

dr inż. **Andrzej ZBROWSKI**

dr inż. **Tomasz SAMBORSKI**

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom

## **SYSTEMY TECHNICZNE WSPOMAGAJĄCE BEZPIECZEŃSTWO OBIEKTÓW I PROCESÓW TECHNICZNYCH JAKO CZYNNIK ZMNIEJSZENIA SKUTKÓW WYPADKÓW I KATASTROF PRZEMYSŁOWYCH.**

**Technical systems for support of safety of technical objects and processes as  
a factor of reduction of results of industrial accidents and catastrophes**

### **Streszczenie**

W artykule omówiono zadania systemów wspomagających bezpieczeństwo obiektów i procesów technicznych w aspekcie zmniejszania skutków i ryzyka wypadków oraz katastrof przemysłowych. Przeprowadzono analizę potrzeb wynikających z ochrony przeciwpożarowej, działań ratowniczych oraz bezpieczeństwa eksploatacji obiektów technicznych, środków ratownictwa technicznego i przeciwpożarowego. Na podstawie przeprowadzonej analizy wyznaczono priorytetowe kierunki rozwoju systemów technicznych wspomagających bezpieczeństwo obiektów i procesów technicznych. Wykazano konieczność intensywnego rozwoju systemów normatywnego testowania i weryfikacji zaawansowanych urządzeń ratownictwa technicznego a także mechatronicznych komponentów nowoczesnych systemów ochrony przeciwpożarowej. Przedstawiono znaczenie środków oceny bezpieczeństwa eksploatacji obiektów technicznych w osiągnięciu najwyższych, ewoluujących standardów w tym tzw. zerowego zagrożenia bezpieczeństwa technicznego.

### **Summary**

The paper discusses the tasks of the systems for support of safety of technical objects and processes in the aspect of decrease in results and risks of accidents and industrial catastrophes. The analysis of needs was conducted for fire protection, rescue actions and safety of maintenance of technical objects, means of industrial safety and means of fire protection. Based on the analysis priority development directions were named for the technical safety systems of technical objects and processes. Also it was proved that there exists the need for intense development of systems for standard testing and verification of advanced devices of technical safety and mechatronic components of modern systems for fire protection. Also discussed was the meaning of safety of maintenance of technical objects assessment means for achieving the highest evolving standards including so called „zero technical risk”.

**Słowa kluczowe:** ratownictwo techniczne, ochrona przeciwpożarowa, bezpieczeństwo eksploatacji, diagnostyka, certyfikacja.

**Keywords:** industrial rescue, fire protection, safety of operation, industrial safety, rescue equipment, product certification.

### **Wstęp**

Wobec stałego rozwoju obiektów zarówno pojedynczych, jak również tworzących instalacje oraz infrastruktury, służących do realizacji skomplikowanych procesów społecznych, społeczno-użytecznych, technicznych, produkcyjnych niezbędne jest tworzenie

systemów wspomagających bezpieczeństwo techniczne definiowane obowiązującymi standardami zrównoważonego rozwoju gospodarki. Uregulowania normatywne, polskie i międzynarodowe, zakładają konieczność minimalizowania ryzyka technicznego zarówno dzięki właściwej eksploatacji jak i poprzez nadawanie urządzeniom odpowiednich cech na etapie projektowania i wytwarzania. Podejmowane działania bazują na systemowych uregulowaniach zarządzania bezpieczeństwem obiektów, również przemysłowych (Dyrektywa Rady 96/82/WE z dnia 9 grudnia 1996 r. dotycząca zarządzania zagrożeniami, poważnymi awariami z udziałem substancji niebezpiecznych), z uwzględnieniem formalnych uwarunkowań zarządzania środowiskowego i bezpieczeństwa pracy, w tym Europejskiej Dyrektywy Maszynowej oraz Nowej Dyrektywy Maszynowej.

Tak sformułowane zamierzenia realizowane są poprzez rozwój specjalizowanych, innowacyjnych metod i urządzeń pozwalających na monitorowanie, diagnozowanie zapobieganie i likwidowanie zagrożeń lub zmniejszanie częstości i skutków awarii.

### **Główne kierunki rozwoju**

Stosowanie nowych technologii i materiałów w budownictwie powoduje wzrost zagrożenia toksycznego podczas pożaru, a to z kolei konieczność użycia innego rodzaju środków, sprzętu i pojazdów specjalistycznych do prowadzenia akcji ratowniczych. Wzrastające nasycenia budynków (zwłaszcza użyteczności publicznej) różnego rodzaju instalacjami (energetycznymi, gazowymi, cieplnymi, wodociągowymi) rodzi zapotrzebowanie na tworzenie o nich baz danych, zapewniających szybki dostęp do informacji niezbędnych do prowadzenia akcji ratowniczych. W wyniku nieustannego rozwoju technicznego i technologicznego w dziedzinie nowoczesnych rozwiązań konstrukcyjnych, szczególnie mechatronizacji modułów wykonawczych coraz powszechniej stosowanych we współczesnych obiektach i urządzeniach technicznych, inteligentnych systemach bezpieczeństwa, technikach i technologiach zabezpieczeń oraz technologiach procesowych, są opracowywane i doskonalone kompatybilne metody, procedury i systemy weryfikujące, diagnozujące i prognozujące poziom bezpieczeństwa technicznego. Działania podejmowane na rzecz poprawy bezpieczeństwa technicznego i środowiskowego koncentrują się głównie na opracowaniu metod i aparatury do nieniszczących badań stanu technicznego maszyn, diagnozowania stanu mikroprocesorowych systemów sterowania, oceny stopnia i przyczyn degradacji materiału, a także rozwoju metod badań trwałości, niezawodności i certyfikacji sprzętu ratownictwa technicznego i przeciwpożarowego. Wynikiem zawartych porozumień są przedsięwzięcia realizowane przez ośrodki naukowe i badawcze, stowarzyszenia oraz producentów z różnych obszarów nauki i techniki związanych z systemami bezpieczeństwa.

Zbudowane na nowoczesnych platformach naukowych i inżynierskich systemy przeciwdziałania zagrożeniom technicznym podnoszą poziom bezpieczeństwa eksploatacji poprzez doskonalenie specjalizowanych systemów monitorowania i diagnozowania stanu bezpieczeństwa maszyn, urządzeń i obiektów technicznych.

Wzrost poziomu bezpieczeństwa technicznego rozpatrywany jest w kontekście bezpieczeństwa środowiskowego [1]. Prowadzone są działania zmierzające do minimalizacji ryzyka katastrof ekologicznych w wyniku awarii systemu technicznego. Rozwój skutecznych metod oceny stopnia degradacji maszyn i urządzeń pozwala na zoptymalizowanie czasu eksploatacji oraz wczesne reagowanie na pojawiający się wzrost zagrożenia.

Podjęcie problematyki bezpieczeństwa wynika przede wszystkim z potrzeb służb państwowych, których podstawowym zadaniem jest zapewnienie bezpieczeństwa terytorium i obywateli danego kraju. Aby wypełnić stojące przed nimi zadania, służby te muszą dysponować wyspecjalizowanym sprzętem technicznym i systemami informacyjnymi, wspomagającymi takimi jak: monitoring zagrożeń bezpieczeństwa, procesy informacyjno-decyzyjne ratownictwa i zarządzania kryzysowego oraz skuteczne kierowanie działaniami

ratowniczymi i reagowaniem kryzysowym. Technologie służące wypełnieniu tych zadań, realizowane poprzez powołane do tego celu instytucje, są z powodzeniem rozwijane przez polski przemysł i w polskich ośrodkach naukowo-badawczych.

W ramach omawianego obszaru technicznych systemów wspomagających bezpieczeństwo obiektów i procesów technicznych wyodrębniono następujące wiodące kierunki badawcze:

- Systemy techniczne wspomagające ochronę przeciwpożarową
- Systemy diagnostyczne urządzeń stosowanych w działaniach ratowniczych
- Systemy oceny bezpieczeństwa eksploatacji obiektów technicznych

Kierunki rozwoju systemów technicznych wspomagających szeroko rozumiane bezpieczeństwo w znacznej mierze zależą od warunków społeczno ekonomicznych kraju, na obszarze którego są wdrażane oraz od statusu podmiotów je realizujących. Producenci komponentów, tworzących coraz bardziej złożone struktury sprzętowe i teleinformatyczne systemów bezpieczeństwa przeciwpożarowego i technicznego, ze względu na silną konkurencję na rynku będą dążyli do zwiększania wydajności produkcji oraz obniżania kosztów pracy. Ośrodki naukowo-badawcze oraz służby państwowe i powołane instytucje pracują nad doskonaleniem systemów oceny bezpieczeństwa technicznego związanego z wdrażaniem nowych rozwiązań. Ważny kierunek działań będą stanowiły prace nad systemami oceny bezpieczeństwa eksploatacji obiektów technicznych i materiałów technologicznych umożliwiające osiąganie najwyższych, ewoluujących standardów w tym tzw. zerowego zagrożenia bezpieczeństwa technicznego.

### **Systemy techniczne wspomagające ochronę przeciwpożarową**

Istniejące i powstające systemy techniczne wspomagające ochronę przeciwpożarową stanowią nieodłączny element złożonych struktur odpowiedzialnych za bezpieczeństwo przeciwpożarowe. O wadze zagadnienia świadczą obowiązujące w danym kraju akty prawne i normatywne nakreślające minimalne wymagania, jakim muszą sprostać projektowane systemy.

W ramach realizowanych prac można wyodrębnić następujące kierunki badawcze, tworzące spójny obszar tematyczny: modelowanie matematyczne [2], symulacje komputerowe [3], badania laboratoryjne, badania poligonowe w skali [4] i na rzeczywistych obiektach [5]. W wyniku prowadzonych prac i z uwzględnieniem obowiązujących przepisów w wiodących na świecie instytucjach powstają opracowania mające na celu poprawę poziomu bezpieczeństwa przeciwpożarowego.

W przypadku ochrony przeciwpożarowej obiektów technicznych szczególnego znaczenia nabiera opracowanie metod, procedur i systemów ukierunkowanych na zapewnienie wysokiej skuteczności działania komponentów tworzących strukturę monitoringu. Mechatroniczne moduły wykonawcze przeznaczone do systemów automatyki pożarnej pozwalają na prowadzenie działań podnoszących bezpieczeństwo osób i mienia znajdującego się w chronionych obiektach oraz podejmowanie zdalnie sterowanych interwencji przez służby prowadzące akcje gaśnicze i ratunkowe w obliczu zagrożeń pożarowych lub chemicznych. Od ich sprawności i odporności na narażenia środowiskowe, w tym wywołane stanem alarmowym, zależy skuteczność podejmowanych akcji ratowniczych.

Wprowadzenie mechatronicznych modułów wykonawczych do systemów wentylacji i automatyki pożarnej w obiektach technicznych wymaga opracowania nowych, zgodnych z obowiązującymi przepisami, procedur i systemów badawczych weryfikujących skuteczność działania implementowanych, nowoczesnych, inteligentnych i energooszczędnych rozwiązań technicznych.

Ważnym składnikiem weryfikacji skuteczności działania są badania atestacyjne prowadzone z wykorzystaniem specjalistycznej aparatury badawczej, umożliwiającej symulację oddziaływania czynników środowiskowych oraz zjawisk i procesów zachodzących podczas pożaru. Badania prowadzone są w laboratoriach czołowych światowych (National Institute of Standards and Technology, USA; VdS Schadenverhütung, Niemcy; Building Research Establishment Ltd, UK; Building and Fire Research Laboratory, USA; Department of Civil Engineering University of Canterbury, New Zealand) i Polskich (Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwożarowej w Józefowie, Szkoła Główna Straży Pożarnej w Warszawie.) ośrodków badawczych powołanych między innymi do nadawania certyfikatów wyrobom i systemom technicznym przeznaczonym do stosowania w układach bezpieczeństwa przeciwpożarowego. Zaplecze techniczne Laboratoriów pozwala na testowanie elementów tworzących pasywną ochronę przeciwpożarową (materiały budowlane, bariery ogniowe – drzwi i zasuw), jak i m.in. systemy sygnalizacji pożarowej, dźwiękowe systemy ostrzegawcze, elementy systemów wentylacji i oddymiania, stałe urządzenia gaśnicze. Zakres prowadzonych prac obejmuje zarówno wyznaczanie pojedynczych charakterystyk elementów aktywnych zabezpieczeń przeciwpożarowych np. czujek pożarowych, tryskaczy, jak również kompletnych systemów stanowiących złożone struktury dedykowane do określonych zastosowań.

Dotychczasowe rozwiązania umożliwiające prowadzenie badań modułów mechatronicznych i elementów monitoringu pożarowego spotykane w polskich ośrodkach w wielu obszarach badawczych charakteryzują się brakiem pełnej automatyzacji i kompleksowego ujęcia problemów związanych z zdawaniem wymuszeń cieplnych, mechanicznych i środowiskowych oraz rejestracją on-line wszystkich, istotnych z punktu bezpieczeństwa, wyznaczanych parametrów.

Analiza aktualnego stanu wiedzy na temat systemów diagnostyki sprzętu przeciwpożarowego i gaśniczego pozwala na wyznaczenie kierunków ich dalszego rozwoju. Jednym z kierunków jest ciągle doskonalenie metod diagnostycznych na bazie zaawansowanych technologii mechatronicznych i informatycznych w ślad za rozwijającymi się systemami czynnej i biernej ochrony przeciwpożarowej. Priorytetowym kierunkiem prac niezbędnych do realizacji w Polsce jest stworzenie zaplecza badawczego pozwalającego na prowadzenie diagnostyki kompletnych systemów w warunkach i skali zbliżonych do rzeczywistych.

### **Systemy diagnostyczne urządzeń stosowanych w działaniach ratowniczych**

Wobec rosnącej liczby wypadków [6], katastrof komunikacyjnych i technicznych stwarzających realne zagrożenie skażenia środowiska naturalnego oraz ataków terrorystycznych [7] i klęsk żywiołowych [8], istotnego znaczenia nabiera rozwój systemów przeciwdziałania i łagodzenia skutków zdarzeń [9]. Pomimo rozwoju infrastruktury i działań prewencyjnych prowadzonych w ramach krajowych (Krajowy Program Bezpieczeństwa Ruchu Drogowego 2005 – 2013, GAMBIT 2005) i międzynarodowych (Trzeci Unijny Program Działania w Bezpieczeństwie Ruchu Drogowego: „Wspólna odpowiedzialność”, 2003) programów związanych z podniesieniem bezpieczeństwa ruchu drogowego, odnotowywane są poważne straty społeczne i ekonomiczne [10,11].

Istotnym obszarem działań, wynikającym ze stale rozwijających się metod prowadzenia działań ratownictwa technicznego z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi i środków [12], jest tworzenie systemów diagnostycznych przeznaczonych do testowania urządzeń stosowanych w ratownictwie technicznym, w tym prowadzenie badań certyfikacyjnych obowiązujących w danym kraju. Zadaniem prowadzonych badań jest zapewnienie skuteczności działania i bezpieczeństwa eksploatacyjnego wdrażanego sprzętu ratownictwa technicznego. Skuteczność prowadzenia działań ratownictwa technicznego zdeteminowana

jest jakością wykorzystywanego sprzętu definiowaną jako zdolność wykonywania określonych zadań w połączeniu z ergonomią i bezpieczeństwem.

Ze względu na specyfikę działania i eksploatacji szczególne znaczenie mają badania pojazdów specjalistycznych prowadzone w celu zapewnienia wysokiego stopnia bezpieczeństwa zarówno w stosunku do ratowników, jak i otoczenia zewnętrznego. Środkiem pozwalającym na zminimalizowanie błędów wynikających z czynnika ludzkiego są programy symulacyjne (Symulator do szkolenia straży pożarnej ADMS, ETZ PZL – Aerospace Industries), umożliwiające ratownikom zapoznanie się z potencjalnymi trudnościami w kontrolowanych warunkach analogicznych do występujących podczas prowadzenia akcji. W przypadku pojazdów pożarniczych (spełniających również funkcje ratownictwa technicznego), jak również dla wszystkich użytkowanych w PSP wielosekcyjnych drabin i podnośników hydraulicznych istotne jest zachowanie sztywności i stateczności obiektu z wysoko umieszczonym środkiem masy, podlegającego znacznym obciążeniom dynamicznym w różnorodnie ukształtowanym terenie.

Zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa ratowników i poszkodowanych wymaga opracowania metod i specjalistycznych urządzeń pozwalających na testowanie sprzętu w symulowanych ekstremalnych warunkach odpowiadających warunkom prowadzenia akcji [13]. Od wielu lat w wysokorozwiniętych krajach prowadzone są prace związane z opracowywaniem metod i urządzeń przeznaczonych do oceny parametrów eksploatacyjnych narzędzi stosowanych w ratownictwie technicznym. Kierunki prac koncentrują się wokół zagadnień związanych z rozwojem mechatronicznych układów wykonawczych oraz systemów akwizycji i przetwarzania danych pomiarowych. Opracowywane urządzenia, stanowiące wyposażenie laboratoriów producentów i instytucji odpowiedzialnych za wprowadzanie do eksploatacji technicznego wsparcia systemów bezpieczeństwa, przeznaczone są do prowadzenia badań w oparciu o metodyki zgodne z obowiązującymi w danym kraju lub międzynarodowymi przepisami.

Podobne badania [14,15] realizowane są w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej w Józefowie, jedynym w Polsce ośrodku badawczym uprawnionym do wydawania świadectw dopuszczających urządzenia i narzędzia ratownicze do stosowania przez jednostki Państwowych Straży Pożarnych i jednostki Ratownictwa Technicznego. Zaplecze badawcze CNBOP stanowią, między innymi opracowane i wytworzone w ramach realizowanego w ITeE-PIB Programu Wieloletniego (Program Wieloletni PW-004: Metoda i aparatura testowa w zakresie produktów, procesów i bezpieczeństwa technicznego), systemy diagnostyczne umożliwiające ocenę skuteczności działania narzędzi ratowniczych (hydrauliczne rozpieracze, nożyce, cylindry, pneumatyczne poduszki uszczelniające i podnoszące) produkowanych przez wszystkie światowe firmy zainteresowane wprowadzeniem na polski rynek swoich wyrobów. Powstałe w ITeE-PIB, unikalne w skali krajowej, urządzenia pozwalają na jednoznaczną weryfikację wszystkich, istotnych z punktu widzenia skuteczności i bezpieczeństwa działania, parametrów narzędzi ratowniczych. Opracowane rozwiązania techniczne mają charakter unikalny nie tylko w skali krajowej lecz także w skali światowej. Istniejące urządzenia badawcze, stanowiące głównie wyposażenie laboratoriów producentów (Holmatro, LUKAS-Hydraulik, WEBER-Hydraulik, Vetter, Lancier-hydraulik), dedykowane są do współpracy z narzędziami wytwarzanymi przez ściśle określonego producenta. Powstałe w ITeE-PIB urządzenia pozwalają na testowanie szerokiej gamy narzędzi niezależnie od np. bardzo zróżnicowanego, istotnego podczas prowadzenia badań trwałościowych, systemu sterowania. Opracowane metodyki badań pozwalają na jednoznaczną weryfikację podawanych w katalogach, często zawyżanych lub nie mających odniesienia do rzeczywistych warunków prowadzenia działań, parametrów.

Kierunki dalszego rozwoju systemów diagnostycznych urządzeń stosowanych w ratownictwie technicznym stymulowane są permanentnym doskonaleniem technik

ratowniczych z zastosowaniem nowych rozwiązań technicznych powstających w ośrodkach badawczych producentów. Innym, równie istotnym, czynnikiem decydującym o ewaluacji systemów badawczych są propozycje zmian uwarunkowań normatywnych na podstawie analiz prowadzonych działań ratownictwa technicznego dotyczące np. warunków środowiskowych prowadzonych akcji ratowniczych.

### **Systemy oceny bezpieczeństwa eksploatacji obiektów technicznych**

Stale rozwijające się systemy diagnostyczne obejmują szerokie spektrum zagadnień związanych z zapewnieniem niezbędnego poziomu bezpieczeństwa eksploatacji obiektów technicznych.

Istotnym z punktu widzenia bezpieczeństwa eksploatacji obszarem działania są prace obejmujące opracowywanie metod i urządzeń do badania odporności materiałów konstrukcyjnych na działanie czynników o charakterze destrukcyjnym: promieniowanie cieplne, ogień, wilgotność, zanieczyszczenia stałe, obciążenia mechaniczne. Urządzenia do realizacji, opracowanych w oparciu o odnośne normy, procedur w większości przypadków stanowią techniczne wyposażenie laboratoriów ośrodków naukowo-badawczych i akredytacyjnych (Instytut Techniki Budowlanej w Warszawie, Instytut Technologii Drewna w Poznaniu).

Sprawność i parametry modułów stosowanych w systemach wentylacji mechanicznej decydują o bezpieczeństwie osób i budynków w związku z gromadzeniem się trujących gazów lub zawilgoceniem konstrukcji obiektu technicznego. Prowadzone w tym zakresie prace [16] realizowane są w większości przypadków przez laboratoria zajmujące się badaniem systemów ochrony przeciwpożarowej.

Odrębną grupę problemów stanowią metody i procedury badań właściwości fizycznych, chemicznych i mechanicznych wpływających bezpośrednio na eksploatacyjną degradację elementów maszyn spowodowaną np. wadami materiałowymi. Istnieje konieczność doskonalenia systemów jakości minimalizujących ryzyko użycia w procesach technologicznych materiałów stanowiących źródło potencjalnej, nieprzewidywalnej destrukcji systemu technicznego. Spotykane w światowej technice rozwiązania uwzględniające uwarunkowania normatywne, do poszukiwana wad struktury wewnętrznej wykorzystują metody prądów wirowych, ultradźwięki lub promieniowanie rentgenowskie. Oferta przodujących, światowych wytwórców obejmuje produkty począwszy od głowic detekcyjnych poprzez przenośne urządzenia aż po specjalizowaną aparaturę i wyposażenie diagnostyczne linii technologicznych. Równolegle w wielu ośrodkach naukowo-badawczych (Nuclear Engineering Research Laboratory, The University of Tokio; The American Institute of Physics, Maryland; Dalian University of Technology, China) prowadzone są prace ukierunkowane na doskonalenie technik diagnostycznych w zastosowaniu do specjalistycznych i unikatowych zastosowań [17,18].

Uderzenia obcych obiektów w środki transportu są powszechnymi zdarzeniami w ich eksploatacji, które często stwarzają zagrożenie dla bezpieczeństwa podróżujących nimi ludzi. Do takich zdarzeń można zaliczyć: zderzenia statków powietrznych z ptakami [19], uderzenia kamieni lub innych obiektów w szyby pociągów i pojazdów drogowych. Elementy konstrukcyjne pojazdów powinny być odporne na tego typu uderzenia, natomiast w przypadku wystąpienia uszkodzenia, jego rozmiar nie może powodować zagrożenia zdrowia i życia obsługi i pasażerów. W celu badania odporności na uderzenia wykonywane są testy [20] polegające na wystrzeliwaniu z działa pneumatycznego ptaków, obiektów imitujących ptaki, kawałków lodu oraz obiektów imitujących różnego rodzaju ciała stałe. Odtwarzając w warunkach laboratoryjnych zderzenie fragmentów samolotów, silników [21], owiewek kabin, szyb kolejowych oraz innych części środków transportu można precyzyjnie ocenić ich wytrzymałość oraz poziom zapewnianego bezpieczeństwa. Na świecie stanowiska do badań

uderzeniowych są używane przez nieliczne, wiodące instytucje badawcze oraz firmy związane z przemysłem lotniczym i zbrojeniowym. Działania tego typu m.in. posiadają takie instytucje jak NASA, General Electric, Pratt & Whitney, DLR – German Aerospace Center, Uniwersytet im. Paul Verlaine w Metz (Francja). Zwykle są one użytkowane na potrzeby tychże instytucji i zarówno wyniki jak i sama możliwość realizacji tego typu testów nie są udostępniane szerszemu gronu odbiorców. Obecnie, jako jedyny w Polsce, Instytut Lotnictwa posiada mobilne stanowisko do prowadzenia prób uderzeniowych przy prędkościach poniżej 300 km/h. Badania prowadzone z zastosowaniem istniejącego stanowiska nie umożliwiają, ze względu na ograniczone możliwości energetyczne, prowadzenia testów z obiektami o rozmiarach i masie zbliżonej do ptaków oraz większych brył kamiennych lub lodowych miotanych z prędkościami okołodźwiękowymi.

Równolegle do prowadzonych w laboratoriach prac badawczych ukierunkowanych na poprawę bezpieczeństwa obiektów technicznych opracowywane są komputerowe aplikacje pozwalające na etapie projektowania systemów technicznych prognozować ich zachowanie w warunkach eksploatacji [22]. Stanowią one specjalizowane rozszerzenie możliwości powszechnie stosowanych metod elementów skończonych stanowiących moduły aplikacji projektowych (Catia, Autodesk AIP) lub będących samodzielnymi, zaawansowanymi produktami (Ansys Structural Mechanics, MSC Nastran, Comsol Multiphysics).

### **Wnioski**

Przeprowadzona analiza pozwala na wytyczenie strategicznych kierunków badawczych związanych z zapewnieniem niezbędnego poziomu bezpieczeństwa eksploatacji obiektów technicznych. Należą do nich działania ukierunkowane na wytwarzanie specjalizowanych, wysokowydajnych urządzeń testowych, wykorzystujących nieniszczące techniki diagnostyczne, przeznaczonych do implementacji w przemysłowych systemach jakości procesów technologicznych. Potencjalny obszar prac stanowi również doskonalenie laboratoryjnych metod badań wieloczynnikowego wpływu warunków eksploatacji na poziom bezpieczeństwa technicznego. Niezależnie od ciągłego podnoszenia poziomu systemów bezpieczeństwa technicznego konieczne jest prowadzenie prac nad rozwojem metod i urządzeń przeznaczonych do likwidacji skutków zdarzeń jak również doskonalenie metod badań środków technicznych wykorzystywanych w ratownictwie technicznym i przeciwpożarowym.

### **Literatura**

1. Podgórski M., Zapobieganie poważnym awariom przemysłowym - nowe regulacje - nowe zadania Państwowej Straży, Prawo Ochrony Środowiska, 2001.
2. Hardy Ruch, Fire modeling and sprinkler systems, International Report 1/2008, VdS
3. Kołodziński E., Kowalski A., Zastosowanie symulatorów programowalnych do szkolenia i doskonalenia zawodowego osób funkcyjnych stanowisk kierowania ratownictwem, XI Warsztaty Naukowe PTSK Symulacja w Badaniach i Rozwoju, Białystok 2004.
4. Kim D.H., Park W.H., Experiment by using reduced scale models for the fire safety of a rescue station in very long rail tunnel in Korea, Tunnelling and Underground Space Technology 21 (2006) 303.
5. Lennon T., Moore D., The natural fire safety concept—full-scale tests at Cardington, Fire Safety Journal 38 (2003) 623–643.
6. EC. White Paper. European transport Policy for 2010: time to decide. Brussels, Belgium, 2010.
7. The Pentagon Building Performance Report, American Society of Civil Engineers, 2003 .
8. Armeńska apokalipsa, Przegląd Pożarniczy – 1/2009, str.10, Komenda Główna Państwowej Straży Pożarnej, Warszawa 2009.
9. Biegus A., Rykaluk K.: Katastrofa hali Międzynarodowych Targów Katowickich w Chorzowie, Inżynieria i Budownictwo, 2006, R. 62, nr 4, s. 183-189.

10. Zielińska A.: Rok 2007 na polskich drogach. Analiza danych o wypadkach drogowych, *Bezpieczeństwo ruchu drogowego*, 1/2008.
11. Żukowska J., Budzyński M.: Road safety system in Poland. *Journal of KONBiN* 1(4) 2008.
12. Wróblewski D.: Wyposażenie techniczne straży pożarnych w perspektywie roku 2020. Kierunki badań naukowych. Materiały z seminarium, Fundacja Edukacja i Technika Ratownictwa, Częstochowa, 2006.
13. Ulrich Cimolino, Jörg Heck, Christoph Linde, Hubert Springer, Jan Südmersen: Technische Hilfeleistung bei LKW - Unfällen Technische und medizinische Rettung eingeklemmter Personen, Umgang mit verunfallten schweren Straßenfahrzeugen. 2003 ecomed SICHERHEIT Justus-von-Liebig-Str. 1, D-86899 Landsberg.
14. Prasła J., Metoda i aparatura badań hydraulicznych narzędzi ratowniczych oraz poduszek pneumatycznych do podnoszenia i uszczelniania, *Bezpieczeństwo Technika Pożarnicza*, 4/2007.
15. Włodarczyk K, Sural Z. Aparatura do badania trwałości hydraulicznych narzędzi ratowniczych, *Bezpieczeństwo Technika Pożarnicza*, 4/2008.
16. Persily, A. K., Gorfain, J., Analysis of Ventilation Data from the U.S. Environmental Protection Agency Building Assessment Survey and Evolution (BASE), NISTIR, 2008.
17. Bowles S. J., C. A. Harding C. A., Hugo G. R., Effect of crack closure on ultrasonic detection of fatigue cracks at fastener holes, AIP Conference Proceedings, Chicago, 2008.
18. Ilham Zainal Abidin, Catalin Mandacie, Gui Yun Tian, Maxim Morozom, Pulsed eddy current testing with variable duty cycle on rivet joints, *NDT & E International*, vol. 42 (2009).
19. S. Szczeciński, W. Balicki, P. Głowacki: Uszkodzenia silników turbinowych wywołane zderzeniami z ptakami. *Przegląd Sił Powietrznych* 2009/2 str 15-21
20. Ubels L. C., Johnson A. F., Gallard J. P., Sunaric M., Design and testing of a composite bird strike resistant leading edge, National Aerospace laboratory, 054/2003.
21. Reed J. M., Further Discussion of Bird Strike Design Issues for Engines with Obscured Fans, Birdstrike Committee USA/Canada, 2007.
22. Borovinsek M., Vesenjok M., Ulbin M., Ren Z., Simulation of crash tests for high containment levels of road safety barriers, *Engineering Failure Analysis* 14 (2007) 1711–1718.