście do następnego etapu procesu jest uzależnione od sukcesu realizacji

poprzedniego etapu. W przypadku niepowodzenia nie przechodzimy do kolejnego etapu. Proces kończy się rozpowszechnieniem produktu na rynku. Dopiero wtedy możemy ocenić ekonomiczną efektywność wprowadzenia innowacji. Począwszy od lat '80 modele liniowe są wypierane przez modele nieliniowe np. Rothwella i Zegvelta. Zgodnie z tym modelem innowacja jest traktowana jako logicznie sekwencyjny, chociaż niekoniecznie ciągły proces, który można podzielić na ciąg funkcjonalnie odrębnych, lecz sprzężonych i współzależnych faz. W modelu tym nie jest istotne czy pomysł na innowację jest zdominowany czynnikami podażowymi czy popytowymi, lecz czy wzajemnie się one przenikają tak, by innowacja stawała się korzystna dla potencjalnego odbiorcy. Szerzej mówiąc oznacza to poszukiwanie i wykorzystywanie wszelkich możliwości techniczno-technologicznych do zaspokajania ciągle nowych potrzeb rynku. W tego typu modelu mamy zarówno czynniki pompujące jak i ssące procesy twórcze. Nowy pomysł może powstać w wyniku analizy potrzeb społecznych, w wyniku zmiany stanu technologii jak i to nowy pomysł może wpływać na zmiany na rynku. Warto zauważyć, że potrzeby społeczne i stan technologii mogą powodować modernizację na dowolnym etapie cyklu życia produktu. Mają one wpływ zarówno na prace rozwojowe, wdrożenie i działania marketingowe. Jednym z istotnych elementów procesu innowacyjnego jest nowy pomysł. Na tym właśnie etapie najlepiej można zdefiniować proces twórczy. Twórczość jest to zdolność jednostki do wytwarzania nowych idei czy pomysłów lub do nowe-



Ryc.1. Schemat realizacji procesu wdrożeniowego
Fig. 1. Diagram of the process of the implementation

go spojrzenia na znane już idee. Organizacja, która chce opracowywać nowe produkty, usługi czy techniki (albo znajdować nowe zastosowania dla znanych już produktów, usług czy technik), tj. która chce być innowacyjna, musi mieć twórczych pracowników [5]. Pojęcia twórczości i innowacji są ze sobą związane, choć się nie pokrywają. Twórczość jest procesem indywidualnym, który może w organizacji zachodzić lub nie, podczas gdy innowacja jest to działalność organizacji nastawiona na kierowanie.

Przyjmując taką rolę nauki w procesie tworzenia, autorzy próbują omówić rozwój technicznego wyposażenia straży pożarnej oraz technicznych zabezpieczeń przeciwpożarowych. Analiza na przestrzeni ostatnich kilkudziesięciu lat uwzględni rys historyczny jak również zmiany konstrukcji sprzętu wynikające ze zmiany przepisów i wymagań taktycznych.

Zgodnie z załącznikiem do rozporządzenia MSWiA z dn.27 kwietnia 2010 r. zostały określone następujące grupy sprzętowe:

1. Wyposażenie i środki ochrony indywidualnej strażaka;
2. Pompy pożarnicze;
3. Armatura i osprzęt pożarniczy;
4. Pojazdy pożarnicze;
5. Sprzęt ratowniczy dla straży pożarnej;
6. Narzędzia ratownicze, pomocnicze i osprzęt dla straży pożarnej;
7. Podręczny sprzęt gaśniczy;
8. Środki gaśnicze;
9. Sorbenty;
10. Elementy systemów ostrzegania i ewakuacji;
11. Urządzenia do uruchamiania urządzeń przeciwpożarowych, wykorzystywanych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej;
12. Znaki bezpieczeństwa i oświetlenie awaryjne;
13. Przewody i kable do urządzeń przeciwpożarowych;
14. Dźwigi dla straży pożarnej.

Nowoczesne technologie w PSP gwarancją bezpieczeństwa. Pojazdy pożarnicze – drabiny obrotowe i podnośniki hydrauliczne

Powstanie w 1992 roku Państwowej Straży Pożarnej wymusiło wprowadzenie wielu zmian organizacyjnych i sprzętowych w jej strukturach. Związane to było przede wszystkim ze zmianą zakresu działań ratowniczo-gaśniczych. Do roku 1992 do podstawowych zadań straży pożarnej, w świetle obowiązujących przepisów, należało prowadzenie akcji ratowniczej w czasie pożarów, udział w zapobieganiu pożarom oraz udział w działaniach ratowniczych w czasie klęsk żywiołowych i katastrof. Zadania te były realizowane przez terenowe i zakładowe straże pożarne (zawodowe, obowiązkowe i ochotnicze). Udział straży pożarnych w akcjach ratownictwa technicznego, pod pojęciem którego określano działania mające na celu ratowanie ludzi, usuwanie zanieczyszczeń, zabezpieczanie obiektów przed skutkami katastrof lub klęsk żywiołowych oraz usuwanie awarii, wynikał z obowiązku nie tyle formalno-prawnego, co moralnego. W polskim prawie nie

było kompleksowego uregulowania sposobu postępowania w przypadkach wystąpienia nagłych rozległych zagrożeń ludzi i środowiska, w tym m.in. sposobów współdziałania poszczególnych służb i jednostek oraz ustalonego koordynatora takich akcji. Do działań z zakresu ratownictwa chemicznego byty przygotowane w zasadzie tylko zawodowe straże pożarne w dużych miastach oraz w dużych zakładach chemicznych.

Podstawowe wyposażenie w sprzęt straży pożarnych na początku 1992 roku stanowiły samochody gaśnicze, wyprodukowane głównie przez krajowe firmy, m. in.: Jelczańskie Zakłady Samochodowe w Jelczu, Zakład Budowy Maszyn „Osiny” k. Częstochowy i Zakład Wytwarzania Metalowych w Siemianowicach Śląskich. Podstawowym samochodem gaśniczym wykorzystywanym przez zawodowe straże pożarne był średni samochód gaśniczy GBA 2,5/16 typ 005 na podwoziu Star 244 z układem napędowym 4x4, produkowany w JZS od 1975 roku. Odmianą tego pojazdu był samochód GBM 2,5/8 typ 008 wyposażony w motopompę (bez autopompy), przeznaczony głównie dla ochotniczych straży pożarnych. Równolegle stosowano ciężki samochód gaśniczy GCBA 6/32 typ 004 na podwoziu Jelcz 315, produkowany również od 1975 roku do połowy lat 90-tych z niewielkimi zmianami konstrukcyjnymi. Dowożenie wody do miejsca pożaru realizowano wykorzystując ciężkie samochody gaśnicze bazujące na naczepie ciągnika siodłowego Jelcz 315, produkcji Zakładów „Metalchem” w Kościanie. Naczepa wyposażona była w cysternę o pojemności 18000 dm³ oraz motopompę M 8/8 i pożarnicze węże. Poza samochodami gaśniczymi wodno-pianowymi straż pożarna dysponowała również samochodami gaśniczymi proszkowymi przeznaczonymi do zwalczania pożarów klasy BCE. Podstawowym pojazdem z tej grupy był średni samochód proszkowy GPr 1500, produkowany w Siemianowicach Śląskich na podwoziu Star A29. Samochód wyposażony był w dwa zbiorniki z proszkiem po 750 kg każdy i dwa urządzenia szybkiego natarcia z prądownicami pistoletowymi o wydajności 5 kg/s proszku. Straż pożarna posiadała również niewielką ilość samochodów gaśniczych produkcji zagranicznej, zakupionych w latach osiemdziesiątych w ramach prac zmierzających do unowocześnienia sprzętu. Były to m. in. samochody gaśnicze średnie kombinowane GBAPr 1,5/2/750 na podwoziu Star 244L produkcji Rosenbauer, samochody gaśnicze ciężkie na podwoziach 3-osiowych marki Tatra oraz ciężkie samochody proszkowe GCPr 3000, produkowane w kooperacji z firmami zagranicznymi (Total, Rosenbauer) na podwoziu Jelcz 315 lub 315M i wyposażone w zbiornik z proszkiem 3000 kg, 2 zwiadła szybkiego natarcia oraz działko proszkowe o wydajności 31 kg/s. Ze względu na trudności dewizowe import samochodów pożarniczych, zarówno gaśniczych jak i specjalnych, był bardzo ograniczony i nie zaspokajał nawet najpilniejszych potrzeb. Wśród samochodów specjalnych na wyposażeniu straży pożarnych znajdowały się następujące grupy pojazdów: - lekkie samochody

oświetleniowe (SOn-8) na podwoziu Żuk, wyposażone w agregat prądowczy o mocy 10 kVA (380/220 V), składany maszt o wysokości 6 m, z sześcioma reflektorami halogenowymi o mocy 1000 W każdy oraz rozkładane podpory wysuwane mechanicznie, zapewniające stabilizację pojazdu (w zmodernizowanej w 1987 roku wersji podpory wysuwane były hydraulicznie); - lekkie samochody p.gaz-p.dym na podwoziu Żuk, przystosowane do przewożenia środków ochrony dróg oddechowych i skóry, m. in. aparatów powietrznych, zapasowych butli do aparatów, masek, ubrań ochronnych oraz sprężarki powietrznej i części zapasowych; - lekkie samochody dowodzenia i łączności na podwoziu Żuk; samochody z podnośnikiem hydraulicznym SH 18 (oznaczone symbolem PM18P), produkcji Bumar-Koszalin, bazujące na konstrukcji podnośnika montażowego dla zakładów energetycznych, budowane na podwoziach Star 28 lub Star 200, posiadające maksymalną wysokość ratowniczą 18 m, wysięg poziomy 8,7 m i udźwig kosza 200 kg; kilka sztuk samochodów z podnośnikiem o wysokości ratowniczej powyżej 18 m produkcji zagranicznej, - samochody z drabiną, głównie drabiny SD 30 produkcji Magirus Deutz oraz IFA (ok. 80 szt. na początku lat 90-tych), - samochody ratownictwa technicznego na podwoziu Star 266 wyposażone w urządzenia produkcji krajowej oraz niewielka ilość samochodów RW1 i RW2 produkcji zagranicznej: Magirus Deutz, Ziegler, Rosenbauer, samochody techniczne z dźwigiem 10 t, budowane na podwoziu Jelcz 315 M. W większości przypadków wymienione samochody specjalne były niedostosowane, zarówno sprzętowo jak i konstrukcyjnie, do realizacji nowych zadań postawionych Państwowej Straży Pożarnej. Jedynym dokumentem normatywnym była wówczas norma PN-79/M-51300, wyróżniająca dwie grupy samochodów pożarniczych (gaśnicze i specjalne) oraz 19 ich odmian. W zależności od dopuszczalnej masy całkowitej występowały samochody lekkie (do 3,5 t), średnie (3,5-12 t) i ciężkie (powyżej 12 t). W 2000 roku norma została zastąpiona przez normę PN-EN 1846-1, która radykalnie zmieniła klasyfikację „masową” pojazdów pożarniczych oraz wprowadziła trzy kategorie samochodów ze względu na zdolności do poruszania się w różnych warunkach terenowych. Zmiana klasyfikacji „masowej”, polegająca na podwyższeniu górnych wartości mas w poszczególnych klasach, umożliwiła lepsze dostosowanie pojazdów do potrzeb straży pożarnej, szczególnie w klasie lekkiej i średniej. Stosowanie podwozi o większej ładowności pozwoliło na zwiększenie ilości sprzętu ratowniczego i środków gaśniczych oraz ułatwiło adaptację wnętrza samej zabudowy. Powołanie z dniem 1 stycznia 1992 r. Państwowej Straży Pożarnej radykalnie poszerzyło zakres wykonywanych zadań. Zgodnie z ustawą o PSP jednostki straży pożarnej zobowiązane zostały do organizowania i prowadzenia akcji ratowniczych w czasie pożarów, klęsk żywiołowych lub likwidacji miejscowych zagrożeń, wykonywania pomocniczych specjalistycznych czynności ratowniczych w czasie klęsk żywiołowych lub likwidacji

miejscowych zagrożeń przez inne służby ratownicze oraz współdziałania ze strażami pożarnymi i służbami ratowniczymi innych państw oraz ich organizacjami międzynarodowymi na podstawie wiążących Rzeczpospolitą Polską umów międzynarodowych oraz odrębnych przepisów. Zmiany legislacyjne spowodowały zwiększone zapotrzebowanie jednostek na sprzęt specjalistyczny, zdolny do wykonania stawianych zadań w nowych uwarunkowaniach organizacyjno-prawnych.

Podnośniki i drabiny, z uwagi na swoją specyficzną zabudowę, mogą być wykorzystywane do działań ratowniczo-gaśniczych, jako pojazdy samodzielne lub przy współpracy z innymi pojazdami ratowniczo-gaśniczymi albo specjalnymi. Podnośnik hydrauliczny i drabina obrotowa to urządzenia z wysięgnikiem, zamontowane na samojezdnym podwoziu, wyposażone w kosz (w przypadku drabin istnieje możliwość demontażu kosza i pracy samą drabiną), których głównym zadaniem jest przemieszczanie ludzi i wyposażenia do miejsc interwencji związanych z gaszeniem pożaru, ratowaniem lub ochroną osób, ochroną środowiska, jak i w celu przeprowadzenia wielu innych akcji ratownictwa technicznego. Mają szeroki zakres możliwości działań - głównie ewakuacyjnych. Służą szczególnie do:

- ratowania osób z zagrożonych obiektów i pomieszczeń, gdy inne drogi ewakuacji zostają odcięte;
- ratowania osób uwięzionych na wysokości, gdy nie ma możliwości udzielenia pomocy innym sposobem;
- ratowania osób znajdujących się w wykopach, piwnicach, gdy inne sposoby ratowania są niemożliwe;
- samoratownia strażaków ratowników znajdujących się w obiektach.

Pierwsze drabiny powstały w drugiej połowie XIX w., czyli w okresie wielkiego rozwoju gospodarczego. Duży postęp naukowy, powstanie i rozwój fabryk przyczyniły się do rozbudowy miast. Wznoszono wielopiętrowe domy mieszkalne dla ściągających ze wsi robotników. Pierwsze drabiny to proste drewniane konstrukcje (jednomodułowe), zamontowane na wózku z pojedynczą osią. Do akcji ciągnięte były przez strażaków. Ze względu na materiał konstrukcyjny i słabe parametry, nie czyniły pracy strażaka łatwiejszą i bezpieczniejszą, choć były wielkim krokiem naprzód w ochronie przeciwpożarowej. Kolejne generacje to urządzenia montowane na podwoziach dwuosiowych, ciągniętych przez konie. Pozwoliły one na skrócenie czasu dotarcia na miejsce akcji, ale wciąż nie rozwiązano problemów z parametrami wysokościowymi i łatwopalnością materiału, z jakiego wykonana była drabina. Dopiero w pierwszej połowie XX wieku nastąpił przełom w rozwoju konstrukcji drabin. Nowo powstałe urządzenia, montowane na podwoziach samojezdnym, wyposażano w silnik – najpierw parowy, później Diesla, a drewno zostało wyparte przez metal, który jest materiałem cięższym, ale zdecydowanie bardziej wytrzymałym i dającym więcej możliwości. Drabiny jednomodułowe zastąpiono drabinami wielomodułowymi. Rozpoczęła się nowa era drabin.

Wraz z pojawieniem się nowych możliwości, jakie dawała konstrukcja stalowa wielomodułowa drabin zamontowanych na podwoziach samojezdnych, przed konstruktorami pojawił się kolejny problem – bezpieczeństwo użytkownika. Z pomocą ponownie przyszła nauka. Konstruktorzy prześcigali się w nowoczesnych (jak na tamte czasy) technologiach zabezpieczeń mechanicznych drabin, przed przeciążeniem i utratą stateczności. Dopiero w latach 80. XX wieku z odsieczą przyszła elektronika i pierwsza kontrolowana przez komputer drabina. Pojawienie się sterowania mikroprocesorowego otworzyło zupełnie nowy rozdział w technologii wytwarzania i w bezpieczeństwie użytkownika drabin. W dzisiejszych czasach, kiedy nie wyobrażamy sobie codziennego życia bez szczypty elektroniki czy mechatroniki, drabiny przeszły potężną metamorfozę i nie przypominają już w niczym pierwszych urządzeń sprzed lat. Konstruktorzy wyposażeni w zaawansowane metody obliczeniowe i projektowe wspomagane komputerowo, pracują na systemach ekspertowych pozwalających wybrać właściwe materiały. Sam proces wytwarzania w dużej mierze przebiega przy udziale komputerów i sterowników mikroprocesorowych. Zmienił się zarówno sposób projektowania i wytwarzania drabin, jak i sama konstrukcja tych urządzeń. Stały się one bardziej bezpieczne w czasie prowadzenia akcji, jak i dojazdu na jej miejsce. Obsługa stała się mniej męcząca. Zadanie operatora polega głównie na obserwowaniu i reagowaniu na potrzeby ratowników w miejscu działania zestawu wysięgnika. Resztą zajmuje się wyspecjalizowana jednostka sterująca. Jej zadaniem jest monitorowanie stateczności, obciążenia, warunków atmosferycznych, parametrów przeciążeniowych i - w razie zbliżania się czy osiągnięcia skrajnych wartości (jeszcze bezpiecznych dla użytkownika) - informowania operatora o zaistniałej sytuacji z równoczesnym blokowaniem ruchów niedozwolonych.

Powoli standardem staje się system wykrywania błędów i diagnostyki, który za pomocą sieci GSM i GPS informuje producenta, w jego głównej siedzibie, o miejscu użytkowania urządzenia i rodzaju występujących awarii, z jednoczesnym wskazaniem układów wymagających naprawy bądź wymiany.

Nowoczesna technika tchnęła nowe życie również w materiały stosowane do budowy drabin. Obecnie do ich produkcji używa się lekkich materiałów konstrukcyjnych, takich jak stopy metali, aluminium, kompozyty, których rozwój pozwolił na osiągnięcie wytrzymałości większej niż ta, którą miała stal jeszcze 100 lat temu. Takie odciążenie konstrukcji pozwala na budowanie drabin o większej wysokości ratowniczej i większym wysięgu bocznym. Ponadto stają się one bezpieczniejsze w czasie transportu, gdyż bardzo duży wpływ na stateczność w czasie jazdy ma wysokość środka ciężkości masy całego pojazdu. Ów środek ciężkości zależy w największej mierze od umiejscowienia i ciężaru obrotnicy oraz zestawu wysięgników drabiny. Im ciężar mniejszy, tym wysokość środka masy niższej, a co za tym idzie - konstrukcja bezpieczniejsza.

Przykładem nowej myśli technicznej drabin obrotowych są drabiny firmy Iveco Magirus i Metz Aerials.

Drabinę firmy Iveco Magirus SD31 typ M32 L-AS3 zabudowano na podwoziu IVECO MAGIRUS EuroCargo 160 E 30 4x2 lub 4x4. Zastosowano w nim kabinę 3 miejscową. Za kabiną na platformie z obrotnicą, zainstalowano drabinę o wysokości ratowniczej 31m i wysięgu bocznym 24,9 m (bez kosza) / 19,2 m. (z koszem 3 osobowym). Jest to drabina z łamanym, pojedynczo wysuwającym pierwszym przęsłem, które w istotny sposób zwiększa możliwości taktyczne straży pożarnej. Wszystkie ruchy drabiny są rozpoznawane przez komputer i stabilizowane przez hydrauliczneysterowanie ruchów przeciwnych. Jest to tzw. „system tłumienia drgań Magirus CS”. Jest on przydatny szczególnie w czasie porywistego wiatru lub podczas zmiany obciążeń, np. gdy ktoś wskoczy do kosza. Ponadto w drabinie zastosowano system pracy z pamięcią, który pozwala na powtarzanie ruchów. System wyraźnie odciąża operatora drabiny w czasie prowadzenia akcji, a także zwiększa bezpieczeństwo akcji i w wyraźny sposób niweluje tzw. czynnik ludzki, czyli możliwość popełnienia błędu przez operatora.

Drabinę firmy Metz SD37 typ L39 CAN zabudowano na podwoziu Mercedes-Benz Atego 976.X7 1529 4x2 z kabiną 3 osobową. Zabudowa składa się z pięcioprzęsłowej drabiny o wysokości ratowniczej 37 m zakończonej koszem o dopuszczalnej ładowności 270 kg.



Rys.2. Podnośniki hydrauliczne wczoraj i dziś
Fig. 2. Jacks hydraulic yesterday and today

Zupełnie inaczej wygląda historia rozwoju konstrukcji podnośników hydraulicznych. Ich powstanie jest ściśle związane z rozwojem pojazdów napędzanych silnikiem spalinowym oraz układami hydraulicznymi. Protoplastą dzisiejszych podnośników były windy mechaniczne montowane na podwoziach samojezdnych, napędzanych silnikiem spalinowym. Służyły one przede wszystkim do podnoszenia ładunków np. na lotniskach przy załadunku samolotów. Przykładem takiego urządzenia jest opatentowana w 1931 roku, a powstała w roku 1929 winda na podwoziu samochodowym konstrukcji Artura T. Munnsa.

Kolejnym etapem rozwoju tychże konstrukcji było zastosowanie napędu pneumatycznego mechanizmu podnoszenia oraz dostosowanie urządzenia do możliwości podnoszenia ludzi. Wadą tych rozwiązań było to, że podnosiły one ładunki i ludzi wyłącznie w pionie. Ponadto w układach pneumatycznych nie było możliwości sterowania płynnego, ruchy były szarpane. Nieznaczna poprawa komfortu zapewniły rozwiązania hydrauliczne. Podnośniki z tamtych czasów nie były zupełnie brane pod uwagę w zastosowaniach ratowniczo-gaśniczych, ze względu na ich małą przydatność w działaniach operacyjno-taktycznych.

Dopiero pod koniec lat sześćdziesiątych wyprodukowano pierwsze egzemplarze wyglądem przypominających współczesne maszyny. Były to konstrukcje przegubowe z napędem hydraulicznym mechanizmu podnoszenia i obrotu wysięgników. Ze względu na możliwość podnoszenia nie tylko w pionie, ale uzyskiwania również wysięgu bocznego, zaczęto wykorzystywać je w działaniach ratowniczo-gaśniczych do ewakuacji ludzi z zagrożonych obiektów. W Polsce możemy jeszcze spotkać konstrukcje z lat 70-tych. Są to przede wszystkim wyroby rodzimej produkcji – Fabryki Maszyn „Bumar-Koszalin”. Przykładem może tu być podnośnik hydrauliczny PM18P, który od roku 1975 zaczął trafiać do jednostek ratowniczo-gaśniczych. Zastosowano w nim dwuramienny wysięgnik o konstrukcji metalowej, sterowany hydraulicznie, o wysokości ratowniczej 18m. Wzdłuż ramion podnośnika prowadzono układ wodny (tzw. suchy pion) doprowadzający środki gaśnicze do działka wodno-pianowego umieszczonego w koszu. Samochód wyposażono w cztery podpory rozkładane hydraulicznie 6. Pojazdy tego typu stały się standardowymi podnośnikami używanymi przez krajowe jednostki operacyjne straży.

Konstrukcje te przetrwały do dzisiaj i to zarówno w wersji oryginalnej, jak i po modernizacjach (nowe podwozia, remont kapitalny zabudowy). Możemy je spotkać dość często w służbie Ochotniczych Straży Pożarnych, a nierzadko również w jednostkach Państwowej Straży Pożarnej. Nowoczesne konstrukcje różnią się zdecydowanie od tych z przed lat. Rozwój techniki i nauki, tak jak w przypadku drabin obrotowych, również i tu tchnął zupełnie nową jakość.

Zmiany konstrukcyjne (poprawa ergonomii i bezpieczeństwa) w podnośnikach w większości dotyczą:

- wprowadzania nowych systemów elektronicznego sterowania pracą wysięgnika i podpór,
- monitorowania całego procesu pracy,
- wprowadzania nowoczesnych metod dopasowywania zakresu pola pracy w zależności od obciążenia kosza i szerokości rozstawu podpór,
- stosowania coraz nowocześniejszych podwozi z dużą dynamiką jazdy oraz zwrotnością, a przy tym spełniających najnowsze normy emisji spalin (obecnym standardem jest Euro V).

Przykładem nowej konstrukcji mogą być podnośniki hydrauliczne firmy Bronto Skylift oraz Bumar-Koszalin.

Model SH30 typu F32 TLK firmy Bronto zabudowano na podwoziu Scania P360 4x27. Zastosowano w nim kabinę dwumiejscową typu CP19 (low entry). Za kabiną znajduje się platforma, na której zainstalowano podnośnik o wysokości ratowniczej 30 m i wysięgu bocznym 25 m z możliwością pracy poniżej poziomu gruntu – 5,5 m. Zastosowano tu dwuramienny wysięgnik teleskopowy o konstrukcji metalowej, sterowany hydraulicznie. Wzdłuż ramion podnośnika poprowadzono układ wodny (tzw. suchy pion). Po prawej stronie ramion podnośnika zainstalowana jest drabina ratownicza. Samochód wyposażono w cztery podpory rozkładane hydraulicznie typu H. Firma Bronto Skylift wyposaża swoje podnośniki w system sterowania BRONTO 3+, który pozwala na wykonywanie czterech operacji ruchowych jednocześnie. Pojazd wyposażony został w układ precyzyjnego i proporcjonalnego sterowania wszystkimi ruchami wysięgnika. Umożliwia on płynne i bezpieczne przemieszczanie kosza z ratownikami, wybór prędkości pracy, a także funkcję zapamiętywania drogi ewakuacji od podłoża do miejsca na wysokości i funkcję śledzenia odległości od przeszkody, pozwalająca na poruszanie się kosza idealnie w pionie wzdłuż ścian budynków.

Wszystkie komunikaty i funkcje pracy podnośnika widoczne są na ciekłokrystalicznych kolorowych i podświetlanych wyświetlaczach. Ponadto wyposażony jest on również w system radiowego sterowania, umożliwiający pełną obsługę urządzenia z dużej odległości, co pozwala na prowadzenie akcji bez narażania zdrowia i życia kierowcy-operatora. Zawiera także system wykrywania błędów i diagnostyki (Bronto TeleControl), z centralnym monitoringiem u producenta w Tampere.

Podnośnik hydrauliczny SH31 typu PMT-32D z Fabryki Maszyn „Bumar-Koszalin” zabudowano na podwoziu Volvo FL 4XR3 4x2 6. Zastosowano w nim kabinę trzymiejscową. Za kabiną zamontowano platformę z umiejscowioną w jej tylnej części obrotnicą, do której zamocowano układ czterech wysięgników rozsuwanych teleskopowo o wysokości ratowniczej 31 m i wysięgu bocznym 16m. Do ostatniego przęsła przegubowo zamocowano wysięgnik manewrowy pozwalający na pracę poniżej poziomu gruntu (3 m). Wzdłuż ramion podnośnika poprowadzono układ wodny (tzw. suchy pion). Po prawej stronie ramion podnośnika zainstalowana jest drabina ra-

townicza. Samochód wyposażono w cztery podpory rozkładane hydraulicznie typu H.

Wszystkie wymienione rozwiązania konstrukcyjne ułatwiają ratownikom pracę, zwiększają bezpieczeństwo, jednak nie rozszerzają w dużym stopniu możliwości działań operacyjnych tych pojazdów.

Aktualnie obowiązujące wymagania w Polsce są spójne z normami europejskimi i w żaden sposób nie ograniczają rozwiązań konstrukcyjnych, które mogłyby rozszerzyć możliwości operacyjne. Obecnie produkowane podnośniki i drabiny są coraz szybsze (w zakresie czasów sprawiania), coraz zwrotniejsze, z rozszerzonym zakresem możliwości działań operacyjnych.

Mówiąc o nowoczesnych technologiach w PSP należy wspomnieć o mało jeszcze znanych i rozpowszechnionych w Polsce wielofunkcyjnych pojazdach podnoszących z układem wodno-pianowym. Są one używane już od kilkunastu lat na Zachodzie Europy i w krajach azjatyckich. Przykładem może być specjalny pojazd samochodowy typu wielofunkcyjny Multistar 2.

Pojazd zbudowano na podwoziu Iveco Magirus FF 180 E 30 z kabiną jednocześnie, czterodrzwiową, sześciomiejscową w układzie 1+1+4. Za kabiną na ramie podwozia znajduje się zabudowa typowa dla pojazdu ratowniczo-gaśniczego z tą różnicą, że dodatkowo wbudowano w nią podnośnik hydrauliczny z koszem. W pojeździe zastosowano pompę niskociśnieniową klasy A16/8 oraz zamontowano zbiornik na wodę o pojemności 1500 l ze zbiornikiem środka pianotwórczego. W układzie przewidziano linię szybkiego natarcia niskociśnieniową. Wzdłuż zamontowanego wysięgnika podnośnika hydraulicznego zamontowano tzw. suchy pion zakończony w koszu działkiem wodno-pianowym. Zastosowany układ podnoszenia to wysięgnik teleskopowy o wysokości ratowniczej 28,5 m i zasięgu bocznym 16 m z możliwością pracy w zakresie kątów ujemnych. Na końcu wysięgnika znajduje się kosz o udźwigu 300 kg. We wspomnianym pojeździe zamontowano sześciopunktowy układ podparcia do pracy podnośnikiem, co niewątpliwie zwiększa bezpieczeństwo i zasięg pola pracy urządzenia.

Wprowadzenie nowych rozwiązań wiąże się z kosztami, dużym wysiłkiem konstruktorów i producentów opisywanych pojazdów. Ale uważamy, że należałoby wprowadzać nie tylko rozwiązania związane z rozwojem myśli elektronicznej, ale także rozwiązania zwiększające możliwości operacyjno-taktyczne podczas prowadzonych działań i jednocześnie zwiększające bezpieczeństwo i ergonomię.

Rozwój konstrukcji oraz oczekiwania w stosunku do tych wyrobów powinny płynąć od użytkowników. Warto rozważyć możliwość przeprowadzenia ankiety do użytkowników tych urządzeń oraz służb operacyjnych, z zapytaniem o oczekiwania odnośnie rozwiązań konstrukcyjnych, wprowadzania nowych urządzeń rozszerzających ich funkcjonowanie. Jako użytkownicy tego typu wyrobów mamy prawo żądać od producentów rozwiązań

przez nas wymaganych. Na pewno pojazdy takie, jak podnośniki czy drabiny posiadają jeszcze wiele nie odkrytych możliwości.

Armatura – węże i prądownice

W okresie powojennym nastąpił szybki rozwój techniki gaszenia pożarów oraz sprzętu pożarniczego. Zaczęto stosować nowe materiały oraz rozwiązania konstrukcyjne. Przykładem tego może być zmiana metod wytwarzania i materiałów stosowanych do produkcji pożarniczych węży tłocznych i prądownic wodnych.

Pożarnicze węże tłoczne służą do tłoczenia wody oraz wodnych roztworów środków pianotwórczych pod odpowiednim ciśnieniem od motopomp i autopomp do miejsca działań ratowniczych.

Pierwsze węże wyprodukowano w 1558 r. w Augsburgu. Jako materiał do produkcji zastosowano skórę. Węże te były szyte lub nitowane. Pierwsze węże wykonane bez szwów w połowie XIX w Saksonii. Natomiast węże gumowe zaprezentowano około 80 lat później w Lipsku.

Pierwsze znormalizowane węże tłoczne wykonywano w formie oplotu z włókien konopnych, potocznie nazywane węzami parcianymi. Charakteryzowały się one dużymi oporami przepływu ze względu na znaczną chropowatość wewnętrznych ścianek oraz nie zapewniały pełnej szczelności. Węże z oplotem konopnym wymagały po użyciu starannego wymycia i szybkiego wysuszenia ponieważ w stanie wilgotnym łatwo butwiały (gniły). Rozwój techniki sprawił, że rozpoczęto wytwarzanie węży z tworzyw sztucznych.

W Polsce uruchomiona została produkcja węży z tworzyw poliamidowych tzw. węży stylonowych.



Fot. 3. Strażacki wąż parciany
Fig 3. Fire hose



Fot. 4. Węże tłoczne: 110, 75, 52, 25
Fig. 4. Fire hoses 110, 75, 52, 25

W miarę rozwoju technologii tworzyw sztucznych opłot konopny zastąpiono opłotem z włókien styłowych. Węże gumowe zarówno z opłotem konopnym, jak i styłowym charakteryzowały się dużym ciężarem. Obecnie pożarnicze węże tłoczne posiadają powłokę zewnętrzną z poliestru. Wykładzinę wewnętrzną wytwarza się z poliuretanu, PCV lub z gumy, które ułatwiają przepływ wody na skutek zwiększonej gładkości. Węże z tworzyw sztucznych są stosunkowo lekkie. W zależności od przeznaczenia rozróżnia się typy węży:

H - dla hydrantów

W - do motopomp i autopomp

W zależności od średnicy wewnętrznej (wyrażonej w mm) rozróżnia się pięć rodzajów węży tłocznych:

W – 25 - przeznaczony jest do przetłaczania wody, stosowany również w hydrantach wewnętrznych 25 (oznaczenie H-25)

W – 42 - przeznaczony jest do przetłaczania wody lub wodnych roztworów środków gaśniczych (małe zastosowanie)

W – 52 - przeznaczony jest do przetłaczania wody lub wodnych roztworów środków gaśniczych od rozdzielacza do stanowiska gaśniczego albo do przetłaczania wody do zbiorników pośrednich, stosowane są również w hydrantach wewnętrznych 52 (oznaczenie H-52)

W – 75 - stosowany do budowy linii głównej od motopompy do rozdzielacza, a także do budowy linii gaśniczej, przeważnie od pompy do stanowiska gaśniczego

W – 110 - stosowany jest do przetłaczania wody w dużych ilościach i na duże odległości od źródła wody do miejsca pożaru

W zależności od wyposażenia w łączniki rozróżnia się odmiany węży:

- ŁA – z łącznikami ze stopów aluminium;
- ŁM – z łącznikami ze stopów miedzi;
- B – bez łączników.

W zależności od konstrukcji taśmy węzowej rozróżnia się pożarnicze węże tłoczne z powłoką zewnętrzną lub bez powłoki.

Pożarniczy wąż tłoczny składa się z taśmy węzowej zakończonej łącznikami tłocznymi odpowiadającymi średnicy wewnętrznej węża. Taśma węzowa składa się z:

- opłotu zewnętrznego – wykonanego z włókien syntetycznych (poliester);
- wykładziny wewnętrznej – która może być wykonana z gumy lub tworzyw sztucznych (poliuretan, PCV);
- jeżeli wąż posiada powłokę zewnętrzną może być ona wykonana z PCV, gumy lub z innych materiałów plastycznych i ich mieszanin.

Przykład oznaczenia pożarniczego węża tłocznego do motopomp i autopomp (W), o średnicy 52 mm (52), długości 20 m (20), z łącznikami ze stopów aluminium (ŁA) - **POŻARNICZY WĄŻ TŁOCZNY W-52-20-ŁA**

Prądownice wodne służą do wytwarzania zwartych i rozproszonych strumieni wody oraz stanowią zakoń-

czenie linii węzowych. W 1879 r. berliński księgarz Lenz opatentował prądownicę wodną wykonaną według rysunku zamieszczonego na jednym z egipskich papirusów, datowanym na 1200 r. p.n.e. Rozwiązanie konstrukcyjne pierwszych prądownic wodnych stosowanych w pożarnictwie charakteryzowało się prostotą oraz brakiem zaworów kulowych.

Poniższa fotografia przedstawia modele pierwszych stosowanych prądownic.



Fot. 5. Modele pierwszych prądownic wodnych

Fig. 5. Models of the first water nozzles

Podział i oznaczenie współczesnych prądownic

W zależności od konstrukcji rozróżnia się typy prądownic:

- proste PW;
- pistoletowe PWS;
- uniwersalne typu TURBO;
- wodne wysokociśnieniowe.

W zależności od zastosowanych nasad wyróżniamy prądownice wielkości 25,52,75.

Budowa

- (PW) nasada, zawór odcinający (kulowy), rura zakończona dyszą wypływową, osłona termoizolacyjna;
- (PWS) nasada, rękojeść, zawór grzybkowy, dźwignia do sterowania zaworem grzybkowym, języczek blokady, rękojeść, pokrętna dysza wypływowa. W prądownicach dysze można zmieniać regulując zasięg;
- Prądownica uniwersalna typu TURBO ma bardziej skomplikowaną budowę, u wylotu prądownicy posiada grzybek usytuowany w osi prądownicy oraz ruchomą turbinę poruszającą się dzięki energii strumienia wody. Może mieć poprzez pierścień ruchomy regulację wydajności wody.

Charakterystyka

Prądownice wodne do pomp pożarniczych

Prądownice wodne proste przeznaczone są do wytwarzania wodnych strumieni zwartych i rozproszonych. Stanowią zakończenie linii węzowych W52 i W75 zasię-

lanych z samochodów gaśniczych wodno-pianowych lub motopomp. Prądownice wodne proste przydają się szczególnie w sytuacjach wymagających podawania zwartych strumieni gaśniczych na duże odległości lub w przypadku, gdzie występuje konieczność wykorzystania dużej energii podawanego strumienia zwartego. Prądownice te posiadają zawory kulowe.



Fot. 6. Prądownica prosta PW
Fig. 6. Straight nozzle



Fot. 7. Prądownica pistoletowa PWS
Fig. 7. Pistol grip nozzle

Prądownice pistoletowe

Prądownice pistoletowe wytwarzają strumienie zwarte i rozproszone o regulowanym stopniu rozpylenia. Ze względu na niewygodną obsługę i przestarzałą konstrukcję, są wypierane przez prądownice wodne typu TURBO.

Prądownice wodne typu TURBO

Prądownice wodne typu TURBO są przeznaczone do wytwarzania wodnych strumieni zwartych i rozproszonych oraz zapewniają płynną regulację kąta bryłowego strumienia rozproszonego. Posiadają możliwość płynnej regulacji wydajności wody, a także funkcję oczyszczania (płukania). Mogą stanowić zakończenie linii gaśniczych wodno-pianowych lub wyposażenie szafek hydrantowych. Wyposażone są w zawór kulowy i najczęściej w nasady obrotowe. Niektóre z prądownic typu TURBO mają możliwość dołączenia przystawki pianowej do wytwarzania piany ciężkiej.



Fot. 8. Prądownica wodna typu TURBO
Fig. 8. Nozzle type turbo



Fot. 9. Prądownica wodna typu TURBO
z przystawką pianową
Fig. 9. Nozzle type turbo with foam device

Obecnie wszystkie prądownice wodne (proste, pistoletowe oraz typu TURBO) wykonuje się ze stopów metali kolorowych. Elementy służące do obsługi takie jak uchwyty, wykonuje się z tworzyw sztucznych. Uszczelnienia wszystkich podzespołów wykonuje się z teflonu.

Wpływ nauki i nowych technologii na zmiany w wyrobach – środki gaśnicze

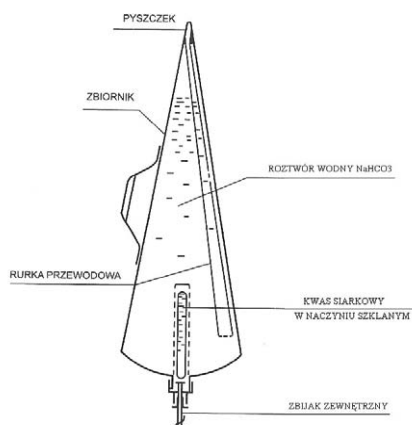
Zespół Laboratoriów Badań Chemicznych i Pożarowych CNBOP-PIB, zajmuje się między innymi badaniami środków gaśniczych (pian i proszków gaśniczych) oraz sprzętu podręcznego.

Dynamiczny rozwój cywilizacyjny drugiej połowy XX wieku przyniósł wiele osiągnięć w tym rozwój nowych technologii materiałowych. Poniżej spróbujemy przedstawić Państwu jakim przemianom ulegały gaśnice przenośne. Wiele pożarów, które powodują ogromne straty i zniszczenia zaczyna się od iskry, niedopałka itp. W celu niedopuszczenia do niekontrolowanego rozwoju pożaru należy dążyć do ugaszenia go w zarodku. Do tego celu służy podręczny sprzęt gaśniczy czyli gaśnice przenośne, przewożne i koce gaśnicze. Proces zmian budowy, materiału sprzętu podręcznego przedstawiono na przykładzie gaśnic przenośnych.

Poniżej przybliżono, jakim przemianom ulegały gaśnice przenośne. Wiele pożarów, które powodują ogromne straty i zniszczenia zaczyna się od iskry, niedopałka itp. W celu niedopuszczenia do niekontrolowanego rozwoju pożaru należy dążyć do ugaszenia go w zarodku. Do tego celu służy podręczny sprzęt gaśniczy czyli gaśnice przenośne, przewożne i koce gaśnicze. Proces zmian budowy, materiału sprzętu podręcznego przedstawiono na przykładzie gaśnic przenośnych.

Zanim skonstruowano pierwsze gaśnice, stosowano m.in. skórzane wiadra. Pierwszymi „gaśnicami wodnymi” były tzw. szpryce drewniane, stosowane do gaszenia pożarów na przełomie XVIII i XIX wieku. Kilkanaście litrów wody za pomocą wewnętrznego tłoka była wyrzucana na odległość kilkunastu metrów.

Dalsze prace konstrukcyjne doprowadziły do powstania gaśnic, których działanie oparte było na reakcji chemicznej. W 1864 roku gaśnica taka została wyprodukowana we Francji. Jako środek gaśniczy, zastosowano w niej kwaśny węglan sodu i kwas winny. W 1904 roku wypro-



Rys. 10. Konstrukcja gaśnicy płynowej stożkowej.

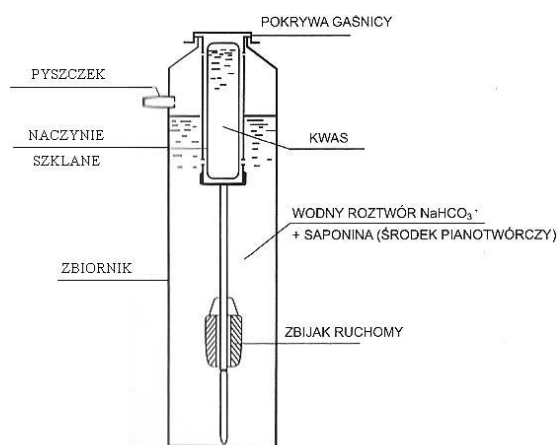
Fig. 10. Construction of fluid extinguisher

dukowano pierwszą gaśnicę pianową, w 1912 roku gaśnicę proszkową, a w 1925 roku gaśnicę tetrową (z czterochlorkiem węgla).

Pierwszą gaśnicą płynową, gaszącą strumieniem, była gaśnica zawierająca wodę lub wodny roztwór soli. Ładunek składał się z części zasadowej (wodorowęglan sodu) i kwaśnej (stężony kwas siarkowy). Zbiornik miał kształt cylindra lub stożka. Gaśnice, posiadały zbijak zewnętrzny a w celu ich uruchomienia uderzano nimi o twardy przedmiot, co powodowało rozbicie naczynia z kwasem. W wyniku reakcji chemicznej wydzielał się dwutlenek węgla, wytwarzało się ciśnienie około 4-6 atm, dzięki któremu płyn wydostawał się na zewnątrz.

Gaśnice ze zbijakiem wewnętrznym uruchamiano przez odwrócenie gaśnicy do góry dnem, a ostrze zbijaka rozbijało naczynie z kwasem, co powodowało reakcję chemiczną z częścią alkaliczną znajdującą się w zbiorniku a następnie wypływ płynu. W pierwszym okresie ręczka była przyspawana do korpusu gaśnicy, potem do dekla. W 1985 roku przeprowadzono korektę nazwy gaśnicy do wytwarzania piany chemicznej na GWP 9y (y- tzn. ciśnienie powstaje w wyniku reakcji chemicznej). Wewnątrz gaśnicy znajdował się słoje szklany o pojemności 1l, wkręcony w dekiel, zamknięty nakrętką z membraną z tektury parafinowanej.

W normie PN-92/C-83605 Środki gaśnicze. Ładunek do wytwarzania piany chemicznej określono wymagania szczegółowe – określono wymagania, program badań i aparaturę: przyrząd do wytwarzania piany chemicznej.(gaśnicę do wytwarzania piany chemicznej) wg Rys. 2. Określono również badania skuteczności gaśniczej, w tym wielkość testów A (jako 5A) i B (stosowano wannę stalową o grubości 2 – 2,5 mm o wymiarach wewnętrznych 1000 x 1000 x 300 mm.). Do wanny na warstwę 50 L wody wlewano 10 L benzyny i podopalało ją. Po 30 s od zapalenia gaszono pożar za pomocą przyrządu wychłodzonego w chłodziarce. Strumień piany wypływający z dyszy należało skierować na przeciwną ścianę wanny. Wynik ugaszenia uznawano za pozytywny, jeśli wszystkie płomienie zostały ugaszone.



Rys. 11. Gaśnica do wytwarzania piany chemicznej

Fig. 11. Chemical foam fire extinguisher



Rys. 12. Gaśnica wodna mgłowa typ GWM-6x AF

Fig. 12. Water mist fire extinguisher

Istotny postęp w rozwoju podręcznego sprzętu gaśniczego stanowiło opracowanie gaśnicy mgłowej.

Gaśnice wodne mgłowe

Pierwsze gaśnice mgłowe zostały opracowane na świecie w latach 50-tych ubiegłego stulecia. Mgła uzyskiwana z nich miała zdecydowanie większy stopień dyspersji kropli w porównaniu do aktualnie produkowanych.

Napełniona wodą zdemineralizowaną, czynnik napędowy – N2. Zastosowanie mgły wodnej – nietoksycznej, bezpiecznej dla ludzi środowiska nie powoduje dodatkowego uszkodzenia gaszonej odzieży GWM-3x AF.

Gaśnica wodna mgłowa typ GWM-6x AF

Przeznaczona jest do gaszenia pożarów grupy A (ciała stałe pochodzenia organicznego przy spalaniu których występuje zjawisko żarzenia (np. węgiel, drewno) i do pożarów grupy F (np. tłuszcze i oleje jadalne w urządzeniach kuchennych (frytkownice, urządzenia do pieczenia i smażenia) wraz z filtrami i wyciągami.

Nadaje się do gaszenia pożarów olejów i tłuszczów jadalnych, płonących na ludziach odzieży, ważnych dokumentów i urządzeń. Skutecznie gasi nie pozostawiając śladów po użyciu. Nadaje się do gaszenia urządzeń elektrycznych do 1000V.

Wpływ zmian przepisów na budowę i konstrukcję gaśnic przenośnych

W 1938 roku opracowano w naszym kraju Instrukcję o instalacji gaśnic zatwierdzoną przez Ministerstwo Spraw Wewnętrznych.

W dokumencie tym po raz pierwszy dokonano podziału gaśnic na: pływowe, pianowe, tetrowe (z czterochlorkiem węgla) i śniegowe (z dwutlenkiem węgla).

W tym samym roku Wydział Techniczny Związku Straży Pożarnych RP opracował projekty norm dla gaśnic: N-Pż-1/150-151. Gaśnice normalne. Warunki ogólne i budowa zatwierdzone przez Ministerstwo Spraw Wewnętrznych, które obowiązywały do 1948 roku.

W normach opisano następujące zagadnienia:

1. **Określenie pojęcia gaśnicy:** gaśnica jest to ręczny aparat przenośny do gaszenia pożaru w zarodku, zawierający substancję gaszącą oraz energię potrzebną do samoczynnego, niezwłocznego wyrzucenia tej substancji na zewnątrz.
2. **Części składowe gaśnicy:** zbiornik, urządzenie wewnętrzne, osprzęt, ładunek.
3. **Wielkości charakterystyczne gaśnicy:** podział gaśnic w zależności od środka gaśniczego, pojemność zbiornika w litrach, maksymalna objętość z uwzględnieniem ciężaru ładunku, maksymalny ciężar gaśnicy z ładunkiem (od 14 do 26 litrów), sposób uruchomienia gaśnicy (pływowe, pianowe, tetrowe – wbicie zbijaka do wnętrza zbiornika; a śniegowe i proszkowe – otwarcie zaworu.)
4. **Konstrukcje i wykonanie gaśnic.**

W czerwcu 1948 roku Główny Inspektorat Obrony Przeciwożarowej Ministerstwa Przemysłu i Handlu określił warunki techniczne wykonania i odbioru gaśnic terowych, śniegowych i proszkowych. Dla gaśnic pływowych i pianowych opracowano projekt normy PN-M-51051.

Następnie ukazywały się kolejne normy dotyczące konkretnych typów gaśnic i ich wyposażenia:

PN-64/M-51051 Gaśnice pianowe

PN-64/M-51051 Gaśnice proszkowe (wytyczne konstrukcyjne)

PN-59/M-51076 Gaśnice tetrowe

PN-61/M-51076 Gaśnice śniegowe

PN-67/M-51077 Prądownice do gaśnic i agregatów śniegowych

W 1975 roku ukazała się kolejna norma PN-75/M-51050, w której uporządkowano podział gaśnic i sposób ich oznaczeniach.

Przyjęto określenie gaśnicy: przenośny sprzęt gaśniczy uruchamiany ręcznie, (o całkowitej masie nie przekraczającej 20kg, jedynie dla gaśnic śniegowych dopuszczono 23kg), gotowy do natychmiastowego użycia.

W latach 1985 do 1988 pracownicy Centrum brali udział w opracowywaniu norm RWPG typu ST SEV W 1992 roku po wprowadzeniu w naszym kraju normy DIN EN 3 jako PN-92/PN-51079 arkusz 2, (opracowanej w Centrum) wyeliminowano gaśnicę chemiczną, ponieważ weszły wymagania w zakresie:

- a. przerywanego wypływu środka (muszą posiadać zawór lub pistolet),
- b. położenie robocze – wszystkie urządzenia uruchamiające powinny znajdować się w górnej części gaśnicy i gaśnica nie może być uruchamiana przez jej odwracanie.

W 2004 roku zostały w Polsce wprowadzono pierwsze normy serii PN- EN 3 Gaśnice przenośne. Praktycznie co roku są wprowadzane w nich zmiany.

Ostatnia wersja normy PN-EN 3-7:2008 „Gaśnice przenośne Część 7: Charakterystyki, wymagania eksploatacyjne i metody badań” jest z 2008 roku.

Systemy sygnalizacji pożarowej i kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła – elementy podnoszące poziom bezpieczeństwa w obiektach budowlanych

Rys historyczny

Dziedzina techniki, która zasługuje na szczególną uwagę ze względu na postęp, jaki się dokonał na przestrzeni ostatnich dziesięcioleci jest bez wątpienia elektronika i wszelkie nauki jej pokrewne. Niewątpliwie CNBOP-PIB ma również swój wkład w postęp technologiczny poprzez działalność Zespołu Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej (BA), której początki sięgają końca lat siedemdziesiątych ubiegłego wieku. Podstawowym zakresem działalności w tym okresie były zagadnienia związane z zabezpieczeniem przeciwpożarowym budynków i urządzeń technologicznych. Rozwój technik wykrywania pożaru stawiał przed pracownikami laboratorium duże wyzwania. Był to okres, w którym dzięki zastosowaniu materiałów promieniotwórczych wchodziły do powszechnego użycia techniki wykrywania dymu oparte na technologii wykorzystujące zjawisko jonizacji. W tych latach w CNBOP-PIB powstawały patenty i wzory użytkowe niejednokrotnie wykorzystywane

w praktyce. Duży wkład w rozwój myśli technicznej oraz innowacyjność w podejściu do badań była zawsze podstawą działalności CNBOP-PIB.

Zespół Laboratoriów BA jako jedno z niewielkiego grona laboratoriów w kraju i Europie, w tamtych latach było w posiadaniu, stanowisk badawczych umożliwiających badania wszystkich rodzajów czujek pożarowych: czujek dymu jonizacyjnych i konwencjonalnych, czujek temperatury, czujek liniowych, czujek płomieni IR/UV oraz czujek multidetektorowych. Badania tych urządzeń prowadzone były na kilku odrębnych stanowiskach takich jak kanał dymowy, kanał temperaturowy, oraz ławy optyczne. Jednym z osiągnięć, ostatniego dziesięciolecia działalności laboratorium w tym zakresie, było opracowanie i wykonanie stanowiska do badania czujek gazu. To stanowisko zostało przeznaczone do wyznaczania progu zadziałania czujek pożarowych, które posiadają detektor tlenku węgla oraz określenia wpływu gazów interferencyjnych na prawidłowe działanie czujek.

Badania urządzeń służących ochronie przeciwpożarowej prowadzone w CNBOP-PIB niejednokrotnie przyczyniały się do poprawienia jakości tych urządzeń, co miało jednocześnie wpływ na bezpieczeństwo pożarowe w obiektach budowlanych.

Lata 90-te to ogromny rozwój automatyki i elektroniki w budownictwie pojawienie się tzw inteligentnych budynków wyposażonych w rozmaite systemy służące do zapewnienia bezpieczeństwa pożarowego, dostępu niepowołanych osób, czy poprawy jakości życia wewnątrz nich. Te ostatnie rozwiązania coraz częściej pojawiają się z domach zabudowy jednorodzinnej. Zaliczyć do nich można z całą pewnością rozmaite systemy zarządzania oświetleniem, układy do sterowania ogrzewaniem powietrza, podłóg, automatyczną klimatyzację, zdalne sterowanie zasłonami okiennymi (roletami, żaluzjami), a także rozmaite urządzenia diagnostyczne, określające warunki panujące w domu. W wielu momentach naszego życia mamy do czynienia z pełną automatyzacją. Poprzez miniaturyzację i powszechność dostępu, technika dawniej zarezerwowana dla potrzeb militarnych i celów medycznych wkroczyła w każdy niemalże aspekt naszego życia.

Zmiany norm i wymagań

Wymagania dla elementów systemów sygnalizacji pożarowej i kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła zmieniały się na przestrzeni wielu lat. Na zmiany wymagań wpływ miało wiele czynników, głównie dążenie do podniesienia niezawodności urządzeń i ich jak największej funkcjonalności. Duży wpływ miała również wszechobecna miniaturyzacja komponentów czyli zmniejszanie rozmiarów urządzeń mechanicznych, optycznych i elektronicznych przy zachowaniu ich pełnej użyteczności.

Zmiany na rynku i udoskonalanie urządzeń wymagają ciągłej analizy i weryfikacji wymagań dla elementów systemów bezpieczeństwa.

Członkostwo Polski w Unii Europejskiej spowodowało konieczność stosowania wymagań zawartych w zharmonizowanych normach europejskich. Z drugiej strony krajowi eksperci w tym przedstawiciele CNBOP-PIB, poprzez udział w pracach Komitetu Technicznego 264 ds. Systemów Sygnalizacji Pożarowej przy Polskim Komitecie Normalizacyjnym, mają możliwość kreowania, opiniowania, analizy i weryfikacji wymagań obowiązujących na terenie całej Unii Europejskiej. Ponadto wprowadzenie Rozporządzenia MSWiA 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. z 2007 r. Nr 143 poz. 1002, Dz. U. z 2010 r. Nr 85 poz. 553) pozwoliło na określenie wymagań dodatkowych, które muszą być spełnione przez urządzenia działające w czasie zagrożenia. Wymagania te zawierają głównie rozwiązania instalacyjne, które są niezbędne, do prawidłowej pracy całego systemu, ale także zaostrzają poziomy narażeń środowiskowych, z uwagi na ostrzejszy klimat panujący w Polsce. Spełnienie tych wymagań poprawia bezpieczeństwo ratowników i osób ewakuowanych. Udział przedstawicieli CNBOP-PIB w opracowaniu i późniejszej aktualizacji wymagań zawartych w rozporządzeniu był możliwy dzięki ogromnej wiedzy praktycznej i badawczej uzyskanej na przestrzeni lat, co znajduje swoje odzwierciedlenie w postaci praktycznego wykorzystania wyników realizowanych projektów badawczo rozwojowych.

Projekty badawczo-rozwojowe

Realizacja projektów badawczo-rozwojowych pozwala na wdrażanie nowych technologii oraz podnoszenie jakości i niezawodności elementów systemów bezpieczeństwa. Wyniki realizowanych w CNBOP-PIB projektów z zakresu prewencji wykorzystywane są zarówno przez producentów systemów bezpieczeństwa, właścicieli obiektów budowlanych, jednostki samorządu terytorialnego, ale przede wszystkim przez jednostki ochrony przeciwpożarowej. Udział funkcjonariuszy Państwowej Straży Pożarnej i korzystanie z ich doświadczeń pozwala na najlepsze dostosowanie wyników w realizowanych projektach do potrzeb i oczekiwań odbiorców.

Ewolucja urządzeń przeciwpożarowych w tym stałych urządzeń gaśniczych w Polsce pod wpływem nauki - działalność ośrodków naukowych (CNBOP-PIB, SGSP) oraz ich wpływ na zapisy normowe i stanowione prawo

Urządzenia przeciwpożarowe

Urządzenia przeciwpożarowe w Polsce - należy przez to rozumieć urządzenia (stałe lub półstałe, uruchamiane ręcznie lub samoczynnie) służące do zapobiegania powstaniu, wykrywania, zwalczania pożaru lub ograniczania jego skutków, a w szczególności: stałe i półstałe

urządzenia gaśnicze i zabezpieczające, urządzenia inertyzujące, urządzenia wchodzące w skład dźwiękowego systemu ostrzegawczego i systemu sygnalizacji pożarowej, w tym urządzenia sygnalizacyjno-alarmowe, urządzenia odbiorcze alarmów pożarowych i urządzenia odbiorcze sygnałów uszkodzeniowych, instalacje oświetlenia ewakuacyjnego, hydranty wewnętrzne i zawory hydrantowe, hydranty zewnętrzne, pompy w pompowniach przeciwpożarowych, przeciwpożarowe kłapy odcinające, urządzenia oddymiające, urządzenia zabezpieczające przed powstaniem wybuchu i ograniczające jego skutki, kurtyny dymowe oraz drzwi, bramy przeciwpożarowe i inne zamknięcia przeciwpożarowe, jeżeli są wyposażone w systemy sterowania, przeciwpożarowe wyłączniki prądu oraz dźwigi dla ekip ratowniczych².

Znaczna część wyżej wymienionych rodzajów urządzeń przeciwpożarowych bada się oraz wydaje certyfikaty zgodności w CNBOP-PIB w Józefowie. W badanie urządzeń przeciwpożarowych zaangażowane jest w CNBOP-PIB 3 Zespoły Laboratoriów:

Zespół Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpożarowych (BS) w zakresie: stałych i półstałych urządzeń gaśniczych i zabezpieczających, urządzeń inertyzujących, hydrantów wewnętrznych i zaworów hydrantowych, hydrantów zewnętrznych oraz pomp w pompowniach przeciwpożarowych;

Zespół Laboratoriów Sygnalizacji Alarmu Pożaru i Automatyki Pożarniczej (BA) w zakresie: urządzeń wchodzących w skład dźwiękowego systemu ostrzegawczego i systemu sygnalizacji pożarowej, w tym urządzenia sygnalizacyjno-alarmowe, urządzenia odbiorcze alarmów pożarowych i urządzenia odbiorcze sygnałów uszkodzeniowych, instalacje oświetlenia ewakuacyjnego;

Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości (BW) w zakresie urządzeń zabezpieczających przed powstaniem wybuchu i ograniczających jego skutki.

Stosowanie urządzeń przeciwpożarowych

Stosowanie stałych urządzeń gaśniczych, systemów sygnalizacji pożarowej, dźwiękowych systemów ostrzegawczych i gaśnic, w budynkach i obiektach budowlanych w Polsce regulowane jest przede wszystkim rozporządzeniem Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. z dnia 22 czerwca 2010 r.). Stosowanie urządzeń gaśniczych, ze szczególnym uwzględnieniem urządzeń gaśniczych wodnych regulowane jest także rozporządzeniem 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).

Urządzenia przeciwpożarowe są wyrobami budowlanymi

Zgodnie z ustawą z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (Dz. U. z 2003 r. Nr 207, poz. 2016 oraz z 2004 r. Nr 6, poz. 41) urządzenia przeciwpożarowe, w tym stałe urządzenia gaśnicze są pojedynczymi wyrobami budowlanymi lub zestawami wyrobów budowlanych do stosowania we wzajemnym połączeniu stanowiącym integralną całość użytkową, przeznaczonymi do obrotu, wytworzonymi w celu zastosowania w sposób trwały w obiekcie budowlanym.

Wprowadzanie do obrotu i stosowania w Polsce urządzeń przeciwpożarowych jako wyrobów budowlanych

Urządzenia przeciwpożarowe, w tym stałe urządzenia gaśnicze lub ich integralne podzespoły mogą być wprowadzone w Polsce do obrotu, jeżeli nadają się do stosowania przy wykonywaniu robót budowlanych, w zakresie odpowiadającym jego właściwościom użytkowym i przeznaczeniu, to jest mają właściwości użytkowe umożliwiające prawidłowo zaprojektowanym i wykonanym obiektom budowlanym, w których mają być zastosowane w sposób trwały, spełnienie wymagań podstawowych, w tym dotyczących bezpieczeństwa pożarowego.

Kompletne urządzenie przeciwpożarowe lub wyspecyfikowane jego podzespoły mogą być wprowadzone w Polsce do obrotu i stosowane na podstawie systemu europejskiego i systemu krajowego.

System europejski to w skrócie oznakowanie zgodnie z przepisami wyrobu znakiem CE. Oznacza, że dokonano oceny jego zgodności z normą zharmonizowaną albo europejską aprobatą techniczną bądź krajową specyfikacją techniczną państwa członkowskiego Unii Europejskiej lub Europejskiego Obszaru Gospodarczego, uznaną przez Komisję Europejską za zgodną z wymaganiami podstawowymi.

System krajowy, umożliwiający oznakowanie wyrobów znakiem budowlanym B, pełni funkcję uzupełniającą w stosunku do systemu europejskiego. Jego zakres przedmiotowy będzie sukcesywnie ograniczany, w miarę powstawania norm zharmonizowanych i europejskich aprobat technicznych dla kolejnych wyrobów budowlanych i wynikającego z tego faktu obowiązku znakowania tych wyrobów znakiem CE.

Projektowanie stałych urządzeń gaśniczych

Urządzenia gaśnicze tryskaczowe

W dniu 9 lipca 2004 r. została zatwierdzona, a 15 września 2004 r. opublikowana, jako norma uznaniowa, PN-EN 12845:2004(U) Stałe urządzenia gaśnicze. Automataczne urządzenia tryskaczowe. Projektowanie, instalowanie i konserwacja. Norma jest identyczna z normą EN 12845:2003. Od 15 września norma ta zastępuje normę PN-M-51540.

Zamiast Polskiej Normy wykorzystywane są często wytyczne VdS CEA 4001:2003-01 (01). VdS CEA

² Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. z dnia 22 czerwca 2010 r.)

4001:2003-01 (01) Richtlinien für Sprinkleranlagen. Planung und Einbau wraz z postanowieniami przejściowymi Übergangsregelung S 1/2003³ są dokumentem, który pod względem technicznym odpowiada PN-EN 12845:2004.

Bardzo dużą popularność zdobył sobie w Europie amerykański standard projektowania urządzeń tryskaczowych, norma NFPA 13⁴. Przepisy amerykańskie są coraz bardziej powszechne i doceniane na całym świecie, także w Europie i jak obserwujemy w coraz większym zakresie, również w Polsce. Standard amerykański jest coraz częściej stosowany, szczególnie przy projektowaniu urządzeń tryskaczowych dla obiektów przemysłowych i budynków wysokościowych.

Urządzenia gaśnicze zraszaczowe

Zgodnie z obowiązującymi w Polsce zasadami wiedzy technicznej możliwe jest projektowanie i budowa urządzenia gaśniczego zraszaczowego według wymagań normy amerykańskiej NFPA 15 "Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection" oraz wytycznych VdS 2109 „Urządzenia zraszaczowe. Projektowanie i instalowanie”. Przygotowywane zostały również Europejskie Specyfikacje Techniczne CEN/TS 14816:2008 Fixed fire-fighting systems - Water spray systems - Design, installation and maintenance.

Urządzenia gaśnicze mgłowe

Urządzenia gaśnicze mgłowe projektuje się w oparciu o zatwierdzone wytyczne projektowania indywidualnie opracowane dla danego typu urządzenia oraz następujących standardów:

- NFPA 750: Standard on Water Mist Fire Protection Systems;
- CEN/TS 14972:2011 Fixed firefighting systems - Watermist systems - Design and installation.

Urządzenia gaśnicze pianowe

Zgodnie z zasadami wiedzy technicznej możliwe jest projektowanie i budowa urządzenia gaśniczego pianowego według wymagań norm amerykańskich: NFPA 11 „Standard for Low -, Medium - and High-Expansion Foam”, NFPA 11A „Standard for Medium- and High-Expansion Foam Systems” i NFPA 16 „Standard for the Installation of Foam-Water Sprinkler and Foam-Water Spray Systems” oraz normy PN-EN 13565-2:2009 Stałe urządzenia gaśnicze - Urządzenia pianowe - Część 2: Projektowanie, konstrukcja i konserwacja.

Urządzenia gaśnicze proszkowe

W Polsce wdrożono normę PN-EN 12416-2:2002 Stałe urządzenia gaśnicze. Urządzenia proszkowe. Część 2: Projektowanie, konstrukcja i konserwacja. Norma ta

jest identyczna do normy EN 12416-2:2001. Podobnie jak w przypadku innych urządzeń przeciwpożarowych, w tym gaśniczych, zgodnie z zasadami wiedzy technicznej możliwe jest projektowanie i budowa urządzenia gaśniczego proszkowego również według wymagań normy amerykańskiej NFPA 17 „Standard for Dry Chemical Extinguishing Systems” oraz NFPA 17A “Standard for Wet Chemical Extinguishing Systems”.

Urządzenia gaśnicze gazowe

W Polsce urządzenia gaśnicze gazowe projektuje się w oparciu o następujące standardy:

Urządzenia gaśnicze gazowe

W Polsce urządzenia gaśnicze gazowe projektuje się w oparciu o następujące standardy:

- PN-EN 15004-1:2008 Stałe urządzenia gaśnicze - Urządzenia gaśnicze gazowe – Część 1: Ogólne wymagania dotyczące projektowania i instalowania
- ISO 14520-1:2006 Gaseous fire-extinguishing systems - Physical properties and system design - Part 1: General requirements
- NFPA 2001 „Standard on Clean Agent Fire Extinguishing Systems”.
- VDS 2380:2009 Fire Extinguishing Systems Using Non-liquefied Inert Gases
- VDS 2381:2009 Fire Extinguishing Systems Using Halocarbon Gases

Instalacje wodociągowe przeciwpożarowe - hydranty wewnętrzne i zawory hydrantowe

Projektowanie i budowa instalacji wodociągowych przeciwpożarowych realizowana jest zgodnie z wymaganiami rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów (Dz. U. z dnia 22 czerwca 2010 r.) W przepisie tym określono m.in. zakres stosowania hydrantów wewnętrznych i zaworów hydrantowych, zasady i sposób ich rozmieszczenia oraz maksymalny zasięg, który w poziomie powinien obejmować całą powierzchnię chronionego budynku, strefy pożarowej lub pomieszczenia.

Aerozole gaśnicze wytwarzane pirotechnicznie

Aerozole gaśnicze wytwarzane pirotechnicznie pomimo że mogą pełnić funkcję stałych urządzeń gaśniczych to w polskim porządku prawnym nie zostały one dotychczas uznane jako pełnoprawne urządzenia przeciwpożarowe. Ich skuteczność oraz bezpieczeństwo stosowania zostały potwierdzone w wielu krajach na świecie w tym również w CNBOP-PIB. W dowód uznania ich skuteczności w walce z pożarami powstało szereg standardów i wytycznych projektowania z których warto wymienić trzy najczęściej stosowane w naszym kraju:

- CEN/TR 15276-2:2009 Fixed firefighting systems - Condensed aerosol extinguishing systems - Part 2: Design, installation and maintenance;

³ Wytyczne VdS CEA 4001:2003-01(01) wraz postanowieniami przejściowymi S 1/2003 zastępują wytyczne VdS 2092 Richtlinien für Sprinkleranlagen. Planung und Einbau, w oparciu, o które opracowana została Polska Norma PN-M-51540:1997 Urządzenia tryskaczowe. Wytyczne projektowania i instalowania oraz odbioru i eksploatacji.

⁴ Norma NFPA 13 „Installation of Sprinkler Systems”

- ISO 15779:2011 Condensed aerosol fire extinguishing systems - Requirements and test methods for components and system design, installation and maintenance - General requirements;
- NFPA 2010: Standard for Fixed Aerosol Fire Extinguishing Systems.

Ewolucja wybranych urządzeń gaśniczych i zabezpieczających w Polsce na przestrzeni ostatnich 20 lat

Zakaz stosowania halonów w urządzeniach gaśniczych spowodował rozwój urządzeń alternatywnych. Najbliższym ich zamiennikiem stały się urządzenia na chlorowcopochodne węglowodorów. Wysoka ich cena oraz prawne restrykcje w stosowaniu gazów fluorowanych, do których należą chlorowcopochodne węglowodorów, spowodował wzrost zainteresowania urządzeniami gaśniczymi na gazy obojętne oraz urządzeniami gaśniczymi wykorzystującymi niekonwencjonalne środki gaśnicze: mgłą wodną oraz aerozole gaśnicze wytwarzane pirotechnicznie. Urządzenia te znajdują coraz szersze zastosowanie a przy spadającej ich cenie stosowanie ich staje się coraz bardziej powszechne.

Aerozole gaśnicze wytwarzane pirotechnicznie w początkowym okresie ich stosowania w Polsce, datowanym na początek lat 90-tych, powodowały szereg zagrożeń – ich uruchomienie mogło spowodować wtórne zapalenie, dochodziło nie rzadko do rozerwania obudowy generatora aerozolu, a produktem spalania było oprócz aerozolu gaśniczego szereg szkodliwych dla ludzi produktów. W aktualnie stosowanych aerozolach zagrożenia te znacznie zniwelowano lub w ogóle wyeliminowano. Ich działanie gaśnicze dotyczy głównie płomienia toteż bardzo dobrze gaszą pożary grupy B, a przy odpowiednio wczesnym zadziałaniu również pożary grupy A.

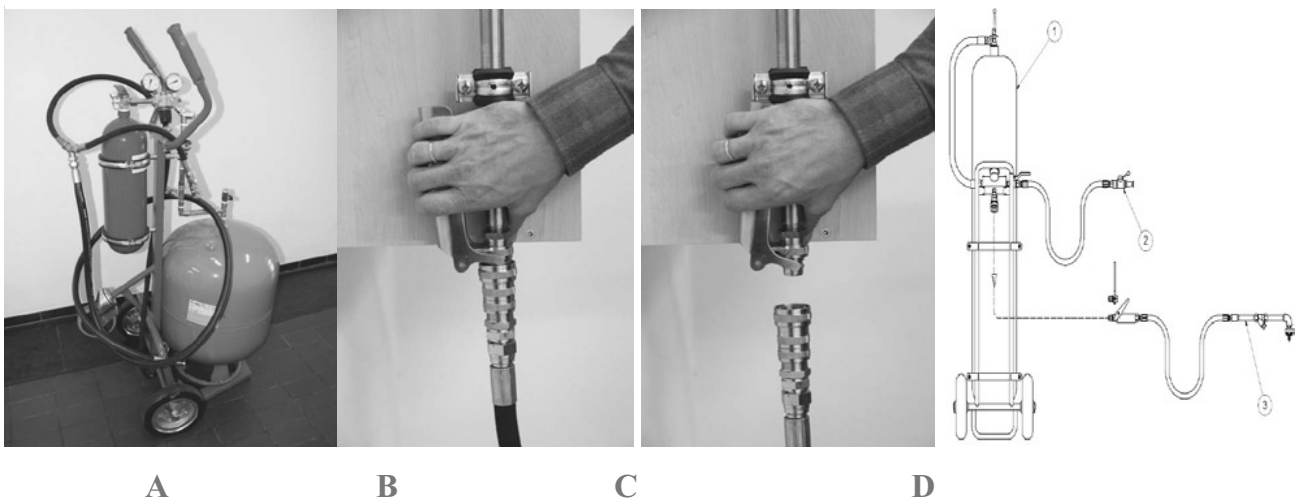
Przed 20 laty urządzenia gaśnicze na mgłę wodną nie były w Polsce w ogóle stosowane. Około 15 lat temu jednostkowe urządzenia mgłowe montowała wówczas firma Fire Stop ze Szczecina – głównie do gaszenia transformatorów. Następnie, około 10 lat temu do producentów urządzeń gaśniczych mgłowych dołączyła firma SupoCerber z Krakowa montując instalacje gaśnicze na drewnianych obiektach zabytkowych głównie drewnianych zabytkowych kościołach. Aktualnie liczba firm jak również aplikacji urządzeń gaśniczych mgłowych zwiększyła się kilkukrotnie.

Jednym z ciekawszych opracowań CNBOP-PIB w obszarze urządzeń gaśniczych na mgłę wodną jest opatentowane urządzenie GAM®

Urządzenie GAM® działa w ten sposób że:

1. W przypadku, gdy pod wpływem temperatury otworzy się głowica automatyczna mgłowa będąca cały czas pod ciśnieniem (moduł 3) to nastąpi wypływ mgły wodnej. Woda i tworząca się z niej mgła wodna jest wypychana ciśnieniem sprężonego gazu poduszki gazowej w butli lub gazu tłoczonego z dodatkowej butli ciśnieniowej. Generowana mgła wodna na głowicy mgłowej działa gaśniczo na pożar w promieniu ok. 1,5 m wokół głowicy. GAM® pełni tu funkcję automatycznego urządzenia gaśniczego;
2. W przypadku gdy personel obecny na obiekcie odłączy poprzez szybkozłączkę od modułu 3 część mobilną GAM® (czyli moduł 1 i 2); wówczas za pomocą wózka zintegrowanego z urządzeniem można przetransportować te dwa moduły w dowolne miejsce wystąpienia pożaru i tam za pomocą prądownicy gasić pożar – GAM® pełni wówczas funkcję gaśnicy przewoźnej;

Przeprowadzone badania pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:



Rys. 13. Urządzenie gaśnicze GAM ;A-Mobilna część GAM® w wersji 2-zbiornikowej, zbiornik na wodę $V=100\text{ l}$ i $P_{\text{rob}} < 16\text{ bar}$ oraz zbiornik na gaz roboczy $V=7\text{ l}$ i $P_{\text{rob}} < 200\text{ bar}$; B,C- Odłączanie modułu mobilnego od instalacji półstałej ;D -GAM® składający się z 2 modułów gaśniczych – mobilnego i stałego

Fig. 13. Fire extinguishing device GAM. A – mobile version of GAM in 2-tanks version, water tank $v=100\text{ l}$ and $P<16\text{ bar}$ and working gas - tank $v=7\text{ l}$ and $P<200\text{ bar}$. B-C – disconnection mobile module from semi-fixed installation; D – GAM consisting from 2 modules – mobile and fixed

1. Uzyskane wyniki badań i testów pożarowych pozwoliły na potwierdzenie przydatności stosowania GAM® do określonych aplikacji tj. w szczególności do pomieszczeń do wysokości 3 m.
2. W pomieszczeniach wielko-kubaturowych, zasadne jest zastosowanie systemu GAM® z głowicami otwartymi z elektronicznym systemem detekcji pożaru i sterowania gaszeniem. W pomieszczeniach takich uzasadnione jest zastosowanie kilku/kilkunastu systemów GAM® z synchronicznym uruchamianiem.
3. Na podstawie wyników badań własności mechanicznych, zmian barwy, zmian pH i innych na próbkach papieru, drewna, materiałów włókienniczych określono efekty stosowania wybranych modyfikatorów obniżających temperaturę krzepnięcia i środków gaśniczych z obniżoną temperaturą krzepnięcia do minus 30 C. Wskazano środek Temper S-30 jako najwłaściwsze medium gaśnicze w GAM® w obiektach narażonych na działanie temperatur ujemnych.
4. Przebadana szybkość otwarcia i czułość termiczna potwierdziły że głowice mgłowe z ampułką typu F1,5 typu „ultra fast” firmy JOB osiągają wartość $RTI = 15,73 (m \cdot s)^{1/2}$ co praktycznie jest szczytową wartością czułości termicznej tego typu GAM® może stanowić w wielu przypadkach ekwiwalent hydrantów wewnętrznych. W szczególności jest dedykowany do obiektów zabytkowych, w których poprowadzenie instalacji hydrantowej jest co najmniej problematyczne a w wielu przypadkach niemożliwe – czy to ze względów estetycznych, ekonomicznych, czy oddziaływania niskich temperatur.

Do ciekawych urządzeń przeciwpożarowych stosowanych od kilku lat w Polsce należą urządzenia obniżające stężenie tlenu popularnie zwane urządzeniami inertującymi. Urządzenie to, wykorzystując generator azotu obniża w zamkniętym pomieszczeniu stężenie tlenu do poziomu uniemożliwiającego powstanie pożaru.

Literatura

1. Klaus R., *Od pomysłu do wdrożenia*, Konferencja europejska polityka proinnowacyjna w aspekcie lubuskim, Gorzów Wlkp. 2007, str. 11-30, ISBN 13: 978-83-919790-5-1;
2. Czerniejewski B., *Nauka i innowacyjność na potrzeby gospodarki*, Infovide S.A., 2002, www.infovide.pl;
3. Głodek P., Gołębiowski M., *Transfer technologii w MŚP*, Vademecum Innowacyjnego Przedsiębiorcy, Warszawa, 2006;
4. Materiały Eurostat, Oslo Manual – aneks metodologiczny;
5. Wiszniewski A., Nauka a innowacje, http://pryzmat.pwr.wroc.pl/Pryzmat_195/;

Materiały źródłowe

6. <http://www.firehouse.com;>
7. <http://www.firegeezzer.com;>
8. Fire Max Sp. z o.o. Warszawa;
9. STEO Sp. z o.o. Warszawa;
10. Patent nr US1817418 - <http://www.prior-ip.com;>
11. Fabryki Maszyn „Bumar-Koszalin” S.A.;
12. Rozwój zaplecza logistycznego PSP. Pojazdy pożarnicze i wyposażenie — 20 lat rozwoju Zbigniew SURAL , Zbigniew BALA , Adam GONTARZ;
13. Kierunki rozwoju wyposażenia –Nowoczesne technologie w ratownictwie z uwzględnieniem realizowanych projektów badawczych Dariusz Czerwienko, Iza Bella, Leszek Jurecki ;
14. Mgła wodna w obiektach hotelowych .J. Seweryn Materiały z konferencji „Nauka i innowacyjność w ochronie przeciwpożarowej i ochronie ludności”, CNBOP-PIB 2012.

inż. Iza Bella

absolwentka Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, pracownik Zespołu Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpowozarowych w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpowozarowej im. Józefa Tuliszkowskiego - Państwowym Instytucie Badawczym.

bryg. mgr inż. Dariusz Czerwienko

absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, wieloletni pracownik CNBOP-PIB, kierownik i wykonawca wielu projektów związanych z techniką pożarniczą, autor wielu publikacji i monografii. Obecnie główny specjalista w KG PSP – kierownik Zespołu Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpowozarowych CNBOP-PIB.

dr inż. Jacek Roguski

jest adiunktem w Zespole Laboratoriów Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej i Technicznych Zabezpieczeń Pożarowych CNBOP-PIB Zajmuje się naukowo i praktycznie aspektami związanymi z ochronami osobistymi, instalacjami gaśniczymi oraz problemami niezawodności i eksploatacji . Jest autorem lub współautorem wielu artykułów monografii i referatów prezentowanych na konferencjach krajowych i zagranicznych

Dr hab. inż. **Tadeusz MACIAK**
mgr inż. **Przemysław CZAJKOWSKI**
Wydział Informatyki Politechniki Białostockiej

FDS. ANALIZA PROCESU OBLICZENIOWEGO SYMULACJI POŻARU W TUNELU¹

FDS. Analysis of the computational simulation of fire in the tunnel.

Streszczenie

W pracy, na przykładzie przeprowadzonej symulacji pożaru, porównano czasy obliczeń otrzymane z użyciem różnej ilości rdzeni mikroprocesora. Rozważany przypadek dotyczył jednej nitki tunelu samochodowego o długości 4000 m. Źródłem ognia była cysterna z benzyną, dla której założono moc źródła ognia 100 kW. Obliczenia dotyczyły szybkości rozprzestrzeniania się pożaru i badania skuteczności działania różnych rozwiązań wentylacji. Otrzymane przebiegi wielkości fizycznych typu temperatura, czy stężenie niebezpiecznych gazów miały drugorzędne znaczenie i nie były poddawane analizie oraz weryfikacji. Istotnym z punktu widzenia pracy był natomiast czas wykonania symulacji oraz przyspieszenie uzyskane przez zastosowanie wielu komputerów do obliczeń. Obliczenia zostały wykonane dla 4 przypadków: a/ stały rozmiar zadania do wykonania, rosnąca liczba procesów wykonujących te same zadanie, b/ stały rozmiar zadania do wykonania, różne liczby wątków wykonujących obliczenia, c/ rosnący rozmiar zadania obliczeniowego, rosnąca liczba procesorów wykonujących zadanie, d/ rosnący rozmiar zadania obliczeniowego, rosnąca liczba wątków wykonujących obliczenia. Do oceny otrzymanych czasów wykonania różnych przypadków symulacji zastosowano miary przyspieszenia obliczeń przy stałej wielkości zadania, wzrostu wydajności systemu przy stałej wielkości zadania oraz wzrostu wydajności systemu przy rosnącej wielkości zadania. W analizowanym przypadku przestrzeń symulacji została podzielona na n domen obliczeniowych wzdłuż osi najdłuższego boku tunelu. Obliczenia dla jednej domeny obliczeniowej zostały wykonane przez wersję szeregową FDS, która korzystała z jednego rdzenia procesora. W przypadkach z liczbą domen obliczeniowych większą od jedności, obliczenia zostały wykonane przez wersję równoległą FDS i używały różnej liczby rdzeni. Dla każdej z domen obliczeniowych, obliczenia przeprowadzał osobny proces. Każdy z procesów był przydzielony do osobnego rdzenia procesora. Do komunikacji między procesami wykorzystano mechanizm *Message Passing Interface* (MPI), który organizował komputer w logiczną maszynę z pamięcią rozproszoną. Odmiana FDS ograniczająca się do wykorzystania do obliczeń wielu rdzeni tego samego procesora została napisana przy użyciu dyrektyw *OpenMP*, natomiast wersja równoległa, która do obliczeń może używać zarówno komputerów połączonych w sieć, jak i wielu rdzeni jednego procesora korzysta z wywołań funkcji MPI. Wyniki przeprowadzonych eksperymentów numerycznych pokazały, że oba użyte mechanizmy przyspieszają obliczenia symulacji w stosunku do wykonania przez jeden rdzeń procesora choć nie w sposób liniowy. Czasy wykonania symulacji przez wersję *OpenMP* były znacząco wyższe niż MPI. Przebadano również skalowalność systemu rozumianego jako komputer oraz program. Również i w tym przypadku otrzymane wyniki wykazały, że lepiej zachowuje się wersja MPI. Wersja *OpenMP* okazała się nie skalowalną w przeprowadzonych eksperymentach. Porównując szybkości wykonywanych obliczeń na procesorach pochodzących od dwóch wiodących producentów Intel i AMD zauważono, że na procesorach Intel symulacje są wykonywane zdecydowanie szybciej.

Summary

In this paper, on the chosen example of the simulation of fire, compared the calculation times obtained using different number microprocessor cores. Considered case concerned a thread car tunnel with a length of 4000 m. The source of the fire was a tank of gasoline, which was founded for the fire power of 100 kW. Calculations related to the speed of the spread of the fire and test the effectiveness of various ventilation solutions. The resulting waveforms physical quantities such temperature, and the concentration of dangerous gases were of secondary importance and were not analyzed and verified. Important from the point of view of work execution time was while simulation and acceleration achieved by the use of multiple computers for calculations. The calculations were made for four cases: a / fixed size tasks to be performed, increasing the number of processes performing the same task, b / fixed size tasks to be performed, the number of threads performing various calculations, c / growing magnitude of the task calculation, a growing number of processors that perform the task, d / growing magnitude of the task calculation, a growing number of threads performing calculations. For the evaluation of execution times received different cases of measurement used to accelerate simulation calculations with a constant magnitude of the task, the growth performance of the system with a constant increase in the size of the task and

¹ Wkład obu autorów w powstanie artykułu wyniósł po 50%

the system performance by increasing the size of the task. In the present case the simulation space is divided into n computational domain along the longest side of the tunnel. Calculations for a single computational domain were made by the serial version of FDS, which used a single core processor. In the case of computing the number of domains is greater than unity, the calculation was performed by a parallel version of the FDS and used a different number of cores. For each of the computational domain, the calculations carried out separate process. Each treatment was assigned to a separate processor core. For inter-process communication mechanism used *Message Passing Interface* (MPI), which organized the computer in a logical distributed memory machine. FDS variant limiting the use of multiple cores for the calculation of the same processor was written using *OpenMP* directives, while parallel version, which can be used to calculate both the networked computers and multiple cores per processor uses the MPI function calls. The results of the numerical experiments shown that both mechanisms speed up the calculation used for the simulation performed by the one processor core, although not in a linear fashion. The time of the simulation by the *OpenMP* version were significantly higher than MPI. We investigated also scalability of the system defined as a computer and software. Also in this case the results show that behaves better version of MPI. *OpenMP* version turned out to be not scalable in the experiments. Comparing the speed of the processors of the calculation from two leading manufacturers Intel and AMD noted that Intel simulations are performed much faster.

Słowa kluczowe: FDS, modelowania rozwoju pożaru w pomieszczeniach zamkniętych;

Keywords: FDS, modeling the spread of fire in enclosed spaces;

1. Wstęp

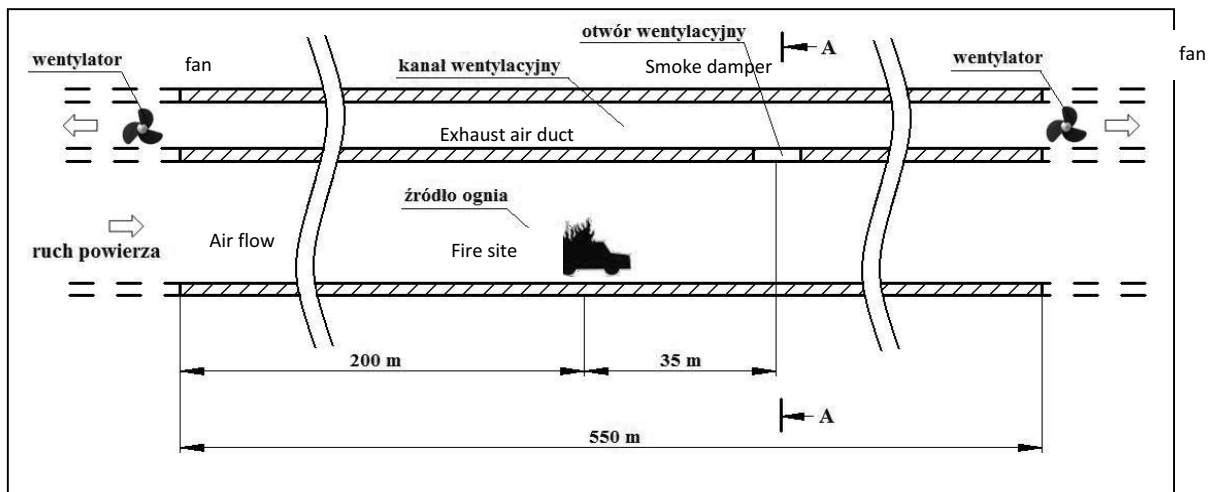
Celem poprzedniej pracy autorów [1] było zaprezentowanie algorytmów matematycznych służących do modelowania rozwoju pożaru w pomieszczeniach zamkniętych. Przedstawiony model hydrodynamiczny rozwiązuje numerycznie jedną z postaci przeznaczonych dla przepływów niedużej prędkości równań *Navier-Stokes'a* z uwzględnieniem zjawiska przepływu ciepła oraz spalin z ognia. We wspomnianym artykule zwrócono również uwagę na ograniczenia i uproszczenia w opisanych modelach.

W bieżącej publikacji, na przykładzie symulacji pożaru w tunelu, porównano czasy obliczeń otrzymane w przypadkach wykonania symulacji przez komputer z procesorem wielordzeniowym, z użyciem różnej ilości rdzeni do obliczeń oraz wykonania symulacji przez jeden rdzeń. Artykuł powstał na podstawie eksperymentów numerycznych, przeprowadzonych w ramach pracy [2] z wykorzystaniem oprogramowania FDS (*Fire Dynamics Simulator*) [3].

2. Założenia eksperymentu numerycznego

2.1. Przedmiot symulacji

Przypadek zrealizowanej symulacji pożaru, do badania zachowania się obliczeń prowadzonych równolegle przy użyciu wielu procesorów, został zaczerpnięty z pracy [4]. W zapożyczonym przykładzie obliczenia dotyczyły symulacji rozprzestrzeniania się pożaru i badania różnych rozwiązań wentylacji i jej skuteczności. W przypadku przeprowadzonych w ramach niniejszej pracy symulacji otrzymane przebiegi wielkości fizycznych typu temperatura, czy stężenie niebezpiecznych gazów mają drugorzędne znaczenie i nie były poddawane analizie i weryfikacji. Istotnym z punktu widzenia pracy był natomiast czas wykonania symulacji oraz przyspieszenie uzyskane przez zastosowanie wielu komputerów do obliczeń. Stąd też, do rozważań został wybrany jeden przykładowy przypadek przestrzeni symulacji.

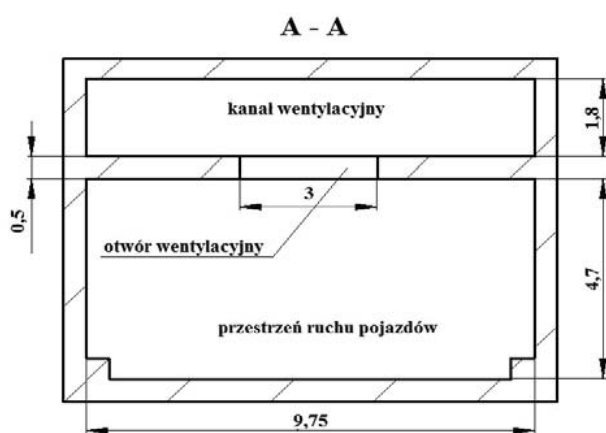


Ryc. 1. Wymiary tunelu dla rozpatrywanego przypadku symulacji wg. [4]

Fig. 1. Tunnel dimension for fire simulation cases, according to [4].

Rozważany przypadek dotyczy jednej nitki tunelu samochodowego o długości 4000 m. Z powodu na znaczne wymiary badanego obiektu i nie znaczny wpływ pożaru na przestrzeń znaczenie oddaloną od źródła ognia, autorzy opracowania [4], zdecydowali się na zmniejszenie symulowanej przestrzeni do 550 m. Schematyczny układ symulowanej przestrzeni przedstawia rysunek 1.

Źródłem ognia była cysterna z benzyną, dla której założono moc źródła ognia 100 kW. Źródło ognia zostało umieszczone 1800 m od wjazdu do tunelu, a 200 m od początku przestrzeni objętej symulacją. Wymiary przekroju poprzecznego przestrzeni przeznaczonej na ruch pojazdów wynosiły odpowiednio 9,75 m szerokości i 4,7 m wysokości. Ponad jezdnią znajdował się szyb wentylacyjny nad całą szerokością i długością tunelu o wymiarach 9,75 x 1,8 m. Wymiary przekroju tunelu przedstawiono na rysunku 2.



Ryc. 2. Przekrój rozważanego tunelu, wg. [4].

Fig. 2. Cross section of the tunnel under consideration, according to [4].

Na zakończeniach kanału wentylacyjnego znajdowały się dwa wentylatory wyciągające powietrze. Założono, że ich wydajność wynosiła po 160 m³/s na dwóch końcach kanału wentylacyjnego. Dodatkowo, przez wejście do tunelu dostawał się do przestrzeni symulacji strumień świeżego powietrza o szybkości przepływu 148 m³/s. Na końcach tunelu ciśnienie zostało ustalone na poziomie domyślnego ciśnienia atmosferycznego (101 325 Pa). Otwór łączący kanał wentylacyjny z przestrzenią ruchu został usytuowany 35 m od źródła ognia. Wymiary wspomnianego otworu wynosiły 8 m x 3 m. Założono, że ściany tunelu mają

grubość 0,5 m i są wykonane z betonu o właściwościach podanych w tabeli 1.

2.2. Założenia obliczeniowe

Obliczenia dla przedstawionego zdarzenia pożaru w tunelu zostały wykonane dla 4 przypadków:

- stały rozmiar zadania do wykonania, rosnąca liczba procesów wykonujących te same zadanie;
- stały rozmiar zadania do wykonania, różne liczby wątków wykonujących obliczenia;
- rosnący rozmiar zadania obliczeniowego, rosnąca liczba procesorów wykonujących zadanie;
- rosnący rozmiar zadania obliczeniowego, rosnąca liczba wątków wykonujących obliczenia.

Do oceny otrzymanych czasów wykonania różnych przypadków symulacji zastosowano 3 miary: przyspieszenie obliczeń przy stałej wielkości zadania, wydajność systemu przy stałej wielkości zadania oraz wydajność systemu przy rosnącej wielkości zadania.

2.2.1. Określenie przyspieszenia obliczeń wykonywanych w sposób równoległy

Przyspieszenie dla obliczeń wykonywanych równolegle określono zgodnie ze wzorem:

$$S(p) = T(1)/T(p) \quad (1)$$

Gdzie:

$T(1)$ – czas obliczeń, przy podziale przestrzeni symulacji na jedną domenę obliczeniową, wykonywanych przez wersję szeregową oprogramowania FDS,

$T(p)$ – czas obliczeń, przy podziale na więcej niż jedną domenę obliczeniową, wykonywanych przez wersję równoległą oprogramowania FDS,

p – liczba procesorów wykonujących obliczenia równolegle.

Idealnym przyspieszeniem jest $S(p) = p$ – (przyspieszenie liniowe).

2.2.2. Określenie wydajności systemu przy stałym rozmiarze zadania

Wydajność systemu jest ilorazem osiągniętego przyspieszenia do idealnego przyspieszenia liniowego. Określa ją wzór:

$$(p) = S(p)/p = T(1)/pT(p) \quad (2)$$

Gdzie:

$S(p)$ – przyspieszenie określone wzorem (1),

Tabela 1.

Table 1.

Właściwości materiału użytego do konstrukcji ścian tunelu, źródło: [4].

Properties of the material used to construct the tunnel wall, source: [4].

gęstość (density)	2280 kg/m ³
ciepło właściwe (specific heat)	1,04 kJ/kg·K
przewodnictwo cieplne (thermal conductivity)	1,8 W/m·K
emisyjność (emissivity)	0,9
współczynnik absorpcji (absorption coefficient)	5 · 10 ⁴ 1/m

p – liczba procesorów wykonujących obliczenia równoległe.

2.2.3. Określenie wydajność systemu przy rosnącym rozmiarze zadania

Wydajność systemu, będąca funkcją dwóch zmiennych: liczby procesorów oraz wielkości zadania, została określona wzorem:

$$E(n,p) = T(n,1)/pT(n,p) \quad (3)$$

Gdzie:

n – względny rozmiar zadania w stosunku do najmniejszego zadania użytego w porównaniu; dla najmniejszego zadania $n = 1$,

p – liczba procesorów wykonujących obliczenia,

$T(n,1)$ – czas wykonania zadania o rozmiarze n przez wersję szeregową FDS,

$T(n,p)$ – czas wykonania zadania o rozmiarze n przez p procesorów przez wersję równoległą FDS.

2.3 Parametry stacji obliczeniowej

Eksperyment numeryczny został przeprowadzony na komputerze, którego podstawowe parametry przedstawia tabela 2. Obliczenia powtarzano 3 krotnie dla każdego z przypadków.

Tabela 2.

Parametry komputera użytego do przeprowadzenia eksperymentu numerycznego

Table 2

The parameters used to carry out computer numerical experiment

Parametr (parameter)	Wartość (value)
Typ procesora (Processor type)	Intel(R) Core(TM) 2 Quad Q6600
Liczba rdzeni (Number of Cores)	4
Częstotliwość taktowania jednego rdzenia (A core clock speed)	2,4 GHz
Wielkość pamięci RAM (Size of the RAM)	4,0 GB
System operacyjny (Operating System)	Windows 7, 64-bit

Szczegółowe wyniki przeprowadzonych obliczeń znajdują się w pracy [2].

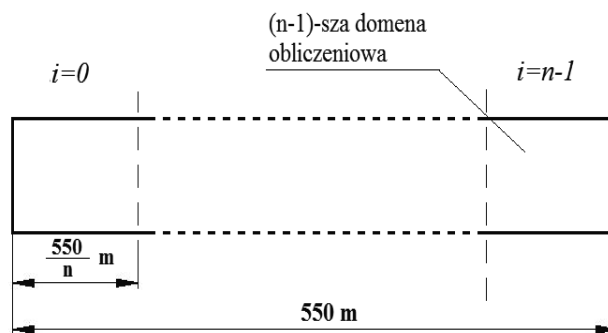
3. Wyniki eksperymentu numerycznego

3.1. Stała wielkość zadania, rosnąca liczba procesorów

W analizowanym przypadku przestrzeń symulacji została podzielona na n (od 1 do 4) domen obliczeniowych wzdłuż osi najdłuższego boku tunelu. Podział przestrzeni symulacji przedstawia rysunek 3.

Każda z domen obliczeniowych została podzielona na

taką samą liczbę komórek o rozmiarach ok. 0,69 m x 0,67 m x 0,67 m każda. Liczby komórek przypadających na jedną domenę obliczeniową przedstawia tabela 3.



Ryc. 3. Podział przestrzeni symulacji na domeny obliczeniowe.

Fig. 3. Division of the computational domain simulation.

Tabela 3.

Liczba komórek przypadających na domeny obliczeniowe

Table 3

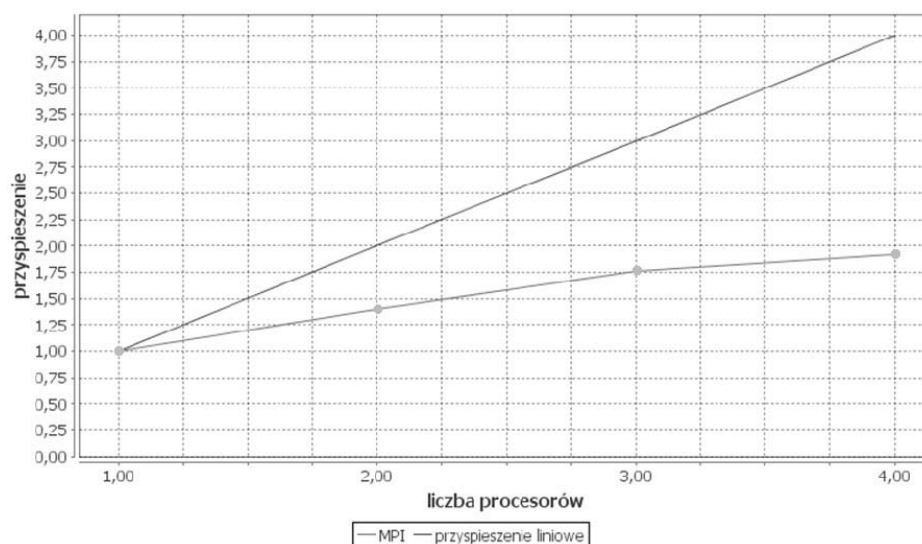
Number of cells per computational domain

Liczba domen (Number of domains)	Liczba komórek w domenie (The number of cells in the domain)	Liczba wszystkich komórek (The total number of cells)
1	152 256	152 256
2	76 128	152 256
3	50 688	152 064
4	38 064	152 256

Obliczenia dla jednej domeny obliczeniowej zostały wykonane przez wersję szeregową FDS, która korzystała z jednego rdzenia procesora. W przypadkach z liczbą domen obliczeniowych większą od jedności, obliczenia zostały wykonane przez wersję równoległą FDS i używały różnej liczby rdzeni. Dla każdej z domen obliczeniowych, obliczenia przeprowadzał osobny proces. Każdy z procesów był przydzielony do osobnego rdzenia procesora. Przydzielaniem procesów do procesorów zajmował się system operacyjny [5]. Do komunikacji między procesami wykorzystano mechanizm *Message Passing Interface* (MPI) [6], który organizuje komputer w logiczną maszynę z pamięcią rozproszoną, pomimo, że faktycznie, komputer użyty do przeprowadzenia eksperymentu był maszyną ze wspólną pamięcią [7].

Średnie arytmetyczne otrzymanych czasów wykonania symulacji zawiera tabela 4.

Wyznaczone na podstawie wzoru (1) przyspieszenie uzyskane w wyniku dodawania kolejnych procesorów prezentuje tabela 4. Otrzymane wyniki dla 2 i 3 procesorów są zbliżone – wzrost przyspieszenia na każdy dodatkowy procesor na poziomie ok. 35 – 40% w stosunku do zadania



Ryc. 4. Wykres wartości przyspieszenia obliczeń przy stałym rozmiarze zadania obliczeniowego w funkcji liczby procesorów wykonujących obliczenia.

Fig. 4. The graph of acceleration calculations in fixed-size computing task as a function of the number of processors that perform the calculation.

wykonywanego przez jeden procesor. Jest to także wynik podobny do wyników opisywanych w Internecie, na forum użytkowników FDS.

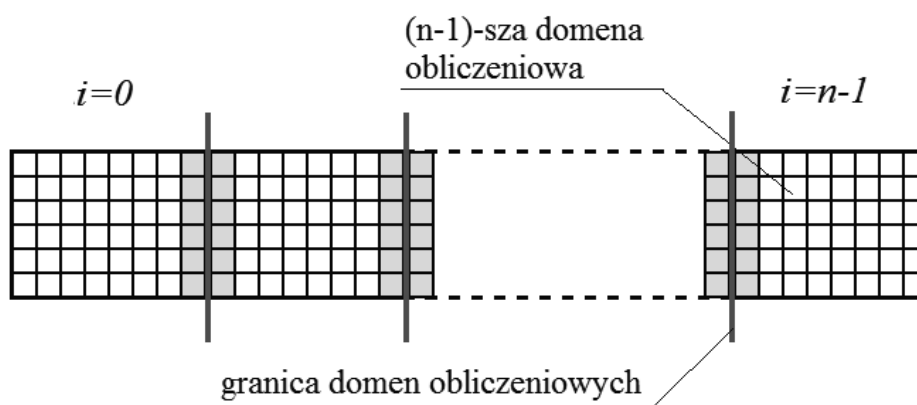
Nieco niższym rezultatem charakteryzuje się przypadek wykonany przez 4 procesory – wzrost przyspieszenia o około 18 % w stosunku do zadania wykonywanego przez jeden procesor. Przyczyną takiego stanu jest to, że w przypadku liczby domen, na które podzielono przestrzeń symulacji, mniejszej od liczby rdzeni procesora, obliczenia dla domen były wykonywane przez osobne procesy, które z kolei przeważnie wykonywały się na różnych rdzeniach procesora, przez co nie konkurowały ze sobą o przyznanie procesora przez system operacyjny. Wtedy, przynajmniej jeden z rdzeni pozostawał w znacznej mierze nie używany do obliczeń, zwykle był wykorzystywany do obsługi innych zadań systemu operacyjnego. W przypadku dodania 4 domen, procesy były wykonywane zwykle na osobnych rdzeniach, ale pojawił się problem rywalizacji o czas procesora z innymi zadaniami systemu operacyj-

nego, czego efektem jest mniejszy wzrost przyspieszenia przy wykonaniu obliczeń przez 4 rdzenie w stosunku do obliczeń wykonanych przez 3 rdzenie.

Porównanie przyspieszenia z przypadkiem idealnym – przyspieszeniem liniowym, prezentuje rysunek 4.

3.1.1. Komunikacja między procesami

W przypadku podziału zadania pomiędzy kilka procesorów, poszczególne domeny obliczeniowe muszą się nawzajem komunikować w celu wymiany wartości wyznaczanych wielkości fizycznych przylegających granicach. Wymianie podlegają wielkości z granicznych komórek obliczeniowych sąsiadujących domen. Czas poświęcony na komunikację może być odczytany z plików wyjściowych otrzymanych w wyniku obliczeń. Przy stałym rozmiarze zadania obliczeniowego wraz ze wzrostem liczby domen obliczeniowych, na które dzieli się przestrzeń symulacji, rośnie liczba komórek, dla których do obliczeń są potrzebne wartości z sąsiedniej domeny obliczeniowej.



Ryc. 5. Podział płaszczyzny na domeny obliczeniowe z zaznaczeniem komórek granicznych w przyległych domenach obliczeniowych.

Fig. 5. The division plane of the computational domain selection border cells in adjacent computing domains

Takie komórki występują na granicach przyległych domen obliczeniowych. Przykład takiej sytuacji na płaszczyźnie prezentuje rysunek 5, gdzie zaprezentowano podział prostokątnej płaszczyzny na n części. Każda z n części jest podzielona na komórki obliczeniowe. Czerwonymi liniami zostały zaznaczone granice przylegających domen. Szarym kolorem wypełniono komórki, dla których wymagana jest wymiana informacji z komórkami z sąsiedniej domeny.

W przypadku przeprowadzonych eksperymentów numerycznych, przestrzeń symulacji została podzielona na jednakowe domeny obliczeniowe wzdłuż najdłuższego boku tunelu tak, jak jest to przedstawione na rysunku 3. Zastosowano taki podział ze względu na redukcję ilości komórek, które wymagają komunikacji z sąsiednią domeną – powierzchnia styku sąsiednich domen jest przy takim podziale najmniejsza.

Otrzymany procentowy udział czasu poświęconego na komunikację między domenami obliczeniowymi w stosunku do całego czasu obliczeń w pojedynczej domenie został zestawiony w tabeli 5.

niż w przypadku domeny 1.

Inna sytuacja ma miejsce w przypadku obliczeń prowadzonych przez 3 procesory. Tutaj także wszystkie domeny obliczeniowej obejmują dokładnie takie same rozmiary, z tym, że dwie domeny: domena 1 oraz domena 3 obejmują obszary na obu końcach symulowanego tunelu, domena 2 znajduje się pomiędzy nimi, obejmuje obszar, gdzie znajduje się źródło ognia. Domeny 1 oraz 3 nie komunikują się ze sobą bezpośrednio, a robią to jedynie z domeną 2. Natomiast domena 2, musi komunikować się z dwoma sąsiadującymi domenami, czyli dwa razy więcej komórek wymaga wymiany informacji niż w domenach 1 i 3. Wyjaśnia to, dlaczego pomimo większego zadania obliczeniowego z tytułu obecności źródła ognia w domenie 2, procentowo poświęcony czas na komunikację stanowi większą część całego czasu obliczeń niż w przypadku domen 1 i 3.

Przypadek z czterema procesorami jest przykładem innej sytuacji, gdzie pomimo dokładnie takiej samej liczby sąsiadujących komórek w poszczególnych domenach, jak w przypadku 3 procesorów, procentowe udziały ko-

Tabela 5.

Procentowy udział czasu poświęconego na komunikację w poszczególnych domenach obliczeniowych w stosunku do całego czasu obliczeń, przy użyciu różnej liczby procesów, dla stałego rozmiaru zadania

Table 5.

Percentage of time spent on communication in various computing domains with respect to the computation time, with a different number of processes for a fixed size task

Liczba procesorów (Number of processors)	Procent całkowitego czasu obliczeń poświęcony na komunikację (Percentage of total time spent on communication calculations)			
	Domena 1 (Domain 1)	Domena 2 (Domain 2)	Domena 3 (Domain 3)	Domena 4 (Domain 4)
1	0.00 %	-----	-----	-----
2	0.86 %	0.66 %	-----	-----
3	0.86 %	1.29 %	0.90 %	-----
4	1.26 %	1.83 %	2.10 %	1.33 %

Procenty czasów poświęconych na komunikację w domenach obliczeniowych różnią się między sobą nawet w obrębie tego samego przypadku (w domenach obliczeniowych dla tego samego zadania). Np. dla przypadku wykonywanego przez 2 procesory czasy poświęcone na komunikację są różne, pomimo tego, że dwie domeny obejmują fragmenty przestrzeni symulacji o dokładnie takich samych wymiarach, dokładnie taka sama jest też ilość komórek, które wymagają wymiany informacji. Powodem takiego stanu jest niesymetryczny charakter podziału przestrzeni symulacji – w jednej z domen znajduje się źródło ognia oraz otwór wentylacyjny, co powoduje obecność dodatkowych obliczeń w tej domenie ponad obliczenia wykonywane, w drugiej z domen, gdzie obliczenia dotyczą jedynie przepływu gazów, rozprzestrzeniania się ciepła i nagrzewania się ścian tunel. Oznacza to, że taki sam czas poświęcony na komunikację będzie stanowił mniejszy procent całych obliczeń w przypadku domeny 2

munikacji między domenami są większe niż wariantu z podziałem na 3 domeny. Dzieje się tak, ponieważ domeny obejmują mniejsze fragmenty przestrzeni symulacji, co oznacza mniejsze zadania obliczeniowe, natomiast ilość komórek, dla których należy wymienić informacje pomiędzy domenami jest taka sama.

3.2. Rosnący rozmiar zadania, rosnąca liczbaprocessorów

Obliczenia przeprowadzono przy użyciu wersji FDS wykorzystującej wywołania MPI. Scenariusze symulacji zostały zdefiniowane w ten sposób, że cała przestrzeń symulacji była dzielona na n (do 1 do 4) domen obliczeniowych, tak jak zostało to opisane w punkcie 3.1. i przedstawione na rysunku 3. Obliczeniami dla jednej domeny zajmował się jeden rdzeń procesora. Zamiana rozmiaru zadania została osiągnięta przez zmianę rozmiaru komórek, na które była podzielona domena obliczeniowa. Przy-

jęto, że zadanie o rozmiarze dwukrotnie większym będzie wtedy, gdy liczba komórek w domenie będzie dwukrotnie większa.

Eksperymenty numeryczne przeprowadzono na komputerze, którego parametry przedstawiono w tabeli 2. Do obliczeń wykorzystano od 2 do 4 procesorów, które były przydzielane przez system operacyjny osobnym rdzeniom procesora. Przeprowadzono po 3 próby dla wszystkich rozmiarów zadania obliczeniowego. Punktem odniesienia do oceny otrzymanych czasów wykonania symulacji z użyciem wielu procesorów były czasy wykonania zadań o takim samym rozmiarze jak zadania wykonywane przez wiele procesorów wykonane przez jeden procesor, przez wersję szeregową FDS. Średnie arytmetyczne otrzymanych czasów wykonania symulacji dla poszczególnych przypadków wykonywanych w zależności od liczby procesorów wykonujących zadanie oraz średnie czasy wykonania tych samych zadań przez wersję szeregową FDS przedstawia tabela 6.

Przeprowadzenie eksperymentu z rosnącą wielkością zadania pozwoliło zbadać skalowalność systemu. System należy rozumieć jako parę: komputer oraz program do symulacji. Otrzymane czasy wykonania poszczególnych przypadków wskazują na znaczne skrócenie czasu wykonania zadań na kilku procesorach w stosunku do czasu wykonania tych samych zadań przez wersję szeregową FDS. Otrzymane rezultaty wskazują na spadek wydajności systemu na poziomie do ok. 10% na każdy dodatkowy proces i jednoczesny wzrost zadania obliczeniowego dla liczby procesorów 2 oraz 3. Dla liczby procesorów równej 4 spadek wydajności jest większy – na poziomie 20%. Przyczyną większego spadku wydajności dla obliczeń wykonywanych na wszystkich rdzeniach procesora jest obecność innych zadań w systemie operacyjnym, które muszą być wykonywane. W przypadku liczby procesorów wykonujących obliczenia mniejszej niż liczba dostępnych rdzeni w systemie, te inne zadania wykonywane przez system operacyjny były głównie wy-

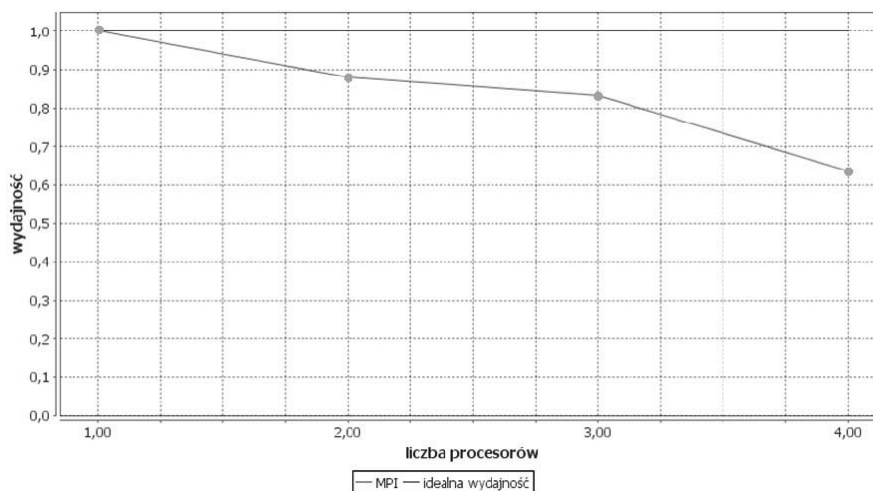
Tabela 6.

Czasy wykonania symulacji przy użyciu różnej liczby procesorów, dla rosnącego rozmiaru zadania

Table 6.

The time of the simulation using different numbers of processors, the growing size of the task

Liczba procesorów (Number of processors)	Liczba komórek (Number of cells)	Rozmiary komórek [m] (Cell size [m])	Czas wykonania (MPI) [sek] (Execution time (MPI) [sec])	Czas wykonania (szeregowy) [sek] (Execution time (serial) [sec])	Wydajność (wg. wzoru 3) (Performance (according to formula 3))
1	40 000	1,1 x 1,08 x 1	3103.2	3103.2	1.0
2	81 900	0,87 x 0,83 x 0,8	3026.2	5328.0	0.88
3	121 110	0,79 x 0,77 x 0,8	3816.0	9540.0	0.833
4	152 256	0,7 x 0,67 x 0,67	4248.0	10790.0	0.635



Ryc. 6. Wykres wydajności systemu przy rosnącym rozmiarze zadania obliczeniowego od liczby procesorów wykonujących obliczenia.

Fig. 6 Chart performance of the system with the increasing size of the task calculation of the number of processors that perform calculations.

konywane na niewykorzystywanym do obliczeń rdzeniu procesora, przez co w niewielkim stopniu konkurowały o przyznanie procesora z procesami wykonującymi obliczenia. Otrzymane wydajności wyznaczone zgodnie z wzorem (3) prezentuje tabela 6. Porównanie uzyskanej wydajności prezentuje wykres 6.

udział komunikacji rósł wraz ze wzrostem liczby komórek. Taką sytuację na płaszczyźnie prezentuje rysunek 7.

W przykładzie 1 z rysunku 7 płaszczyzna została podzielona na dwie domeny, każda po 48 komórek. W tym przypadku w domenie 1, wymiany informacji z domeną 2 wymaga 6 komórek (komórki zaznaczone na szaro).

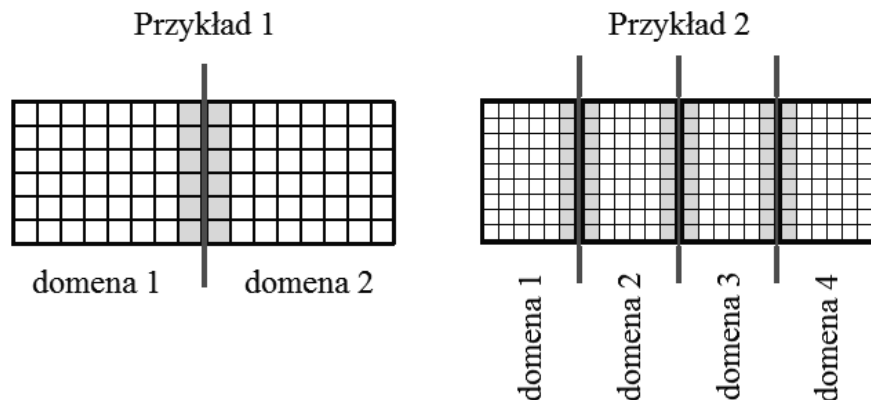
Tabela 7.

Procentowy udział czasu poświęconego na komunikację w poszczególnych domenach obliczeniowych w stosunku do całego czasu obliczeń, przy użyciu różnej liczby procesów, dla rosnącego rozmiaru zadania

Table 7.

Percentage of time spent in each domain communication for computing the time of computation, using a number of different processes for increasing the size of the task

Liczba procesorów (Number of processors)	Procent całkowitego czasu obliczeń poświęcony na komunikację (Percentage of total time spent on communication calculations)			
	Domena 1 (Domain 1)	Domena 2 (Domain 2)	Domena 3 (Domain 3)	Domena 4 (Domain 4)
1	0.00 %	-----	-----	-----
2	1.32 %	1.67 %	-----	-----
3	1.39 %	2.07 %	1.50 %	-----
4	2.04 %	3.00 %	3.38 %	2.26 %



Ryc. 7. Podział płaszczyzn na domeny obliczeniowe z zaznaczeniem komórek.

Fig. 7. Division planes on computational domain, indicating the cells.

3.2.1. Komunikacja między procesami

Procentowy udział czasu poświęconego na komunikację pomiędzy domenami w stosunku do całego czasu obliczeń w poszczególnych domenach przedstawia tabela 7. Do zjawisk opisanych w punkcie 3.1.1., które także dotyczą eksperymentu z rosnącym rozmiarem zadania obliczeniowego, dochodzi jeszcze jedno. W tym przypadku liczba komórek w domenie obliczeniowej była podobna niezależnie od liczby procesorów wykonujących zadania. Zostało to osiągnięta przez zwiększanie liczby komórek w domenie obliczeniowej wraz ze wzrostem liczby procesorów wykonujących zadanie. Zatem można uznać, że samo zadanie obliczeniowe było stałe, zmieniała się natomiast liczba komórek dla których należało wymienić informację z sąsiednimi domenami, właśnie dlatego procentowy

Natomiast przykład 2 prezentuje podział tej samej płaszczyzny na 4 domeny obliczeniowe. W każdej domenie znajdują się w przybliżeniu tyle samo komórek jak w podziale z przykładu 1 (54 komórki), zmianie uległa ilość komórek, które wymagają komunikacji – np. w domenie 1 jest ich 9. Taka sama sytuacja miała miejsce w badanym scenariuszu symulacji, tyle że podział dotyczył przestrzeni, nie jak w przedstawionym przykładzie, płaszczyzny.

3.3. Stała wielkość zadania, rosnąca liczba wątków

Obliczenia przeprowadzono przy użyciu wersji FDS wykorzystującej dyrektywy *OpenMP* [8]. W tym przypadku, cała przestrzeń symulacji została określona w jednej domenie obliczeniowej. Domena była podzielona na 152 256 komórek o rozmiarach ok. 0,64m x 0,67 m x 0,67 m każda.

Tabela 8.

Czasy wykonania symulacji przy użyciu różnej liczby wątków, dla stałego rozmiaru zadania

Table 8

The time of the simulation using different numbers of threads, for a fixed size task

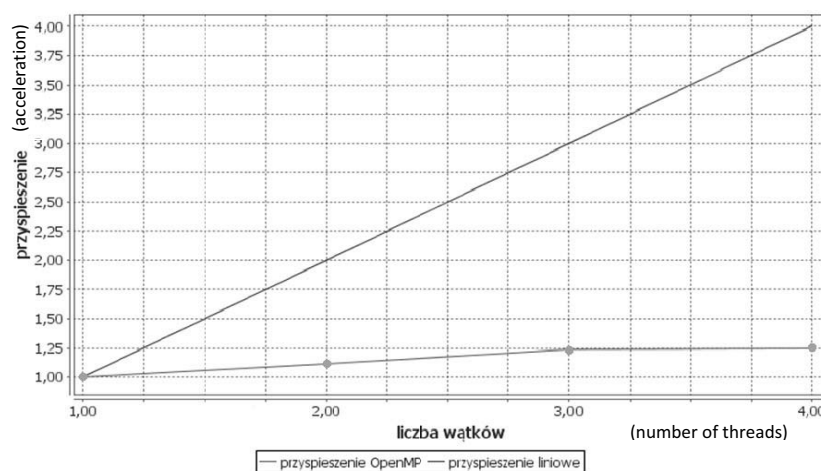
Liczba wątków (Number of threads)	Czas wykonania symulacji [sek] (Simulation execution time [sec])	Przyspieszenie obliczeń (Acceleration calculations)	Wydajność obliczeń (Performance calculations)
1	9870.0	1.0	1.0
2	8835.0	1.117	0.557
3	7963.0	1.23	0.412
4	7876.0	1.253	0.312

Obliczenia dla domeny były wykonywane przez pulę wątków o różnej wielkości, którą zarządzał system operacyjny [9]. Rozmiar puli wątków był określany ręcznie przed uruchomieniem obliczeń przez ustawienie zmiennej środowiskowej systemu operacyjnego OMP_NUM_THREADS na pożądaną liczbę wątków. W przypadku obliczeń prowadzonych przez wiele wątków, każdy z wątków otrzymuje pojedyncze zadanie, dla którego obliczenia mogą być prowadzone niezależnie. Takim zadaniem może być wyznaczenie wielkości dla jednej komórki domeny obliczeniowej dla pojedynczego kroku czasowej.

Eksperymenty numeryczne zostały przeprowadzone na komputerze, którego parametry zostały opisane w tabeli 2. Do obliczeń wykorzystano od 2 do 4 wątków. Przeprowadzono po 3 próby dla każdej liczby wątków. Punktem odniesienia wyników były czasy wykonania uzyskane przez wykonanie obliczeń szeregową wersją FDS. Średnie arytmetyczne otrzymanych czasów wykonania zostały umieszczone w tabeli 8.

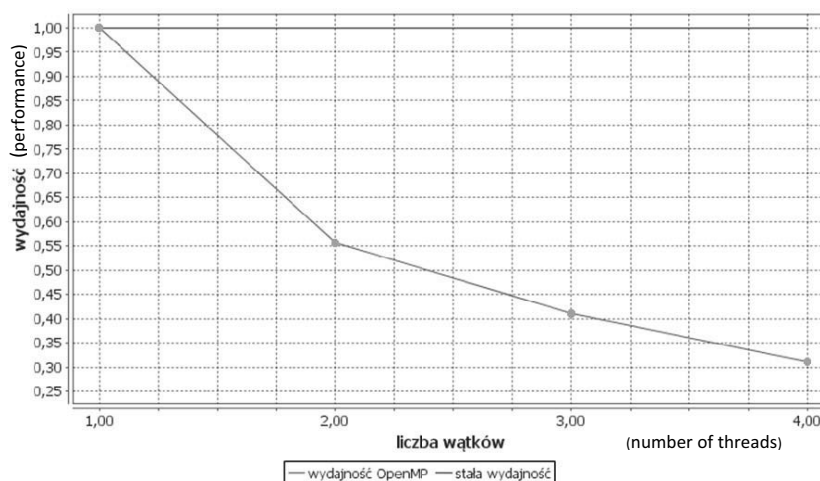
Otrzymane czasy wykonania symulacji wskazują na niewielkie przyspieszenie obliczeń uzyskane przez wykonywanie ich z użyciem wielu wątków. Dla badanej symu-

lacji maksymalne osiągnięte przyspieszenie wyznaczone zgodnie ze wzorem (1) nie przekroczyło poziomu 1,3 dla 4 wątków wykonujących zadanie. Dla liczby wątków nie przekraczającej 3 dodawanie kolejnego wątku do puli wykonującej obliczenia skutkowało wzrostem przyspieszenia obliczeń o około 10% w stosunku do obliczeń prowadzonych przez wersję szeregową FDS. Ta tendencja nie występuje w przypadku dodania 4 wątku do puli wykonującej obliczenia. Przyczyną takiego stanu jest to, że w przypadku liczby wątków mniejszej od liczby rdzeni procesora, wątki były wykonywane na różnych rdzeniach, przez co nie konkurowały ze sobą o przyznanie procesora przez system operacyjny. Jeden z rdzeni pozostawał w znacznej mierze nie używany do obliczeń, zwykle był wykorzystywany do obsługi innych zadań systemu operacyjnego. W przypadku dodania 4 wątku do puli wykonującej obliczenia, wątki były wykonywane zwykle na osobnych rdzeniach, ale pojawił się problem rywalizacji o czas procesora z innymi zadaniami systemu operacyjnego, czego efektem jest minimalny wzrost przyspieszenia przy wykonaniu obliczeń przez 4 wątki w stosunku do obliczeń wykonanych przez 3 wątki. Porównanie przyspieszenia



Ryc. 8. Przyspieszenie obliczeń w zależności od liczby wątków wykonujących obliczenia (przy stałym rozmiarze zadania obliczeniowego).

Fig. 8. Acceleration calculation depending on the number of threads performing calculations (with a fixed-size calculation task).



Ryc. 9. Wydajności systemu obliczeń w zależności od liczby wątków wykonujących obliczenia (przy stałym rozmiarze zadania obliczeniowego).

Fig. 9. Computing system performance depending on the number of threads performing calculations (at constant size calculation task).

obliczeń, wyznaczonego zgodnie z wzorem (1), z przypadkiem idealnego przyspieszenia liniowego prezentuje rysunek 8. Konsekwencją niewielkiego wzrostu przyspieszenia obliczeń jest spadająca wydajność systemu, która została wyznaczona zgodnie ze wzorem (2). Porównanie wydajności z przypadkiem idealnym, gdy wydajność pozostaje stała prezentuje rysunek 9.

3.4. Rosnąca wielkość zadania, rosnąca liczba wątków

Podobnie jak w poprzednim przypadku opisanym w punkcie 3.3., obliczenia wykonano przy użyciu wersji FDS wykorzystującej dyrektywę *OpenMP*. Cała przestrzeń symulacji zawierała się w obrębie jednej domeny obliczeniowej. Sterowanie liczbą wątków odbywało się przez ustawianie zmiennej środowiskowej *OMP_NUM_THREADS* systemu operacyjnego na pożądaną liczbę wątków. W tym przypadku oprócz liczby wątków wykonujących obliczenia, zmianie ulegał również rozmiar zadania do wykonania. Zmiana rozmiaru zadania została osiągnięta przez zmianę rozmiaru elementarnych komórek, na które

jest podzielona domena obliczeniowa. Przyjęto, że zadanie o rozmiarze dwukrotnie większym będzie wtedy, gdy liczba komórek w domenie będzie dwukrotnie większa. Niestety nie jest to przybliżenie idealne, gdyż różny rozmiar komórek, może mieć bezpośredni wpływ na otrzymane prędkości przepływu, które z kolei są podstawą do określenia, czy krok czasowy dla wykonywania obliczeń nie jest zbyt duży. Jeżeli zmiana rozmiaru komórek będzie miała wpływ na prędkość przepływu do tego stopnia, że nie będą spełnione warunki (11), będzie to oznaczać więcej obliczeń niż wynikałoby to tylko z samego zwiększenia liczby komórek. W przypadkach stworzonych do testów do takiej sytuacji nie dochodziło, ponieważ użyto stałej wartości kroku czasowego, jednak dla bardziej złożonych scenariuszy symulacji wystąpienie tego zjawiska jest bardzo prawdopodobne.

Parametry komputera, na którym wykonano eksperymenty przedstawia tabela 2. Do obliczeń wykorzystano od 2 do 4 wątków. Przeprowadzono po 3 próby dla każdej liczby wątków. Za punkt odniesienia do otrzymanych wyników posłużyły czasy wykonania obliczeń dla zadań

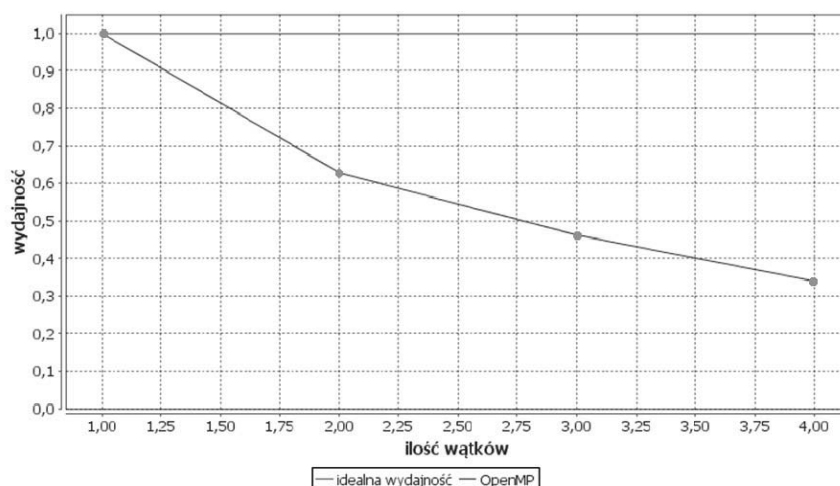
Tabela 9.

Czasy wykonania symulacji przy użyciu różnej liczby wątków, dla rosnącego rozmiaru zadania

Table 9.

The time of the simulation using different numbers of threads, the growing size of the task

Liczba wątków (Number of threads)	Liczba komórek (Number of cells)	Rozmiary komórek [m] (Cell size [m])	Czas wykonania (OpenMP) [sek] (Execution time (OpenMP) [sec])	Czas wykonania (szeregowa) [sek] (Execution time (serial) [sec])	Wydajność (wg. wzoru 3) (Performance (according to formula 3))
1	40 000	1,1 x 1,08 x 1	3103.0	3103.0	1.0
2	81 900	0,87 x 0,83 x 0,8	4248.0	5328.0	0.627
3	121 110	0,79 x 0,77 x 0,8	6870.0	9540.0	0.463
4	152 256	0,7 x 0,67 x 0,67	7980.0	10790.0	0.338



Ryc. 10. Wydajność systemu obliczeń przy rosnącym rozmiarze zadania obliczeniowego w funkcji liczby wątków wykonujących obliczenia

Fig. 10. System performance calculations with the increasing size of computational tasks as a function of the number of threads performing calculations

o zwiększonych rozmiarach przez szeregową wersję FDS. Średnie arytmetyczne czasów wykonania symulacji przez wersję *OpenMP* oraz odpowiadające im średnie czasów wykonania przez wersję szeregową, rozmiary zadań prezentuje tabela 9.

Eksperyment numeryczny z rosnącą liczbą komórek do obliczeń miał celu zbadanie skalowalności systemu. System należy rozumieć jako współzależny kompleks: komputer + program do symulacji. Otrzymane w wyniku eksperymentów czasy wykonania symulacji z użyciem różnej liczby wątków wskazują na niewielki zysk jeżeli chodzi o skrócenie czasu wykonania symulacji w stosunku do zadania wykonywanego przez pojedynczy wątek. Zachowanie się symulacji jest zbliżone dla badanego przypadku przy stałym rozmiarze zadania opisanego w punkcie 3.3. Skrócenie czasu wykonania zadań, w stosunku do symulacji wykonywanych przez jeden wątek, rośnie o ok. 10 % przez dodanie kolejnego wątku do puli wykonującej obliczenia. Nie dotyczy to liczby wątków równej 4, gdzie wzrost jest mniejszy – na poziomie ok. 5 %. Powody takiej sytuacji zostały opisane w punkcie 3.3. Nie znaczne skrócenie czasu wykonania oznacza spadającą wydajność systemu. Rysunek 10 pokazuje tendencję spadku wydajności systemu. Oznacza to, że pomimo równoczesnego dwukrotnego wzrostu rozmiaru zadania i dwukrotnego wzrostu liczby wątków wykonujących zadanie, nie udało się utrzymać stałej wydajności systemu.

4. Podsumowanie

Modelowanie pożaru jest zagadnieniem trudnym do opisanego matematycznie. Jeszcze trudniejsze jest przeniesienie modelu matematycznego do odpowiednio szybkiego i dokładnego oprogramowania, które będzie rozwiązywać ten model. Najczęściej wymienianym w publikacjach naukowych środowiskiem do symulacji pożarów jest *Fire Dynamics Simulator*. FDS stworzono z myślą o użyciu na

komputerach osobistych, przez co model matematyczny przeniesiony na grunt programu posiada wiele uproszczeń. W wyniku rozwoju oprogramowania powstały wersje, które wykorzystują nowoczesne architektury procesorów wielordzeniowych oraz pozwalają prowadzić obliczenia równolegle na wielu komputerach połączonych przy pomocy sieci. Odmiana ograniczająca się do wykorzystania do obliczeń wielu rdzeni tego samego procesora została napisana przy użyciu dyrektyw *OpenMP*, natomiast wersja równoległa, która do obliczeń może używać zarówno komputerów połączonych w sieć, jak i wielu rdzeni jednego procesora korzysta z wywołań funkcji MPI. Z całą pewnością obie odmiany przyspieszają obliczenia symulacji w stosunku do wykonania przez jeden rdzeń procesora. Przeprowadzone w ramach pracy [4] eksperymenty numeryczne polegające na pomiarze czasu wykonania tych samych zadań przez różne wersje FDS, wykazały, że odmianą, która charakteryzowała się większym przyspieszeniem obliczeń w stosunku do wersji wykonywanej przez jeden rdzeń procesora, była wersja oparta o wywołania MPI. Idealnym wynikiem byłaby sytuacja, w której zadanie wykonywane przez n procesorów wykonywało się n razy krócej. Taka sytuacja w praktyce jest nieosiągalna poza pewnymi specyficznymi przypadkami. Wynika to z faktu, iż w programie nie wszystkie czynności dają się zrównoleglić.

Otrzymane w wyniku eksperymentów czasy wykonania symulacji przez wersję *OpenMP* były znacząco wyższe niż MPI. Przykładowo, użycie dwóch rdzeni procesora w przypadku MPI pozwoliło na skrócenie czasu obliczeń o blisko 30 % w stosunku do obliczeń wykonywanych przez jeden rdzeń, natomiast w przypadku *OpenMP* w analogicznej sytuacji, udało się skrócić obliczenia o nieco ponad 10 %. Wyniki te potwierdzają opinie, jakie można odnaleźć na oficjalnym forum internetowym projektu FDS odnośnie wersji MPI, ale również potwier-

dzają, deklaracje twórców na temat wersji *OpenMP* o niedoskonałości tej odmiany FDS, jeżeli chodzi o uzyskanie przyspieszenia obliczeń.

Inna grupa eksperymentów numerycznych pozwoliła zbadać skalowalność systemu rozumianego jako komputer wraz z oprogramowaniem. Również i w tym przypadku otrzymane wyniki wykazały, że lepiej zachowuje się wersja MPI - przy jednoczesnym proporcjonalnym zwiększaniu rozmiarów zadania obliczeniowego i liczby procesorów wykonujących to zadanie, wydajność takiego systemu nieznacznie spadała. Jest to wynik zdecydowanie korzystny. Natomiast wersja *OpenMP* okazała się nie skalowalną w przeprowadzonych eksperymentach.

Należy pamiętać, że wyniki mogą się różnić, w zależności od konkretnego scenariusza symulacji oraz zastosowanego podziału zadania pomiędzy procesory.

W trakcie definiowania scenariusza symulacji oraz jego testów wyszło na jaw kilka problemów, z którymi można się spotkać w trakcie definiowania przypadku. Pierwszym, było przenoszenie zdefiniowanego i testowanego scenariusza symulacji na systemie operacyjnym 32 – bitowym na system 64 – bitowy. Zdarzały się sytuacje, w których symulacje wykonywały się w pełni na jednym z systemów, natomiast na drugim ta sama symulacja, była przerywana ze względu na niestabilność obliczeń. Oznacza to, że należy poważnie podchodzić do wskazówek określonych w [10] na temat unikania niestabilności obliczeń, zwłaszcza wtedy, gdy definiowany scenariusz symulacji ma być wykonywany na różnych platformach systemowych.

Drugim, istotnym spostrzeżeniem, jest szybkość wykonywania się symulacji na komputerach z procesorami różnych producentów: firmy Intel oraz AMD. Na procesorach Intel symulacje są wykonywane zdecydowanie szybciej. Powodem tego jest kompilacja źródeł przy użyciu kompilatorów Intel zarówno do Fortrana i C++.

Pomimo podjętych prób w trakcie pisania niniejszej pracy nie udało się uruchomić symulacji w wersji równoległej FDS, wykorzystującej MPI, na klastrze obliczeniowym Wydziału Informatyki Politechniki Białostockiej „Mordor 2”. Problemem okazała się nieobecność kompilatora Fortranu na wyżej wymienionym klastrze, natomiast rozpowszechniane na stronie projektu skompilowane wersje FDS nie działały prawidłowo. Jest to z pewnością zagadnienie godne uwagi, dające możliwość szerszego zbadania problematyki prowadzenia obliczeń symulacji pożaru równolegle, z użyciem większej liczby procesorów.

Literatura

1. Maciak T., Czajkowski J., *Matematyczne modelowanie pożaru w pomieszczeniach zamkniętych*. [materiał przyjęty do publikacji];
2. Czajkowski P., *Metody i algorytmy modelowania pożaru w pomieszczeniach zamkniętych*, praca dyplomowa mgr., Politechnika Białostocka, Wydział Informatyki 2010. Promotor Maciak T.;

3. Fire Dynamics Simulator and Smokeview (FDS-SMV), [online], Official Website, Hosted at the National Institute of Standards and Technology (NIST), [on line] [dostęp 27.09.2012], Dostępny w internecie: <http://fire.nist.gov/fds/index.html> ;
4. Chi-Ji Lin, Yew Khoy Chuah., *A study on long tunnel smoke extraction strategies by numerical simulation*, Tunnelling and Underground Space Technology, 2008, vol. 23. s. 522-530;
5. Silberschatz A., Galvin P. B., *Podstawy systemów operacyjnych*. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne Warszawa., 2005;
6. Oficjalna witryna internetowa projektu MPICH2 [on line] [dostęp 27.09.2012], Dostępny w Internecie: <http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpich2/> ;
7. Grama A., Gupta A., Karypis G., Kumar V., *Introduction to Parallel Computing* [online]. Wyd. 2. Essex: Addison – Wesley, 2003 [dostęp 27.09. 2012], Dostępny w Internecie: <http://books.google.com/books?id=B3jR2EhdZaMC>;
8. Oficjalna witryna internetowa projektu OpenMP, [on line] [dostęp 27.09 2012], Dostępny w Internecie: <http://openmp.org/> ;
9. Ben-Ari M., *Podstawy programowania współbieżnego i rozproszonego*, Warszawa Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, 1996;
10. Oficjalna witryna internetowa projektu MPICH2, [on line] [dostęp 27.09. 2012], Dostępny w Internecie: <http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpich2/> ;

dr hab. inż. Tadeusz Maciak

prof. SGSP urodził się 1949 roku w Warszawie. Studia na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej ukończył w roku 1973. Po studiach rozpoczął pracę w Instytucie Technologii Elektronowej Politechniki Warszawskiej (obecnie Instytut Mikro i Optoelektroniki). Zajmował się problemami związanymi z optoelektroniką. Pracę doktorską obronił na Wydziale Elektroniki Politechniki Warszawskiej w roku 1982. W roku 1991 rozpoczął pracę na Wydziale Informatyki Politechniki Białostockiej. W roku 1994 obronił pracę habilitacyjną na Wydziale Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. W roku 1998 równolegle podjął pracę w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. W latach 2001-2006 Dziekan specjalności „Systemy Informatyczne w Technice i Zarządzaniu” w Wyższej Szkole Ekonomiczno-Technicznej w Legionowie. W ostatnich latach jego zainteresowania koncentrują się na wykorzystaniu aparatu informatycznego w rozwiązywaniu zagadnień związanych z ogólnie pojętym bezpieczeństwem wewnątrz państwa. Prowadzi prace związane z problematyką procesu wspomagania podejmowania decyzji w Państwowej Straży Pożarnej. W kręgu jego zainteresowań znajdują się również wszelkiego typu symulacje komputerowe zagrożeń pożarowych oraz problematyka ewakuacji ludności z zagrożonych obiektów.

mgr inż. Przemysław Czajkowski

urodził się w 1987 roku w Białymstoku. W roku 2005, po skończeniu IV Liceum Ogólnokształcącego, rozpoczął studia na Wydziale Informatyki Politechniki Bia-

łostockiej na specjalności Inżynieria Oprogramowania. Studia ukończył 2010 roku. Obecnie pracuje w firmie komputerowej w Białymstoku.

Wskazówki dla Autorów

Maszynopis: Maszynopis w języku ojczystym Autora nie powinien przekraczać 22 stron (formatu A4, Times New Roman 12 pkt.), pisany bez podziału na kolumny, (łącznie 40 000 znaków razem ze spacjami). Artykuły prosimy przysyłać w wersji drukowanej oraz w postaci elektronicznej w formacie Word.

Autor: Przy nazwisku autora/ów należy podać pełną nazwę i adres instytucji, a w przypadku autora wiodącego także adres korespondencyjny (tel., fax oraz e-mail) - do wiadomości redakcji.

Tytuł: Tytuł powinien być krótki i zwięzły. (Times New Roman 16 pkt).

Abstrakt: Abstrakt w języku angielskim i polskim (lub języku ojczystym i angielskim), długości do 250 słów, powinien odzwierciedlać strukturę i treść pracy. (Times New Roman 10 pkt)

Słowa kluczowe: Należy podać słowa kluczowe, zarówno w języku polskim, jak i angielskim, zawierające łącznie do 10 wyrazów. Słowa kluczowe nie powinny być powtórzeniem tytułu.

Tekst: Struktura artykułu musi odpowiadać ogólnym zasadom przygotowywania publikacji naukowych. Wstęp powinien zawierać syntetyczną prezentację stanu wiedzy na dany temat oraz określenie celu i zakresu pracy. Informacje na temat materiałów i metod badań powinny umożliwiać powtórzenie procedur i otrzymanie porównywalnych wyników. Wyniki powinny być przedstawione wyczerpująco i jasno, a ich interpretacja porównana z wynikami innych autorów. Zakończenie powinno przedstawiać jasno sformułowane wnioski wynikające z uzyskanych wyników i ich interpretacji.

Literatura: Odwołania do literatury w tekście artykułu powinny zawierać nazwisko autora i rok publikacji. W dołączonym spisie „Literatura” należy zamieścić wszystkie cytowane pozycje w porządku alfabetycznym wg nazwisk (pierwszego z autorów w przypadku prac zespołowych), wymieniając wszystkich autorów. Nazwiska pisane cyrylicą powinny być podane w transkrypcji zgodnie z normą PN-83/N-01201. Zalecane jest odwoływanie się głównie do publikacji recenzowanych. Tytuły czasopism należy podawać w pełnym brzmieniu.

Tabele, ryciny, ilustracje: Tabele należy dodatkowo przygotować w oddzielnym załączniku. Rysunki, zasadniczo czarno-białe, należy nadsyłać w formie gotowej do druku. Wszystkie tytuły, opisy i podpisy tabel i rysunków muszą być maksymalnie krótkie ze względu na konieczność dublowania ich w wersji angielskiej.

Copyright: Razem z korektą autor prześle do Wydawcy oświadczenie, że składa przedłożoną wersję do druku, przekazuje zbywalne prawa autorskie na rzecz CNBOP

oraz, że praca nie była wcześniej publikowana, a także że praca nie narusza praw autorskich innych osób.

Zapraszamy Autorów, niezależnie od afiliacji, do nadsyłania swoich prac.

Artykuły należy przysyłać na adres :

**Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpó-
rowej**

im. Józefa Tuliszkowskiego

Państwowy Instytut Badawczy

ul. Nadwiślańska 213

05-420 Józefów k/Otwocka

Kwartalnik CNBOP

e-mail : jcybulska@cnbop.pl; cnbop@cnbop.pl

Requirments for authors

Manuscripts should not exceed 22 pages (A4 size) of standard typescript, 40,000 total characters including spaces and should be written in Polish or in the other conference language. A paper manuscript should come along with an electronic one in the Word format.

Author: The name of the author/authors should be accompanied by the name and address of the institution, also by his/her correspondence address (phone, fax and e-mail) - information only for Secretary of Edition.

Title: The title should be short and concise.

Abstract: The abstract should be in English and polish or in the mother's tongue of the author and English, have no more than 250 words, depict the paper's structure and contain the most essential information.

Key words: The paper should include key words or phrases (in English and mother's tongue of the author) counting in total no more than 10 words. The key words should not repeat the title of the paper.

Text: The main body of the article should follow the general rules of scientific writing and be adequately structured. The Introduction should define the scope of the work in relation to other relevant works done in the same field. Material and Methods content should allow the replication of observations / experiments. Results should be presented with clarity and precision, followed by Discussion containing interpretation of obtained results.

References: Literature citations in the text should contain the name of the author and the year of publication. At the end of the paper, under the "References" heading all items mentioned in the text should be placed in alphabetical order under the first author's name, citing all authors. The names and titles written in Cyrillic alphabet should be given in transliteration according to the PN-83/N-01201 standard. It is recommended to refer to the reviewed publications only. Journal titles should be given in full.

Tables, figures and illustrations: Tables should be in the text and additionally prepared separately, out of the text (and sent as an enclosure). Figures, black-white as a rule should be printing ready, taking not too much space. Photographs are allowed provided that they contribute essential information to the text. If a figure is to be minimized in size, its legend should be big enough to make it readable after minimizing.

Copyright: Along with the correction, the author shall send to the Publisher a declaration form by which he/she sends a paper to press and confirms that the paper has not been published before. The authors are requested to attach to their scientific papers a declaration that the paper does not infringe other persons' copyrights.

Author's copies: The author (and the co-authors) receives for free 1 author's copies of the article.

We invite Authors, regardless of their affiliation, to submit their papers.

The papers should be sent to:

**Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpó-
rowej**

Państwowy Instytut Badawczy

im. Józefa Tuliszkowskiego

ul. Nadwiślańska 213

05-420 Józefów k/Otwocka

CNBOP's Quarterly

e-mail : jcybulska@cnbop.pl; cnbop@cnbop.pl

Recenzenci kwartalnika „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza” 2012r.

1. **Dela Feliks**, generał brygadier;
2. **Dubrawski Zbigniew**, dr inż., – Prywatna Wyższa Szkoła Biznesu i Administracji;
3. **Dudaček Aleš**, prof. dr. inż. – Uniwersytet Technologiczny w Ostrawie;
4. **Gontarz Adam**, bryg. mgr inż. – Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej;
5. **Harmata Władysław**, prof. dr hab. inż. – Wojskowa Akademia Techniczna;
6. **Janik Paweł**, dr inż. – Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej;
7. **Jaskółowski Waldemar**, dr inż. – Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
8. **Jopek Tadeusz**, st. bryg. mgr inż. – Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej;
9. **Karlikowski Tytus**, prof. dr hab. inż. – emerytowany profesor SGSP;
10. **Karpovič Zbignev**, PhD – Uniwersytet Technologiczny w Wilnie;
11. **Koch Rainer**, prof. dr eng. – Institute for Fire and Rescue Technology in Dortmund;
12. **Konecki Marek**, prof. dr hab. inż. – Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
13. **Kosiorek Mirosław**, prof. dr hab. inż. – Politechnika Warszawska;
14. **Kosowski Bogdan**, dr inż. – Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy;
15. **Krasowski Tomasz**, bryg. mgr inż. – Komenda Miejska PSP w Siedlcach, JRG2;
16. **Lebecki Kazimierz**, prof. dr hab. – Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy;
17. **Sójka-Ledakowicz Jadwiga**, dr inż., prof. nadzw. – Instytut Włókiennictwa;
18. **Łyjak Grzegorz**, dr – Państwowa Inspekcja Pracy;
19. **Machniewski Piotr**, dr inż. – Politechnika Warszawska;
20. **Majka Adam**, dr inż. – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi;
21. **Matiuszyn A. V.**, prof. dr hab. – ФГБУ ВНИИПО (Rosja);
22. **Mizerski Andrzej**, prof. dr hab. inż. – Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
23. **Molga Eugeniusz**, prof. dr hab. inż. – Politechnika Warszawska;
24. **Ochenduska Czesław**, dr inż. – Prywatna Wyższa Szkoła Biznesu i Administracji;
25. **Olejniak Aleksander**, prof. dr hab. inż. – Wojskowa Akademia Techniczna;
26. **Olszyna Andrzej**, prof. dr hab. inż. – Politechnika Warszawska;
27. **Pacholski Krzysztof**, prof. dr hab. inż. – Politechnika Łódzka;
28. **Porowski Rafał**, st. kpt. mgr inż. – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi;
29. **Półka Marzena**, dr hab., prof. SGSP – Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
30. **Praniauskas Vladas**, PhD – Uniwersytet Technologiczny w Wilnie;
31. **Rajczyk Jarosław**, prof. dr hab. inż. – Politechnika Częstochowska;
32. **Roguski Eugeniusz W.**, dr inż. – Polskie Centrum Akredytacji;
33. **Roguski Jacek**, dr inż. – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi;
34. **Rudnik Ewa**, dr hab. inż. prof. nadzw. – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi;
35. **Salamonowicz Zdzisław**, dr inż. – Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
36. **Simiński Przemysław**, ppłk. dr hab. inż. – Wojskowy Instytut Techniki Pancernej i Samochodowej;
37. **Sporysz Grzegorz**, dr inż. – Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego;
38. **Suchecki Włodzimierz**, dr inż. – Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
39. **Sural Zbigniew**, bryg. mgr inż. – Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej;
40. **Světlik Jozef**, ing., PhD – Uniwersytet Techniczny w Żylinie;
41. **Szot Leon**, dr hab., prof. UKSW – Uniwersytet Kardynała Stefana Wyszyńskiego;
42. **Terlikowski Tadeusz**, dr inż., prof. nadzw. – Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
43. **Teodorczyk Andrzej**, prof. dr hab. inż. – Politechnika Warszawska;
44. **Tuśnio Norbert**, dr inż. – Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
45. **Pratzler-Wanczura Sylwia**, dr eng. – Institute for Fire and Rescue Technology in Dortmund;
46. **Węsierski Tomasz** dr – Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
47. **Wilczkowski Stefan**, dr inż. – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi;
48. **Wnęk Waldemar**, bryg. dr inż. – Szkoła Główna Służby Pożarniczej;
49. **Wojtaszewski Piotr**, st. bryg. mgr inż. – Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej;
50. **Wróblewski Dariusz**, mł. bryg. dr inż. – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi;
51. **Zaleski Bogdan**, dr inż. – Komenda Miejska Państwowej Straży Pożarnej w Warszawie;
52. **Zboina Jacek**, mł. bryg. mgr inż. – Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodzi;
53. **Żurek Józef**, prof. dr hab. inż. – Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych;

**Osiągnięcia Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowodziowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowego Instytutu Badawczego
na targach, wystawach i konkursach krajowych i międzynarodowych
w 2011 roku**

**KRYSTAŁOWA STATUETKA DLA CNBOP-PIB PRZYZNANA PRZEZ MINISTRA
NAUKI I SZKOLNICTWA WYŻSZEGO**



Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpowodziowej im. Józefa Tuliszkowskiego - Państwowy Instytut Badawczy otrzymał kryształową statuetkę Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego za transfer wiedzy, innowacyjny rozwiązania w dziedzinie technologii i myśli technicznej podczas XVIII Krajowej Wystawy - Giełda Wynalazków Nagrodzonych w 2010 roku na Międzynarodowych Targach Wynalazczości.

**BRAZOWY MEDAL PRZYZNANY CNBOP - PIB NA MIĘDZYNARODOWYCH
TARGACH WYNALEZCZOŚCI CONCOURS LEPINE W PARYŻU**



Dla CNBOP-PIB za „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”

**NAGRODA DLA CNBOP-PIB W KATEGORII
„ŚRODKI OCHRONY LUDNOŚCI I ZABEZPIECZENIA MIENIA”**



Dla CNBOP-PIB za „Multimedialne i teleinformatyczne narzędzia wspomagające edukację lokalnych społeczności w zakresie zwiększenia ich odporności na zagrożenia związane z klęskami żywiołowymi i katastrofami”

NOMINACJA DO GODŁA TERAZ POLSKA



Dla CNBOP-PIB w kategorii „Przedsięwzięć Innowacyjnych” za „Multimedialne i teleinformatyczne narzędzia wspomagające edukację lokalnych społeczności w zakresie zwiększenia ich odporności na zagrożenia związane z klęskami żywiołowymi i katastrofami”

SREBRNY MEDAL PRYZNANY CNBOP - PIB NA MIĘDZYNARODOWEJ WARSZAWSKIEJ WYSTAWIE INNOWACJI IWIS 2011



Za dwufunkcyjne urządzenie gaśnicze GAM (Gaśnica Automatyczna Mgłowa), opracowane w CNBOP-PIB w ramach realizacji projektu nr O R00 0040 04 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego

MEDAL IM MARIII SKŁODOWSKIEJ CURIE W KONKURSIE WYNAŁAZKÓW CHEMICZNYCH



Medal im. Marii Skłodowskiej Curie w Światowym Konkursie Wynalazków Chemicznych przyznany przez Międzynarodową Federację Stowarzyszeń Wynalazców dla CNBOP-PIB za **środek zwilżający do gaszenia pożarów lasów i torfowisk.**

**ZŁOTY MEDAL Z WYRÓŻNIENIEM PRZYZNANY CNBOP - PIB
NA MIĘDZYNARODOWEJ WARSZAWSKIEJ WYSTAWIE INNOWACJI IWIS 2011**



Złoty medal z wyróżnieniem przyznany Centrum Naukowo - Badawczemu Ochrony Przeciwpowodziwej PIB na Międzynarodowej Wystawie Innowacji IWIS 2011 w Warszawie za środek zwilżający do gaszenia pożarów lasów i torfowisk.

**SREBRNY MEDAL DLA CNBOP-PIB
NA 60 JUBILEUSZOWYCH ŚWIATOWYCH TARGACH WYNALEZCZOŚCI,
BADAŃ NAUKOWYCH I NOWYCH TECHNIK „BRUSSELS INNOVA 2011”**



Za „Dwufunkcyjne urządzenie gaśnicze GAM (Gaśnica Automatyczna Mgłowa)”, realizowane w ramach projektu O R00 0040 04 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.