PRACE NAUKOWE
Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie

SCIENTIFIC ISSUES
Jan Długosz University in Częstochowa

TECHNIKA, INFORMATYKA, INŻYNIERIA BEZPIECZEŃSTWA

(Wcześniej EDUKACJA TECHNICZNA I INFORMATYCZNA)

TECHNOLOGY, COMPUTER SCIENCE, SAFETY ENGINEERING

(Previously TECHNICAL AND IT EDUCATION)

II

Częstochowa 2014

Redaktor naczelny / *Editor-in-chief*: dr inż. Marcin SOSNOWSKI
Redaktor pomocniczy / *Coeditor*: dr Tomasz PRAUZNER

Recenzenci współpracujący / *Reviewers:*

prof. RNDr Vilém MÁDR, CSc. – *Vysoká škola logistiky, o.p.s., Přerov, Czech Republic*
assoc. prof. Radomir ŠČUREK PhD –*VSB-Technical University, Ostrava, Czech Republic*
prof. dr hab. inż. Jerzy WOLANIN – *Szkoła Główna Służby Pożarniczej*
dr hab. inż. Andrzej MIZERSKI – *Szkoła Główna Służby Pożarniczej*
dr hab. inż. Zoja BEDNAREK– *Szkoła Główna Służby Pożarniczej*
dr hab. Elżbieta DUMNICKA – *Instytut Ochrony Przyrody PAN*
dr hab. Ludwik DOBRZYŃSKI – *Narodowe Centrum Badań Jądrowych*
dr hab. inż. Jan WITKOWSKI – *Politechnika Warszawska*
dr hab. inż. Gabriel BOROWSKI – *Politechnika Lubelska*
prof. dr hab. inż. Robert SEKRET – *Politechnika Częstochowska*
prof. dr hab. Oleg TIKHONENKO – *Politechnika Częstochowska*
dr hab. inż. Andrzej RUSEK– *Politechnika Częstochowska*
dr hab. inż. Wioletta BAJDUR – *Politechnika Częstochowska*
dr hab. inż. Józef JASIŃSKI – *Politechnika Częstochowska*
dr hab. inż. Adam GNATOWSKI – *Politechnika Częstochowska*

Redaktorzy tematyczni / *Topic Editors*
dr hab. inż. Jerzy PISAREK, dr hab. inż. Andrzej ROMAN
dr hab. Mikhail SELIANINAU, dr Władysław WĘGRZYN

Przygotowanie techniczne do druku: Katarzyna CIESIELSKA

Korekta: Dariusz JAWORSKI

Projekt okładki: Damian RUDZIŃSKI

© Copyright by Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
Częstochowa 2014

Czasopismo indeksowane w: / *Journal indexed in:*

- BazTech http://baztech.icm.edu.pl
- Index Copernicus Journal Master List http:// indexcopernicus.com

Pismo recenzowane
Podstawową wersją periodyku jest wersja papierowa

ISSN 2300-5343

Wydawnictwo im. Stanisława Podobińskiego
Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
42-200 Częstochowa, ul. Waszyngtona 4/8
Tel. (34) 378-43-29, fax (34) 378-43-19
www.ajd.czest.pl
e-mail: wydawnictwo@ajd.czest.pl

SPIS TREŚCI

Wstęp 11

Renata Dobrzyńska

Wpływ toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów wyposażenia wnętrz na warunki bezpiecznej ewakuacji 13

Marek Chmiel, Andrij Dominik, Adrian Barasiński

Oddziaływanie temperatur pożarowych na instalacje elektryczne w ścianach gipsowo-kartonowych 23

Pjotr Chmiel, Juri Olenjuk, Yaroslav Pidgorodeckyi, Evgen Martyn

Metody reprezentacji modeli w zarządzaniu zorientowanym projektowo transgranicznych jednostek operacyjno-ratowniczych 31

Lidia Chrząstek, Barbara Dondela

Zagrożenia cywilizacyjne – przegląd szkodliwych pierwiastków stosowanych w kosmetyce 49

Alina Gil, Karolina Nowotna

Ochrona danych osobowych na przykładzie wybranego Urzędu Miasta 69

Renata Gnatowska

Niepewności i czynniki ryzyka generacji rozproszonej 81

Andrey Grishkevich

Interwałowe oszacowania wskaźników niezawodności strukturalnej systemów elektroenergetycznych na podstawie metod optymalizacji 91

Imrich Jenča

Specyfika komunikacji zespołów ratowniczych z mediami podczas interwencji oraz po niej 107

Joanna Kończyk

Zastosowanie ciekłych membran do selektywnego usuwania jonów metali ciężkich ze ścieków przemysłowych 113

Mariusz Krzysztof Kopański

Badanie palności mebli tapicerowanych 129

Мирослав Коваль

Logika jako niezbędny element w szkoleniu ratowników 141

Jarosław Krzywański

Zmienność zagrożeń a wymogi bezpieczeństwa pracy 147

Katarína Lestyánszka Škůrková, Robert Ulewicz

Badanie zdolności jakościowej procesu produkcji elementów hydraulicznych 155

Radosław Mandecki, Sylwia Mandecka, Edmund Paweł Golis, Jacek Filipecki
Wpływ nowoczesnych technik napromienienia na bezpieczeństwo radiologiczne w radioterapii 165
Алексей Александрович Михайлов
Praca nauczyciela Podstaw Bezpieczeństwa Życia dotycząca prewencji bezpieczeństwa pożarowego w jednostkach edukacyjnych 175
Andrii Moskaliuk, Pavlo Teslenko
Projektowe podejście do zarządzania systemem bezpieczeństwa przedsiębiorstwa przemysłowego 191
Urszula Nowacka, Aleksandra Dróżdż
Szacowanie kosztów wypadków przy pracy – analiza błędów 199
Mariusz Ożóg
Analiza zagrożeń życia i zdrowia studentów na przykładzie syntez z oksiranami prowadzonych na wydziale chemicznym uczelni X 211
Michał Pałęga, Marcin Knapiński, Wiesław Kulma
Zarządzanie ryzykiem w systemie bezpieczeństwa informacji w przedsiębiorstwie 223
Barbara Pawłowska, Barbara Bachowska, Piotr Bałczewski, Robert Biczak
Badania fitotoksyczności fosfoniowych cieczy jonowych 239
Tomasz Prauzner
Nowoczesne techniki symulacyjne zagrożeń w inżynierii bezpieczeństwa 253
Paweł Ptak
Znaczenie pomiarów defektoskopowych w aspekcie bezpieczeństwa w transporcie i przemyśle 267
Czesław Puchała
Rola *zielonej chemii* w działaniach na rzecz zwiększenia bezpieczeństwa chemicznego 277
Krzysztof Radwan
Zarządzanie a dowodzenie w sytuacjach kryzysowych na obszarze odpowiedzialności szefa wojewódzkiego sztabu wojskowego 287
Yuri Rak, Dmitry Kobylkin
Model zarządzania zasobami w projektach poprawy realizacji systemu 112 297
Yuri Rak, Jaroslav Ustilovskyy
Zarządzanie projektami poprawy efektywności eliminacji pożarów lasów: podejście topologiczne 303

Dorota Riegert, Paweł Suchorab, Zuzanna Ślosorz
Ochrona przeciwpowodziowa z wykorzystaniem wyspecjalizowanego zestawu przeciwpowodziowego – szkolenie ratowników 311
Grzegorz Rogalewicz, Wioletta Maria Bajdur
Modelowanie zagrożeń przemysłowych na przykładzie substancji chemicznej – amoniaku 325
Andrzej Roman
Straty wywołane przez prądy wirowe w anizotropowych materiałach magnetycznych przy odkształconym przebiegu indukcji – metoda kolejnych reakcji prądów wirowych 337
Joanna Rut, Anna Pytel
Analiza wypadków przy pracy dla potrzeb zmniejszenia ryzyka zawodowego na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa..... 345
Dariusz Rydz, Marlena Krakowiak, Teresa Bajor
Identyfikacja poziomu hałasu na stanowisku pracy 363
Mikhail Selianinau
Kryptograficzna ochrona danych na podstawie minimalnie nadmiernych wielomianowo-skalarnych modularnych systemów liczbowych 371
Marcin Sosnowski, Jerzy Pisarek
Analiza porównawcza wyników modelowania ewakuacji z wykorzystaniem różnych modeli numerycznych 383
Joanna Świątek-Prokop
Estry kwasu maleinowego jako modyfikatory wpływające na wybrane aspekty bezpieczeństwa technicznego elementów wyprodukowanych z izotaktycznego polipropylenu..... 391
Pavlo Teslenko, Oleksandr Voznyi
Stosowanie dwupoziomowego zarządzania projektowego rozwojem systemów bezpieczeństwa..... 399
Dorota Wawrzak, Wojciech Kustal
Oczyszczanie ścieków mleczarskich w beztlenowej dysymilacyjnej redukcji siarczanów..... 405
Władysław Węgrzyn
Inżynieria bezpieczeństwa w kształtowaniu strategii efektywnego zarządzania ryzykiem pożarowym i wybuchowym..... 413
Tomasz Wołczański, Anna Pytel, Tomasz De Saint Aubin
Wpływ czynników szkodliwych i uciążliwych na pracę operatora urządzeń wyładowczych wywrotnicy wagonowej 425

Tomasz Wyleciał, Monika Zajemska, Rafał Wyczółkowski, Adrian Pyrek
Charakterystyka i dobór izolacji cieplnych w przegrodach zewnętrznych z punktu widzenia bezpieczeństwa cieplnego 439
Miłosz Zabłocki, Urszula Nowacka
Wykorzystanie cyklu Kolba jako metody szkolenia ratowników 447
Oleg B. Zachko, Marek Chmiel, Pavel Chmiel
Metody i modele tworzenia zespołów projektowych ochrony ludności 457
Олег Богданович Зачко, Marek Chmiel, Paweł Chmiel
Projekt zarządzania personelem ochrony ludności..... 465
Jakub Žabenský, Radomír Ščurek
Zastosowanie magnetometrii do identyfikacji obiektów..... 475
Justyna Żywiołek, Ewa Staniewska
Rola polityki bezpieczeństwa informacji w ochronie danych przedsiębiorstwa..... 481

CONTENTS

Introduction……11

Renata Dobrzyńska

Toxicity of thermal decomposition and combustion of interior materials influence for safe evacuation conditions 13

Marek Chmiel, Andrij Dominik, Adrian Barasiński

Interaction of fire temperature on electric installations in plaster-cardboard walls 23

Pjotr Chmiel, Juri Olenjuk, Yaroslav Pidgorodeckyi, Evgen Martyn

Methods of submitting models in project-oriented management of transboundary rescue subdivisions..... 31

Lidia Chrząstek, Barbara Dondela

Threat of civilization – a review of harmful metals and their salts in cosmetic..... 49

Alina Gil, Karolina Nowotna

Protection of personal data on the example of selected municipality office..... 69

Renata Gnatowska

Uncertainties and risk factors of distributed generation..... 81

Andrey Grishkevich

Interval estimations for structure reliability indices of electric power systems based on optimization methods..... 91

Imrich Jenča

Specifics of communication between rescue teams and media during after the interventions..... 107

Joanna Kończyk

Application of liquid membranes for selective heavy metals removal from industrial wastewaters..... 113

Mariusz Krzysztof Kopański

Flammability test of upholster furniture..... 129

Мирослав Коваль

Логика как необходимый элемент в подготовке спасателей 141

Jarosław Krzywański

The variability of threats and the work safety..... 147

Katarína Lestyánszka Škůrková, Robert Ulewicz

Process capability study by production of hydraulic components 155

Radosław Mandecki, Sylwia Mandecka, Edmund Paweł Golis, Jacek Filipecki
The impact of modern radiation techniques for radiation safety in radiotherapy 165
Алексей Александрович Михайлов
Работа учителя обж по профилактике пожарной безопасности в образовательных организациях 175
Andrii Moskaliuk, Pavlo Teslenko
Project approach to industrial facility safety management 191
Urszula Nowacka, Aleksandra Dróżdż
Estimating the cost of accidents at work – analysis of errors 199
Mariusz Ożóg
Syntheses with oxiranes carried out in the faculty of chemistry of university X – analyse of hazard 211
Michał Pałęga, Marcin Knapiński, Wiesław Kulma
Risk management in the information security system in the enterprise 223
Barbara Pawłowska, Barbara Bachowska, Piotr Bałczewski, Robert Biczak
Determination of phytotoxicity of phosphonium ionic liquids 239
Tomasz Prauzner
Modern techniques of simulation risks in safety engineering 253
Paweł Ptak
Importance of flaw detection measurement for safety aspects of transport and industry 267
Czesław Puchała
The role of *green chemistry* in actions in favour of chemical safety increase 277
Krzysztof Radwan
A command management crisis in the head of liability voivodship military staff 287
Yuri Rak, Dmitry Kobylkin
Model of resource management in projects of the conditions improvement of implementation of system 112 297
Yuri Rak, Jaroslav Ustilovskyy
Project management of efficiency improvement of elimination of forest fires: a topological approach 303

Dorota Riegert, Paweł Suchorab, Zuzanna Ślosorz
Flood protection using wyspecjalizowany zestaw przeciwpowodziowy – lifesaver training 311
Grzegorz Rogalewicz, Wioletta Maria Bajdur
Industrial hazards modelling based on the example of a chemical substance – ammonia 325
Andrzej Roman
Determination of the eddy current losses in anisotropic magnetic materials with deformed induction – method of successive reactions of the eddy current 337
Joanna Rut, Anna Pytel
Analysis of accidents at work for reduce the risk of training on the example of selected company 345
Dariusz Rydz, Marlena Krakowiak, Teresa Bajor
Identification of noise level at the workplace 363
Mikhail Selianinau
Cryptographic Protection of Data based on minimal redundant polynomial-scalar modular number systems 371
Marcin Sosnowski, Jerzy Pisarek
Comparative analysis of evacuation modelling using different numerical models 383
Joanna Świątek-Prokop
Maleic esters as modifiers influencing on some aspects of technical safety of elements produced with isotactic polypropylene 391
Pavlo Teslenko, Oleksandr Voznyi
Implementation of two-level project management for safety systems development 399
Dorota Wawrzak, Wojciech Kustal
Dairy wastewater treatment in anaerobic dissimilation reduction of sulfates 405
Władysław Węgrzyn
Security engineering process management technology with a high degree of risk 413
Tomasz Wołczański, Anna Pytel, Tomasz De Saint Aubin
Harmful influence factors and annoying work equipment operator discharge-tipping wagons 425

Tomasz Wyleciał, Monika Zajemska, Rafał Wyczółkowski, Adrian Pyrek
Characteristics and selection of thermal isolation the external walls with respect heat safety 439
Miłosz Zabłocki, Urszula Nowacka
Use of kolb cycle as a paramedic training method 447
Oleg B. Zachko, Marek Chmiel, Pavel Chmiel
Methods of formation project teams in the system of civil protection 457
Олег Богданович Зачко, Marek Chmiel, Paweł Chmiel
Проектно-ориентированное управление персоналом в системе гражданской защиты 465
Jakub Žabenský, Radomír Ščurek
Application of magnetometry for objects identification 475
Justyna Żywiołek, Ewa Staniewska
The role of information security policy the data protection company 481

WSTĘP

Instytut Edukacji Technicznej i Bezpieczeństwa przekazuje w ręce Czytelników w roku 2014 drugi tom czasopisma „Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa", będącego bezpośrednią kontynuacją wydawanego w latach 2006–2012 czasopisma „Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza. Seria: Edukacja Techniczna i Informatyczna" .

Z uwagi na interdyscyplinarny charakter treści zamieszczonych w niniejszej publikacji i ich merytoryczne powiązane z inżynierią bezpieczeństwa, zrezygnowano z tradycyjnego podziału na części dotyczące szeroko rozumianych problemów technicznych, informatycznych oraz społecznych, choć część prezentowanych artykułów można przypisać do ww. grup.

W publikacji znajdziemy zatem artykuły poruszające zagadnienia związane z bezpieczeństwem technicznym, takie jak analiza możliwości zastosowania nowoczesnych technik symulacji zagrożeń w inżynierii bezpieczeństwa, znaczenie pomiarów defektoskopowych w aspekcie bezpieczeństwa w transporcie i przemyśle, wpływ nowoczesnych technik napromieniowania na bezpieczeństwo radiologiczne w radioterapii czy charakterystyka i dobór izolacji cieplnych w przegrodach zewnętrznych z punktu widzenia bezpieczeństwa cieplnego.

Szeroko omawiane są również kwestie bezpośrednio związane z pożarnictwem, czego dobitnym przykładem są prace dotyczące wpływu toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów wyposażenia wnętrz na warunki bezpiecznej ewakuacji, oddziaływania temperatur pożarowych na instalacje elektryczne w ścianach gipsowo-kartonowych, badanie palności mebli tapicerowanych czy zarządzania projektami poprawy efektywności eliminacji pożarów lasów.

W świetle narastających zagrożeń wynikających z rozwoju nowoczesnych technologii, bezpieczeństwo informacji jest kwestią szczególnej wagi i dlatego zagadnienia odnoszące się do tej tematyki zostały poruszone w artykułach traktujących o zarządzaniu ryzykiem w systemie bezpieczeństwa informacji, ochronie danych osobowych, kryptograficznej ochronie danych na podstawie minimalnie nadmiarowych wielomianowo-skalarnych modularnych systemów liczbowych, czy wreszcie roli polityki bezpieczeństwa informacji w ochronie danych osobowych przedsiębiorstwa.

Niezwykle interesujące są również prace na temat użycia ciekłych membran do selektywnego usuwania jonów metali ciężkich ze ścieków przemysło-

wych, zastosowania zielonej chemii w działaniach na rzecz zwiększenia bezpieczeństwa chemicznego, modelowania zagrożeń przemysłowych na przykładzie amoniaku, a także praca przedstawiająca estry kwasu maleinowego jako modyfikatora wpływającego na wybrane aspekty bezpieczeństwa technicznego elementów wyprodukowanych z izotaktycznego polipropylenu.

Wszystkie zamieszczone w tomie drugim prace prezentują oryginalny dorobek naukowy w określonych dziedzinach lub stanowią istotną wartość w obszarze zastosowań praktycznych, jak i upowszechniania wiedzy.

Marcin Sosnowski

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 13–21

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.01

Renata Dobrzyńska
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
al. Piastów 41, 71-065 Szczecin
e-mail: Renata.Dobrzynska@zut.edu.pl

WPŁYW TOKSYCZNOŚCI PRODUKTÓW ROZKŁADU TERMICZNEGO I SPALANIA MATERIAŁÓW WYPOSAŻENIA WNĘTRZ NA WARUNKI BEZPIECZNEJ EWAKUACJI

Streszczenie. Podczas pożaru człowiek narażony jest na działanie toksycznych produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów stanowiących wyposażenie wnętrz. Głównymi reprezentantami tych materiałów są tworzywa sztuczne, pianki poliuretanowe i tkaniny wchodzące w skład mebli tapicerowanych oraz materiały drewnopochodne. W środowisku pożaru wydzielają one znaczne ilości gazów, które mogą stanowić śmiertelne zagrożenie dla człowieka. Do najbardziej niebezpiecznych zalicza się tlenek węgla, cyjanowodór i chlorowodór. Obecne wymagania stawiane w Polsce materiałom wyposażeniowym pod kątem toksyczności produktów pożaru mogą być niewystarczające do zapewnienia bezpiecznej ewakuacji ludzi z pomieszczenia objętego pożarem. W związku z tym konieczne jest podjęcie dyskusji, jakie kryteria powinny spełniać materiały stosowane do wyposażenia wnętrz. Na podstawie wyników badań materiałów można określić parametry toksycznego bezpieczeństwa pożarowego. Parametry te pozwolą na odpowiedni dobór materiałów wyposażeniowych, które podczas pożaru nie będą stwarzały śmiertelnego zagrożenia toksycznymi produktami rozkładu termicznego i spalania.
Słowa kluczowe: toksyczność produktów pożaru, toksyczne zagrożenie pożarowe, bezpieczeństwo pożarowe

TOXICITY OF THERMAL DECOMPOSITION AND COMBUSTION OF INTERIOR MATERIALS INFLUENCE FOR SAFE EVACUATION CONDITIONS

Abstract. During a fire, a man is exposed to toxic products of thermal decomposition and combustion of materials for furnishings. The main representatives of these materials

are plastics, polyurethane foams and fabrics included in upholstery furniture, wood-based materials. The fire environment they emit substantial quantities of gas that can be lethal to humans. The most dangerous include carbon monoxide, hydrogen cyanide and hydrogen chloride. The current requirements in Poland for toxicity of fire furnishings materials may not be sufficient to ensure the safe evacuation of people from the fire compartment. Therefore, it is necessary to discuss, what criteria should meet the materials used for interior design. Based on the results of research materials can determine the parameters of the toxic fire safety. These parameters allow the proper selection of materials, outfitting, that will not cause a mortal threat by toxic products of thermal decomposition and combustion in a fire.
Keywords: toxicity of fire products, fire toxic hazard, fire safety

Wstęp

Rozkład termiczny i spalanie materiałów z tworzyw naturalnych i sztucznych jest złożonym, wieloetapowym procesem przemian fizykochemicznych, takich jak: podgrzewanie, degradacja, destrukcja i depolimeryzacja tworzywa, wydzielanie części lotnych i ich dalsze przemiany w fazie gazowej, przemiany składników mineralnych tworzywa, spalanie pozostałości stałej złożonej z węgla i części mineralnych. Przebieg tych przemian decyduje o efekcie cieplnym i składzie fizykochemicznym produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów z tworzyw naturalnych i sztucznych. Skład ten zależy również od rodzaju materiałów oraz warunków ich rozkładu termicznego i spalania [5].

Wśród ważniejszych właściwości materiałów decydujących o pożarowym zagrożeniu związanym z ich zastosowaniem wymienia się:

- odporność materiału na działanie zewnętrznych źródeł podpalania,
- masową szybkość spalania,
- masową emisję lotnych składników w czasie rozkładu termicznego i spalania,
- dymotwórczość materiału,
- zasięg widzialności przez warstwę dymu,
- intensywność wydzielenia ciepła przez objęty pożarem materiał,
- ciepło spalania materiału,
- prędkość rozprzestrzeniania się płomienia po powierzchni materiału,
- przewodnictwo cieplne materiału.

Dymotwórczość materiału i toksyczność produktów jego rozkładu termicznego i spalania zależy od składu chemicznego jego podstawowego składnika, natury chemicznej różnego rodzaju dodatków, plastyfikatorów i wypełniaczy użytych w celu osiągnięcia pożądanych jego właściwości użytkowych, oraz od warunków, w jakich ten rozkład termiczny i spalanie zachodzi. W tabeli 1 przedstawiono, jakie produkty rozkładu termicznego i spalania mogą wydzielać się z wybranych materiałów naturalnych i sztucznych [7, 3].

Tab. 1. Produkty rozkładu termicznego i spalania wybranych materiałów naturalnych i sztucznych

Materiał	**Produkty spalania i rozkładu**	
	rozkład	**spalanie**
Drewnopochodne	węglowodory aromatyczne	CO, CO_2 , NO_2, SO_2
Polietylen	etylen, mieszane węglowodory	CO, CO_2 , NO_2
Polichlorek winylu	HCl, węglowodory aromatyczne, chlorek winylu (monomer)	HCI, CI_2 , CO, CO_2, NO_2
Polistyren	monomery, dimery, trymery styrenu	CO, CO_2 , NO_2
Poliakrylan	kwas akrylowy i metakrylowy	CO, CO_2, NO_2
Poliamid	cyjanowodór	HCN, CO, CO_2
Poliuretany	dwuizocjanki, cyjanowodór	CO, CO_2, HCN, NO_2
Silikony	SiO_2, CO_2, kwas mrówkowy	CO, CO2, SiO_2, HCOOH

Z punktu widzenia zapobiegania rozprzestrzenianiu się pożaru w dowolnym obiekcie szczególnie ważna jest odporność materiałów (wyrobów) na działanie zewnętrznych źródeł podpalania. Miarą tej odporności jest czas, po upływie którego wystąpi zapłon materiału. Palność tworzywa można zmniejszyć bądź opóźnić przez wprowadzanie do nich odpowiednich środków zwanych antypirynami. W tym celu stosuje się najczęściej [4]:

- związki nieorganiczne pochodzenia mineralnego, takie jak uwodniony trójtlenek glinu, tlenek magnezu oraz tlenki cyny, antymonu i molibdenu;
- związki fosforu (np. fosforan amonu i magnezu, a także organiczne związki fosforu);
- chlorowcowe związki organiczne (np. alifatyczne, aromatyczne i cykloalifatyczne związki chloru i bromu);
- związki nieorganiczne.

Ze względu na bardzo różne mechanizmy procesu ogniouodporniania tworzyw (oddziaływanie fizyczne lub chemiczne), mogą one w różny sposób wpływać na dymotwórczość i emisję toksycznych substancji impregnowanego nimi materiału. Mogą one powodować wzrost dymotwórczości i toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów, ponieważ na skutek ich stosowania dochodzi do niecałkowitego spalania materiału. Poza tym same środki opóźniające palenie, w zależności od swojej budowy, mogą własnymi produktami pirolizy spowodować dodatkowy wzrost dymotwórczości i toksyczności materiałów. Niektóre środki ogniouodporniające opóźniają początek rozkładu termicznego i spalania polimeru lub zmniejszają szybkość pirolizy, a tym samym obniżają intensywność emisji dymu. To działanie ma istotne pozytywne znaczenie w rzeczywistych pożarach.

Odporność materiałów na zewnętrzne źródła zapalenia, dymotwórczość oraz toksyczność produktów rozkładu termicznego i spalania mają duży wpływ na warunki bezpiecznej ewakuacji. Jej celem jest, aby wszystkie osoby znajdujące się w obiekcie objętym pożarem mogły wydostać się ze strefy zagrożenia. Aby ewakuacja była skuteczna, czas ewakuacji ze strefy pożaru musi być krótszy od czasu dyspozycyjnego [5]. W tym okresie czynniki zagrożenia pożarowego, tzn. podwyższona temperatura, ograniczenie zasięgu widzialności, toksyczność produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów, niedobór tlenu i uszkodzenie obiektu lub jego elementów, nie mogą przekroczyć wartości niebezpiecznych dla życia ludzi ewakuowanych ze strefy objętej pożarem.

Warunkiem koniecznym dla zapewnienia bezpiecznej ewakuacji jest spełnienie następującego układu nierówności [6]:

$$\dot{q}_{poż} < \dot{q}_{poż_kr} \text{ , kW} \tag{1}$$

$$t_{ewak} << t_d \leq \left(t_{kr_i}\right)_{min} - t_{det} \text{ , s} \tag{2}$$

$$t - t_{det} < t_d \text{ , s} \tag{3}$$

gdzie: $\dot{q}_{poż}$ - moc pożaru, kW,

$\dot{q}_{poż_kr}$ - moc krytyczna pożaru, po przekroczeniu której kontrola jego rozwoju jest niemożliwa, kW,

t_{ewak} - czas ewakuacji ludzi ze strefy objętej pożarem, s,

t_d - czas dyspozycyjny, s,

$(t_{kr_i})_{min}$ - najkrótszy z czasów krytycznych, po upływie którego przekroczone zostają wartości niebezpieczne dla życia człowieka, s,

t_{det} - czas wykrycia pożaru (awarii), s,

t - czas trwania pożaru, s

Badania toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów wyposażenia wnętrz

W celu określenia wpływu toksyczności rozkładu termicznego i spalania materiałów stosowanych do wyposażenia wnętrz przeprowadzono badania własne metodą wg PN-B-02855: 1988. Zasada metody polega na rozkładzie termicznym materiałów w piecu z programowaną temperaturą [1]. Badaną próbkę umieszcza się we wnętrzu rury kwarcowej. Wzdłuż tej rury przesuwa się na-

grzany piec. Badanie przeprowadzane jest w trzech temperaturach: 450ºC, 550ºC i 750ºC. Produkty rozkładu przenoszone są przez powietrze, przepływające ze stałym objętościowym natężeniem przepływu, do płuczek z roztworem pochłaniającym i do analizatorów. Stężenia tlenku węgla i dwutlenku węgla oznaczane są metodą absorpcji podczerwieni, zaś stężenia chlorowodoru, cyjanowodoru, dwutlenku azotu i dwutlenku siarki wyznaczane są metodą kolorymetryczną.

W czasie badań określa się emisję masową wymienionych produktów rozkładu termicznego i spalania. Emisja masowa oznacza masę toksycznego produktu wytworzoną w czasie rozkładu termicznego i spalania jednostki masy materiału w danych warunkach badania:

$$E_i = \frac{m_i}{m_p} \text{ , g} \cdot \text{g-1} \qquad (4)$$

gdzie: E_i - emisja masowa i–tego toksycznego produktu rozkładu termicznego i spalania, $g \cdot g^{-1}$

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

m_p - masa próbki badanego materiału, g

Na podstawie wartości emisji masowej oznaczonych substancji toksycznych rozkładu i spalania materiałów określa się ich wskaźniki toksykometryczne W_{LC50} ze wzoru:

$$W_{LC50i} = \frac{LC_{50i}^{30}}{E_i} = \frac{LC_{50i}^{30}}{m_i} \cdot m_p \text{ , g} \cdot \text{m}^{-3} \qquad (5)$$

gdzie: $LC_{50\,i}^{30}$ - graniczne stężenie i-tej substancji toksycznej, $g \cdot m^{-3}$

E_i - wartość średnia emisji właściwej i-tej substancji toksycznej, $g \cdot g^{-1}$

Dla każdej temperatury badania oblicza się wypadkową wartość W_{LC50M} wskaźników toksykometrycznych W_{LC50} wszystkich oznaczanych produktów rozkładu termicznego i spalania próbek badanego materiału:

$$\frac{1}{W_{LC50M}} = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{W_{LC50i}} \text{ , m}^{3} \cdot \text{g}^{-1} \qquad (6)$$

gdzie: n – liczba oznaczanych składników toksycznych.

Podstawę do klasyfikacji materiałów stanowi W_{LC50SM} – wartość średnia wskaźników toksykometrycznych W_{LC50M}, którą oblicza się ze wzoru:

$$W_{LC50SM} = \frac{W_{LC50M450} + W_{LC50M550} + W_{LC50M750}}{3}, \text{ g}\cdot\text{m}^{-3} \qquad (7)$$

W zależności od wartości wskaźnika toksykometrycznego W_{LC50SM} produkty rozkładu termicznego i spalania badanego materiału klasyfikuje się następująco:

$W_{LC50SM} \leq 15$ - produkty rozkładu termicznego i spalania bardzo toksyczne,

$15\ W_{LC50SM} \leq 40$ - produkty rozkładu termicznego i spalania toksyczne,

$W_{LC50SM} > 40$ - produkty rozkładu termicznego i spalania umiarkowanie toksyczne.

Do badan wybrano typowe materiały stosowane do wyposażenia wnętrz:

- tworzywa sztuczne: poliamid – PA, polipropylen – PP, polipropylen odporny na UV – PP UVN,
- materiały drewnopochodne: sklejki brzozowa i bukowa lakierowane lakierem wodnym lub lakierem poliuretanowym,
- układy tapicerskie wchodzące w skład mebli tapicerowanych.

Wyniki badań dla wybranych materiałów przedstawiono w tabelach 2-4.

Tab. 2. Wyniki badań toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania wybranych tworzyw sztucznych

Badany materiał	Temperatura rozkładu	W_{LC50}						W_{LC50M}	W_{LC50SM}
		CO	CO_2	HCN	NO_2	HCl	SO_2		
	°C	$g\cdot m^{-3}$	$g\cdot m^{-3}$	$g\cdot m^{-3}$	$g\cdot m^{-3}$	$g\cdot m^{-3}$	$g\cdot m^{-3}$	$g\cdot m^{-3}$	$g\cdot m^{-3}$
Tworzywo PA	450	247	4966	538	34159	3940756	140000	162,6	**56,7**
	550	22	140	18	5228	11	15313	5,1	
	750	10	127	16	12009	4	7666	2,3	
Tworzywo PP	450	14	250	568	34159	3940756	8167	13,2	**10**
	550	11	140	483	23203	3940756	8167	9,6	
	750	8	134	262	31346	19639	5164	7,1	
Tworzywo PP UVN	450	24	4753	543	34159	3940756	7204	23	**13,4**
	550	12	135	406	11295	1907	6644	10,6	
	750	7	152	268	27891	3220	6230	6,6	

Tab. 3. Wyniki badań toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania wybranych materiałów drewnopochodnych

Badany materiał	Temperatura rozkładu	W_{LC50}						W_{LC50M}	W_{LC50SM}
		CO	CO_2	HCN	NO_2	HCl	SO_2		
	°C	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$
sklejka bukowa lakierowana lakierem wodnym	450 o C	30	287	620	20128	3940756	1400000	26,3	**39**
	550 o C	20	202	620	15270	3940756	140000	17,6	
	750 o C	294	116	633	14969	3940756	140000	73,1	
sklejka bukowa lakierowana lakierem poliuretanowym	450 o C	25	405	36	23203	295	1400000	13,4	**26,9**
	550 o C	14	245	38	8369	155	32667	9,3	
	750 o C	322	122	178	3691	13007	140000	57,9	
sklejka brzozowa lakierowana lakierem wodnym	450 o C	29	357	244	16977	3940756	140000	23,8	**32,8**
	550 o C	17	228	100	10968	3940756	140000	13,9	
	750 o C	205	110	454	4045	7753	140000	60,6	

Tab. 4. Wyniki badań toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania wybranych układów tapicerskich

Badany układ	Temperatura rozkładu	W_{LC50}						W_{LC50M}	W_{LC50SM}
		CO	CO_2	HCN	NO_2	HCl	SO_2		
	° C	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$	$g \cdot m^{-3}$
dzianina 100% poliester, pianka poliuretanowa NWT	450	38	1674	286	34159	3940756	1400000	32,7	**20,3**
	550	17	165	40	18198	1344	32707	10,9	
	750	44	102	41	7428	7814	30663	17,5	
dzianina 88% poliester, 12% poliuretan SGP, pianka poliuretanowa	450	49	1500	202	27388	6503	140000	37,9	**23,2**
	550	23	185	30	13154	161	28824	11,3	
	750	78	101	45	4346	266	140000	20,4	
Tkanina tapicerska, pianka poliuretanowa NF900	450	44	1473	173	24714	451	140000	31,6	**25,6**
	550	25	192	54	15745	949	28035	15,3	
	750	96	99	99	12105	366	18698	29,8	

Zgodnie z rozporządzeniem ministra infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie w strefach pożarowych ZL I, ZL II, ZL III i ZL V, stosowanie do wykończenia wnętrz materiałów łatwo zapalnych, których produkty rozkładu termicznego są bardzo toksyczne lub intensywnie dymiące, jest zabronione [2]. Tylko dwa z wymienionych powyżej materiałów nie spełniają wymagań rozporządzenia: polipropylen (PP) i polipropylen odporny na UV (PP UVN). Pozostałe badane materiały można stosować do wyposażenia wnętrz, ponieważ ich produkty rozkładu termicznego i spalania można sklasyfikować jako toksyczne, a w przypadku tworzywa PA nawet umiarkowanie toksyczne. Czy to oznacza, że w przypadku pożaru materiały te nie stwarzają zagrożenia dla ludzi? Niestety nie. Wskaźnik toksykometryczy W_{LC50SM} uśrednia wskaźniki toksykometryczne wyznaczone dla wszystkich badanych produktów rozkładu termicznego i spalania materiałów w trzech różnych temperaturach. Tymczasem w ocenie ilościowej toksycznego zagrożenia pożarowego należy rozpatrywać ilości poszczególnych gazów toksycznych wydzielanych w określonej fazie rozwoju pożaru, ze szczególnym uwzględnieniem początkowej fazy jego rozwoju, w której jest możliwa skuteczna ewakuacja. W celu oceny rzeczywistego zagrożenia toksycznego podczas pożaru należy zwrócić uwagę na wskaźniki toksykometryczne W_{LC50}. Dzięki nim można określić masę krytyczną materiału m_{pkr}, którego poddanie rozkładowi termicznemu i spalaniu w pomieszczeniu o określonej objętości V_{pom}, spowoduje osiągnięcie stężenie granicznego $LC_{50\,i}^{30}$ i-tego toksycznego produktu rozkładu termicznego i spalania:

$$m_{pkr} = W_{LC50i} \cdot V_{pom}, \text{ g} \tag{8}$$

Załóżmy, że w wyniku pożaru w pomieszczeniu o objętości 30 m^3 doszło do rozkładu termicznego i spalania krzesła z poliamidu (tworzywo PA – tabela 2). Wskaźnik toksykometryczny W_{LC50} dla chlorowodoru o wartości 11 g/m^3 oznacza, że wystarczy 330 g rozpatrywanego tworzywa, aby w temperaturze 550ºC doszło do emisji przekraczającej stężenie śmiertelne, natomiast w temperaturze 750 ºC – już tylko 120 g (W_{LC50}= 4 g/m^3).

Wyniki badań własnych wskazują, że nie tylko tworzywa sztuczne mogą stanowić zagrożenie dla człowieka toksycznymi produktami rozkładu termicznego i spalania. Badania sklejek bukowej i brzozowej wykazały, że podczas pożaru mogą wydzielać znaczne ilości tlenku węgla, natomiast badane układy tapicerskie – tlenek węgla oraz cyjanowodór.

Podsumowanie

Materiały stanowiące wyposażenie wnętrz mogą stanowić zagrożenie z powodu emisji toksycznych produktów rozkładu termicznego i spalania, takich jak tlenek węgla, chlorowodór i cyjanowodór. Mogą one mieć wpływ na warunki bezpiecznej ewakuacji. Wydzielanie przez palące się materiały toksycznych gazów w stężeniach przekraczających stężenia śmiertelne dla człowieka może tę ewakuację skutecznie uniemożliwić, powodując zagrożenie dla zdrowia i życia. Obowiązujące w Polsce wymagania stawiane materiałom wyposażeniowym odnośnie do toksyczności produktów rozkładu termicznego i spalania są niewystarczające. Klasyfikacja materiałów opierająca się na wskaźniku toksykometrycznym W_{LC50SM} nie daje podstaw do określenia rzeczywistego zagrożenia pożarowego. Przydatnym parametrem do oceny ilościowej zagrożenia toksycznymi produktami spalania może być masa krytyczna materiału, która wskazuje, ile konkretnego materiału można zastosować w określonym pomieszczeniu, aby w przypadku pożaru nie zostały przekroczone stężenia graniczne produktów rozkładu termicznego i spalania.

Literatura:

[1] PN-B-02855:1988. Metoda badania wydzielania toksycznych produktów rozkładu i spalania materiałów.
[2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Dz.U. 2002 nr 75 poz. 690, z późn. zm.
[3] Sawicki T., Pożary tworzyw sztucznych, Tworzywa, marzec 2005.
[4] Stefańczyk B., Toksyczność polimerów podczas pożaru budynku, nr 1, 2008, p. 84-85.
[5] Sychta Z., Badanie materiałów i kryteria ich oceny z punktu widzenia stwarzanego zagrożenia pożarowego, Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej nr 530, Szczecin, 1996.
[6] Sychta Z., Spowolnienie procesu rozkładu termicznego i spalania materiałów podstawowym warunkiem bezpieczeństwa pożarowego obiektów technicznych. Prace Naukowe Politechniki Szczecińskiej nr 570, Szczecin, 2002.
[7] Wasielewski R., Hrycko P., Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska, vol. 12 nr 1 (2010), p. 27-34.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 23–30

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.02

Marek Chmiel[1], Andrij Dominik[2], Adrian Barasiński[1]
[1]Centralna Szkoła Państwowej Straży Pożarnej w Częstochowie
ul. Sabinowska 62, 42-200 Częstochowa, e-mail: chmielm@cspsp.pl
[2]Lwowski Państwowy Uniwersytet Ochrony Życia
79000, Lwów, MSP, ul. Kleparivska 35 Ukraina

ODDZIAŁYWANIE TEMPERATUR POŻAROWYCH NA INSTALACJE ELEKTRYCZNE W ŚCIANACH GIPSOWO-KARTONOWYCH

Streszczenie. Powstające pożary w obiektach budowlanych pochłaniają liczne ofiary i są przyczyną wielu obrażeń mieszkańców oraz użytkowników. Szczególnie groźne dla ludzi są pożary obiektów, w których na niewielkiej przestrzeni przebywa duża liczba osób, np. sale koncertowe, widowiskowe, dworce, szpitale, porty lotnicze, itp. W wymienionych obiektach obowiązują szczególne wymagania ochrony przeciwpożarowej. Ponieważ instalacje elektryczne są integralną częścią wszelkich budynków i obiektów, narażone są na działanie ognia, tak jak inne zainstalowane w nich urządzenia i wyposażenie.
Stosowane w budownictwie przegrody wykonane z płyt gipsowo-kartonowych stanowią swoistego rodzaju ochronę instalacji umiejscowionych w ich wnętrzu. W trakcie pożaru wraz z upływem czasu ciepło przenika przez warstwę materiału. Ma to istotny wpływ, ponieważ głównym czynnikiem niszczącym oddziałującym na izolację przewodów i kabli w warunkach pożaru jest wartość temperatury i jej gradient.
W artykule przestawiono wpływ oddziaływania temperatury płomienia w warunkach pożarowych na ściany wykonane z płyty gipsowo-kartonowej, a tym samym na instalacje elektryczne znajdujące się w jej wnętrzu.
Słowa kluczowe: materiały konstrukcyjne, ogniotrwałość konstrukcji budowlanych, badania palności kabli, rozprzestrzenianie płomienia.

INTERACTION OF FIRE TEMPERATURE ON ELECTRIC INSTALLATIONS IN PLASTER-CARDBOARD WALLS

Abstract. Emerging fire in construction objects absorb numerous casualties and they are reason for many injuries of inhabitants and users. Especially dangerous for people are fire in object where in small area stays a lot of people: concert halls, spectacular

halls, train stations, hospitals, airports. In mentioned objects are bind particular demands of fire protection.
Electric installations are integral part of buildings and objects and so they are expose to operation of fire like fix-ups and outfit which are install in the building.
Bulkheads used in construction are made of plaster-cardboard and they are protection of installations placed inside. In the course of fire along with passage of time warm penetrates the coat of material. It has important influence because main destroying factor affecting on cable isolation in conditions of fire is the value of temperature and it's gradient.
In this article presents influence of flame temperature in conditions of fire on the plaster-cardboard walls and electrical installations inside them.
Keywords: construction materials, building structure immunity on fire, research of cables combustibility, flame diffusing.

Wstęp

Każdy pożar to unikalne zjawisko zależne od różnych czynników, niemożliwe w pełni do przewidzenia [2]. Pożar można opisać za pomocą wspólnych wzorców, które stanowią jego nieodłączny element. Jednym z najważniejszych parametrów opisujących wspomniane zjawisko są tzw. strumienie ciepła, czyli gorące gazy wydostające się przez otwory pomieszczeń, budynków.

Z analizy najnowszych badań i publikacji wynika, że nagrzewanie elementów konstrukcyjnych podczas pożaru odbywa się w sposób niejednorodny, ze względu na losowy typ wielu parametrów, które mają wpływ na dynamikę jego rozwoju. W czasie pożaru w budynkach wydzielają się duże ilości ciepła. Znaczna jego część jest oddawana do otaczających elementów budynku. Wartość uzyskanych efektów termicznych oddziałujących na otoczenia zależy od temperatury płomienia, jego kształtu i powierzchni, odległości od płomienia, ekspozycji, kąta nachylenia płomieni, absorpcji światła oraz innych czynników.

Parametry materiałów konstrukcyjnych

W początkowej fazie pożaru nagrzewają się powierzchnie konstrukcyjne. Wraz z upływem czasu ciepło przenika przez warstwę materiału. Jest to bardzo istotne, ponieważ głównym czynnikiem niszczącym oddziałującym na strukturę materiału w warunkach pożaru jest wartość temperatury i jej gradient. Wiadome jest, że za granicę ogniotrwałości budowlanych konstrukcji przyjmuje się czas, w którym przestają być spełnione trzy warunki brzegowe:

- utraty nośności,
- utraty szczelności,
- utraty zdolności izolacyjnych [1].

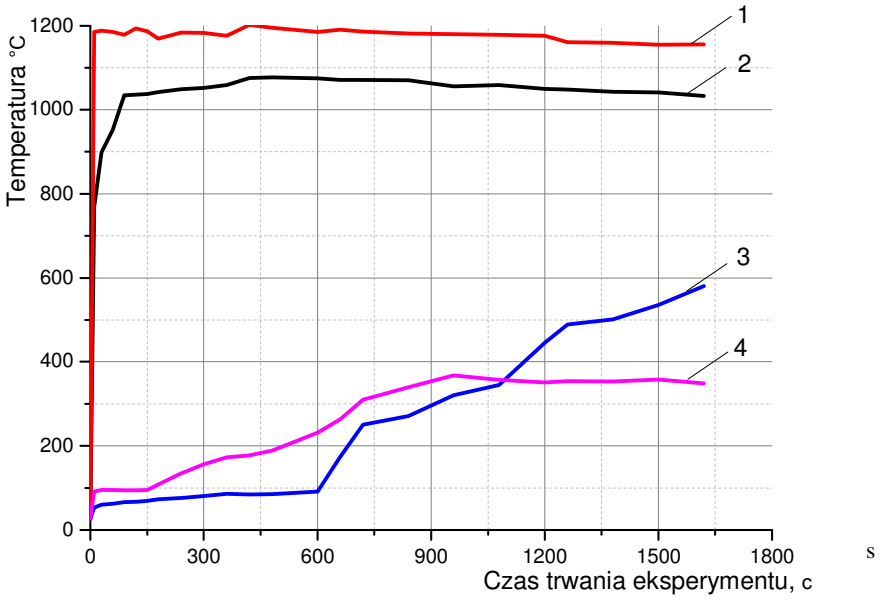
Uwagę naukowców skupia matematyczny opis dynamiki rozkładu temperatury w kontekście grubości konstrukcji poddanej działaniu ognia [3, 5]. Natomiast niewiele uwagi poświęca się badaniu zjawisk zachodzących w instalacjach np. elektrycznych znajdujących się pod jego warstwą, których użytkowanie we wstępnej fazie pożaru może stanowić zagrożenie. Intensywność nagrzewania konstrukcji oraz wielkość gradientu temperatury w aspekcie przenikania ciepła zależy od: wartości temperatury, produktów spalania, stopnia wymiany ciepła pomiędzy strukturą powierzchni a otoczeniem zewnętrznym, właściwości termicznych materiału, czasu nagrzewania oraz innych czynników. Badanie zjawisk zachodzących w instalacjach znajdujących się wewnątrz materiałów konstrukcyjnych lub pod ochroną ognioodporną należy rozważyć w aspekcie utraty zdolności izolacyjnych.

Badania i analizy wyników

Autorzy artykułu wykonali próby mające na celu przybliżenie zjawisk zachodzących w instalacjach osłoniętych przed działaniem ognia. W tym celu wykonana została specjalna komora, w której jako źródło ognia użyto palnik gazowy. Natomiast formą osłony była płyta gipsowo-kartonowa KNAUF ułożona w pozycji poziomej symulującej podwieszany sufit, na której umieszczono (od strony nieogrzewanej) przewód elektryczny. Do wyznaczenia temperatury wykorzystano termopary, które ze względu na metodę pomiarową znajdowały się w bezpośrednim kontakcie z badanymi elementami. Zastosowano również bezkontaktową metodę pomiarową w postaci kamery termowizyjnej, której zadaniem było dokładne uzyskanie danych temperaturowych na całej zewnętrznej powierzchni obejmujących elementy konstrukcyjne. W trakcie badania palnik został umiejscowiony w odległości 20 cm od powierzchni płyty gipsowo-kartonowej. Zgodnie z normą [1], szczególną uwagę zwrócono na wartości temperatur płomienia oddziałującego na płytę gipsowo-kartonową. Widok ogólny modelu badawczego podczas wykonywania eksperymentu przedstawiono na rysunku 1.

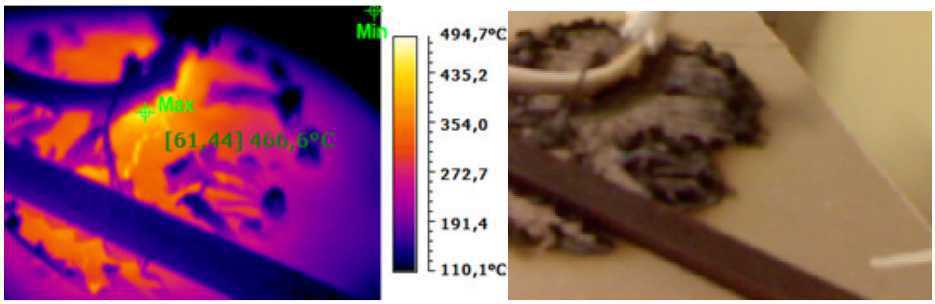
Rys. 1. Proces wykonania eksperymentu

W trakcie próby uzyskiwana temperatura płomienia nie przekracza 1200ºC. Pomiar temperatury wykonywano na powierzchni bezpośrednio poddanej działaniu ognia oraz na nieogrzewanej stronie. Ponadto, jedna z termopar została umiejscowiona w otworze o głębokości ½ grubości płyty.



Rys. 2. Charakterystyka wzrostu temperatury w czasie oddziaływania płomienia na elementy konstrukcyjne: 1 – temperatura płomienia [ºC]; 2 – temperatura ściany po stronie ogrzewanej [ºC]; 3 – temperatura ściany po stronie nieogrzewanej [ºC]; 4 – temperatura w środku konstrukcji [ºC]

Z analizy uzyskanych danych pomiarowych można zauważyć, że po 600 sekundach badania widoczne były pęknięcia w strukturze gipsu, co przełożyło się na nagły wzrost temperatury po stronie nieogrzewanej we wspomnianych miejscach (pozycja 3 na rys. 2).



Rys. 3. Widok płyty gipsowo-kartonowej po stronie nieogrzewanej

Konsekwencje negatywnego oddziaływania ognia w czasie pożaru mogą doprowadzić do poważnych wypadków jeszcze przed rozprzestrzenieniem się płomienia na część budynku nieobjętą pożarem. W badanym przez autorów przypadku zaobserwować można było zwęgloną powłokę izolacyjną przewodu elektrycznego (rys. 4).

Rys. 4. Skutki przegrzania nieogrzewanej warstwy ścianki

Powstałe z tego powodu zwarcie w instalacjach elektrycznych może doprowadzić do znacznego rozpowszechnienia się pożaru, bądź do zaników energii elektrycznej w instalacjach elektrycznych funkcjonujących w warunkach pożaru [4, 6].

Matematyczny opis nagrzewania się elementów

W celu potwierdzenia badań doświadczalnych autorzy wykonali obliczenia matematyczne pola temperatury. Badanie to w warunkach pożaru dla danego projektu można wyznaczyć na podstawie poniższych równań matematycznych. Temperatura na ogrzewanej stronie ściany wynosiła 1100ºC (rys. 2, pozycja 2), więc można założyć z dużą pewnością, że zmiana temperatury w górnych warstwach (dla wykonanego doświadczenia w okolicach podwieszanego sufitu) odbywały się według prawa przemiany temperatury środowiska, co odnosi się do znormalizowanej krzywej, zamieszczonej w normie [1]:

$$t_{cm} = 1080 \cdot (1 - 0{,}325 \cdot e^{-0{,}167 \cdot \tau} - 0{,}675 \cdot e^{-2{,}5 \cdot \tau}) + 20°\mathrm{C} \tag{1}$$

Spód płyty gipsowo-kartonowej utrzymuje na swojej powierzchni temperaturę otoczenia, której zmiany przebiegają zgodnie z prawem:

$$t_c(\tau) = t_m - (t_m - t_0) \cdot e^{-k\tau} \tag{2}$$

gdzie:

t_m - eksperymentalna temperatura środowisko $t_c(\infty) = t_m$; k - stała; t_0 - temperatura początkowa płyty.

Warunki tego problemu można przedstawić za pomocą równania różniczkowego:

$$\frac{\partial t(x,\tau)}{\partial \tau} = \alpha \frac{\partial^2 (x,\tau)}{\partial x^2} \tag{3}$$

dla warunku początkowego:

$$t(x, 0) = t_0 = const \tag{4}$$

Warunki brzegowe na dolnej powierzchni próbki można zapisać w postaci:

$$\frac{\partial t(l,\tau)}{\partial x} + \alpha \, [t_m - (t_m - t_0) \cdot e^{-k\tau} - t(l,\tau)] = 0, \tag{5}$$

gdzie:

l - grubość płytki [m]; α - współczynnik przenikania ciepła pomiędzy próbką a środowiskiem zewnętrznym $\left[\frac{W}{m^2 * K}\right]$.

Stosując równanie różniczkowe Laplace'a (3) i warunki brzegowe (4) – (5), otrzymano zapis [6]:

$$t(x,\tau) = (T_{max} - t_0)\left[\begin{array}{c} 1 - \frac{cos\sqrt{\frac{k}{\alpha}}x}{cos\sqrt{\frac{k}{\alpha}}\cdot l - \frac{1}{H}\sqrt{\frac{k}{\alpha}}sin\sqrt{\frac{k}{\alpha}}l}\cdot e^{-k\tau} - \\ \sum_{n=1}^{\infty}\frac{A_n}{1-\frac{\alpha\cdot\mu_n^2}{k\cdot l^2}}\cdot cos\mu_n\cdot exp\left(-\mu_n^2\frac{\alpha\cdot\mu_n^2}{l^2}\right)\end{array}\right] - t_0 \qquad (6)$$

gdzie:

A_n - stała amplituda termiczna, której wyrażenia ma postać:

$A_{n=}\frac{2\cdot sin\mu_n}{\mu_n + sin\mu_n\cdot cos\mu_n} = (-1)^{n+1}\frac{2\cdot Bi\cdot\sqrt{Bi^2+\mu_n^2}}{\mu_n(Bi^2+Bi+\mu_n^2)}$; μ_n- numery charakterystyczne;

k - stała; Bi - kryterium Bio, $Bi = \frac{\alpha\cdot l}{\lambda}$; x - położenie i grubość płyty;

$$H = \frac{Bi}{l}$$

Wnioski

Rozpatrując materiały konstrukcyjne poddane niszczącemu działaniu ognia w warunkach pożarowych, można wyciągnąć następujące wnioski:

- na etapie projektowania należy uwzględnić grubość zastosowanych warstw osłon gipsowo-kartonowych w aspekcie ochrony instalacji, np. elektrycznych, znajdujących się w budynku;
- faktem jest, iż podczas montażu instalacji elektrycznych w przegrodach należy stosować osłonę w postaci peszlu niepalnego, jednak osiągane temperatury znacząco przekraczały zakres jego temperatury pracy, co tylko nieznacznie opóźniłoby czas rozkładu izolacji;
- zasadne staje się pytanie, czy wykonanie osłony konstrukcji budynku z płyt gipsowo-kartonowych jest wystarczające dla zachowania sztywności konstrukcji;
- konieczna staje się analiza zagrożeń pożarowych dla domów jednorodzinnych wykonanych w nowej technologii budownictwa z drewnianych lub prefabrykowanych elementów;
- należy dążyć do szerszego uwzględnienia w zapisach norm sposobów prowadzenia instalacji wykonanych w nowoczesnej technologii budowy ścian i rozwiązań technologicznych;

- biorąc pod uwagę żywotność przewodu, a w szczególności warstwy materiału izolacji, konieczne staje się uwzględnienie w normach nowoczesnych rozwiązań technologicznych w zakresie samej budowy przegród budowlanych;
- zwarcia powstałe w wyniki degradacji izolacji mogą prowadzić do przyspieszonego rozprzestrzeniania się pożaru oraz negatywnie wpłynąć na elementy konstrukcyjne;
- w trakcie tworzenia projektu wewnętrznych instalacji elektrycznych w danym obiekcie należy uwzględnić ryzyko wystąpienia pożaru i zagrożenia przebywających wewnątrz ludzi, a poprzez dobór odpowiednich rozwiązań można ograniczyć strefy rozprzestrzeniania się pożaru.

Literatura

[1] PN-EN 1991-1-2:2006 Eurokod 1: Oddziaływania na konstrukcje. Część 1-2: Oddziaływania ogólne. Oddziaływania na konstrukcje w warunkach pożaru.
[2] Верзилин М.М., Повзик Я.С., Пожарная тактика. – М.: ЗАО «Спецтехника Нпо», 2007.
[3] Baytala V.M., Dominik A.M. Semerak M.M., Odporność ogniowa konstrukcji betonowych elektrowni w warunkach pożaru. Współczesne problemy systemów zasilania obiektów przemysłowych i gospodarstwa domowego: Artykuły naukowe i krajowych konferencji naukowych i technicznych nauczycieli, i studentów. Donieck 18-19 października 2012 roku.
[4] Czaja P., Barasiński A., Zachowanie się przewodów i kabli w pożarach, Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, t. I, 2013.
[5] Домінік А.М., Дослідження вогнестійкості циліндричної колони в умовах пожежі Science and Education a New Dimension, Natural and Technical Sciences, I(2), Issue: 15, 2013.
[6] Лыков А.В., Теория теплопроводности. М.: Высшая школа 1967.
[7] Uczciwek T., Bezpieczeństwo i higiena pracy oraz ochrona przeciwpożarowa w elektroenergetyce, COSiW SEP Warszawa 1998.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 31–48

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.03

Pjotr Chmiel, Juri Olenjuk, Yaroslav Pidgorodeckyi, Evgen Martyn
Lviv State University of Life Safety
Ukraine, 79000, Lviv, Kleparivska St., 35

METHODS OF SUBMITTING MODELS IN PROJECT-ORIENTED MANAGEMENT OF TRANSBOUNDARY RESCUE SUBDIVISIONS

Abstract.
Objective: Analysis, design, research and practical use of modeling methods of processes of project-oriented management of transboundary systems and operational and rescue subdivisions of emergency response/ situations liquidation.
Methods: Geometric research method of intercommunication of programs and projects in international integration field and management of transboundary systems and operational rescue subdivisions.
Results: Results of scientific research based on the analysis, selection, improving of the element from the set of models of applied geometry permit to offer effective geometric research method of processes of dynamics and optimization of individual elements at the office projects management, programs and portfolios of projects by achieving sufficient mobility of forces and means of operational rescue subdivisions, ensuring at the proper ratio of parameters for the purposes of general system of project-oriented control ensuring high efficiency of interaction of added formations of neighboring countries at extinguishing fires and mitigation of accidents and natural disasters.
Conclusions: The studies allowed to offer effective geometric models that take into account sufficient number of parameters of parametric process in the state space of management system of programs and projects in the field of international integration and implementation of cross-border system and operational rescue subdivisions. The application of proposed models using methods of applied multdimensional geometry in the parameter space formed by a number of different dimensions, allows figuratively and graphically by simple geometric operations to explore general and partial cases of interactions of forces and means in the process of office project organizational management added by rescue groups. Geometric means/tools enable to assess the degree of mobility of forces and means of rescue formations and effectiveness of the action liquidation of emergency situation.
Keywords: transboundary oparational and rescue subdivisions, programs, projects, portfolio of projects, emergencies, project-oriented management, geometric modeling, phase spaces, multidimensional geometry.

METODY REPREZENTACJI MODELI W ZARZĄDZANIU ZORIENTOWANYM PROJEKTOWO TRANSGRANICZNYCH JEDNOSTEK OPERACYJNO-RATOWNICZYCH

Streszczenie: Celem pracy jest analiza, projektowanie, badanie i praktyczne zastosowanie metod modelowania procesów zarządzania zorientowanego projektowo systemów transgranicznych i jednostek operacyjno-ratowniczych dotyczących likwidacji sytuacji nadzwyczajnych. W pracy wykorzystano geometryczną metodę badania relacji programów i projektów w dziedzinie integracji międzynarodowej i zarządzania systemami transgranicznymi i jednostkami operacyjno-ratowniczymi. Przedstawione wyniki badań naukowych pozwalają na podstawie analizy, selekcji i poprawy elementu ze zbioru modeli geometrii stosowanej zaproponować skuteczną metodę geometryczną badania dynamiki procesów geometrycznych i optymalizacji poszczególnych elementów zarządzania projektami, programami i portfelami poprzez osiągnięcie wystarczającej mobilności sił i środków drużyn operacyjno-ratowniczych. Wyniki badań pozwoliły zaproponować skuteczne modele geometryczne, które biorą pod uwagę odpowiednią liczbę badanych parametrów procesu parametrycznego w przestrzeni stanów systemu zarządzania programami i projektami w dziedzinie integracji międzynarodowej i wdrażania systemów transgranicznych i zespołów operacyjno-ratowniczych. Stosowanie proponowanych modeli wykorzystujących metody zastosowanej geometrii wielowymiarowej w przestrzeni pozwala graficznie i wizualnie za pomocą prostych operacji geometrycznych na zbadanie ogólnych i częściowych przypadków interakcji sił i zasobów w procesie zarządzania projektowego i organizacyjnego jednostek ratowniczych. Geometryczne środki dają możliwość oceny stopnia mobilności sił i środków służb ratowniczych i skuteczności działań w sytuacjach nadzwyczajnych.
Słowa kluczowe: transgraniczne jednostki operacyjno-ratownicze, projekty, portfolio projektów, sytuacje kryzysowe, zarządzanie zorientowane projektowo, modelowanie geometryczne, przestrzeń fazowa, geometria wielowymiarowa.

Introduction

Intensification of economic and cultural connections between Ukraine and Poland, and so, therefore, with other European countries and the EU, is accompanied by a significant loads on the borders of both countries. Frequent consequences of such process are violation of technological, environmental and fire safety in the border areas, particularly near the border crossing points. Attempts to maintain proper safety condition require use of various means of prevention of emergency situations and elimination. According to interstate agreements in the field of international integration cross-border systems and operational and rescue subdivisions are created and operate. Such systems and subdivisions are organized hierarchically. Their feature is the simultaneous submission on the upper management level. Important in the functioning of such sub-

divisions in general and individual components strict is subordination of law of the both countries and certain interstate agreements. In particular, their smooth functioning is possible, subject to paragraphs of Code of Civil Protection and legislative acts in the field of fire safety of both countries [1]. Significant impact on a subdivisions' clear response on emergencies is their information provision and regulatory support.

Intensive subjects' interaction of interstate relations requires the development of new methods and effective management of the border security. Due to importance of the considered problem, there are numerous independent from one another parts of management system and the urgent need to improve their interaction in emergency elimination process. New methods should be based on the principles of the use of scientific and practical ideology of project-oriented process management of interaction between cross-border systems and operational and rescue subdivisions. It is the most structured systematic and optimal method in understanding of predicting losses and risks minimization at various stages of the projects of life safety security on cross-border areas. Appropriate level of project-oriented management of transboundary systems and operational and rescue subdivisions can be achieved through comprehensive and thorough study of the interaction of constituents' parts on the models. Question of assessment of the scientific development of systemic problems of project-oriented management of man-made formations, including in the field of human life safety, are solved in scientific researches both foreign and domestic scientists. Scientific exploration in the field of development, research and use of models especially are relevant in the system of civil protection, in particular for solving practical problems of life security on cross-border areas.

Theoretical scientific and methodological development problems of certain applied aspects of project-oriented management in civil protection are highlighted in academic writings of Yu. Rak, T. Rak, R. Ratushnyi, O. Zachko, A. Ivanusa and their students. The development issue and practical use of modeling processes of project-oriented management in solving applied problems in the field of civil protection can be found in the writings of the scientific school of Yu. Rak and his students [2].

Development of methods for modeling the processes of project-oriented management in the part of determination of development tendencies as process in general as well as changes in its defining parameters, we have limited reference [3]. Should be noted powerful capabilities of geometric modeling of technical objects, topographical surfaces [4], processes both in real space [5] and in complex spaces [6]. For the first time geometric modeling tools are used to explore the project-oriented management of cross-border operational and rescue units in [7]. However, issues of methods development of geometric modeling in applied use concerning determination of development trends of the processes of project-oriented management and efficiency of cross-border interaction and

operational-rescue subdivisions require wider coverage and further fundamental research.

Problem setting

Properties of objects, systems and processes are studied involving modeling tools. Modeling methods have applied use and develop in two directions: to solve practical problems with clearly defined parameters and in the case of incomplete information about modeling object, or they take approximate values in some vaguely defined range. Tasks to which we assign the processes of project-oriented management of transboundary systems and operational and rescue units belong to tasks with unclear defined parameters. They are often solved using applied methods of simulation. In the course of research on models, operating a large number of parameters with approximate values of some of them, a numeric value result of simulation is obtained. In this case the is no opportunity to follow the trend of the numeric parameters' change that determine the effectiveness of project-based management, in particular, its position relative to critical values. This certainly limits the ability of research and requires carrying additional research on models, but with different parameter values. The critical point, min or max, often do not appear, especially when given specific parameter values. It should be noted the inability of using in the research process interpolation methods.

Methods of geometric modeling provide significantly wider possibilities. Process of studies occurs with using geometric images in the form of lines and surfaces, and simplicity, imagery and visualization of models make it possible not only to trace the trend of process' changes over time, but also to determine the area of critical values. A promising direction of scientific studies are the analysis, develop and use of methods of geometric modeling in the research processes of project-oriented management of transboundary systems and operational and rescue subdivisions of concerned States.

Purpose of research

The set of modeling methods of objects phenomena and processes is versatile and have practical use for solving specific technical problems. Every problem can be solved by any method, respectively, more or less effectively. Convenience, simplicity, accuracy and versatility of the method determine its widespread use in research practice and computing in the tasks of science and practice, particularly in ensuring the safety of human life. At solving the present problem, especially given the nature of its solution on the cross-border areas of neighboring countries, it is important to explore and choose an effective method of modeling concerning the analysis tasks of project-oriented management pro-

cesses of cross-border operational and rescue subdivisions of emergency response.

The aim of the research is to increase effectiveness of management processes projects' portfolio in field of international integration and implementation of cross-border systems and operational and rescue subdivisions through the development and use of effective tools for modeling management processes by interacting parties in terms of prevention and liquidation of emergency situations in the border areas of neighboring concerned States.

Main part of the research

Particular aspects of solution to the problem of system analysis and study of the interaction of operational and rescue subdivisions using models are developed in [8]. Shown perspectives of using geometric modeling require, however, a detailed and comprehensive review of both modeling object and choice of means of geometric modeling based on application use of known geometries [4].

Structure and functional interconnections of links and elements of the project-oriented management object

Modeling object is the process of project-oriented management of transboundary operational and rescue subdivisions characterized by peculiarities of course on the territory of two neighboring countries. It is one aspect of international cooperation. In this field, the regulations achieved and legally enshrined by the governing bodies of both countries are adhered. The importance of state approach to the creation of operational and rescue subdivisions caused by the tasks that must be performed. They feature is the high mobility of forces and means while ensuring optimal actions during firefighting, search and rescue, mitigation of accidents, emergency and natural disasters, humanitarian operations directly on the border areas of both countries. Regarding the development and modeling processes of international cooperation in the field of civil protection of border areas and objects found there, the elimination and prevention of emergencies, it is important to establish interconnections between different subjects of border cooperation.

Operational and rescue subdivisions are formed and equipped in accordance with the Code of Civil Protection and legislation in the field of fire safety [1] of States personnel, basic, special, auxiliary fire and rescue equipment, especially in those states in which on the border area emergency or fire has happened with attraction of relocation and additional forces and means of the neighboring state. General management of the organization and conduct of necessary measures and rescue operations of the emergency or fire is carried out by central executive body along with economic entity state, in which territory there an emergency or fire has happened. Involvement of material means is

carried in the prescribed manner and is being consistent with the guidance of the State Emergency Services or State Fire Service of one of the countries. An important element in terms of ensuring the high mobility and quality of management concerning conducting rescue operations or liquidation of the disaster is the consistent establishment of campsite with the appropriate governing bodies. Its peculiarity is concentration in one location directly in the area of personnel' operations and material and technical resources. Thus special machinery of operational and rescue subdivision is divided strictly between the individual subdivision belonging to each State that participates in liquidation of consequences of the accidents or fire. Improving the efficiency of interaction between individual units of subdivisions of both countries can be achieved in some cases by the location of special equipment in one subdivision, taking into account the operational situation, rational distribution, the possibility of its rapid use in routine operations.

The set of measures included in the amount of rescue operations in cross-border areas of both countries, has its specifics and is influential element in project-oriented management of cross-border operational and rescue subdivisions. It includes, in particular,

- fire extinguishing and localization on the territory of one or another state;
- carrying water communications;
- emergency shutdown of energy sources on the border areas;
- performing rescue work, providing first aid and the location and evacuation to safe places on both sides of the border (on the basis of concluded international agreements);
- localization and liquidation of certain sources of increased danger in border facilities, networks, communications;
- restoration of functioning on some border areas of energy networks and interstate communicational lines;
- creating temporary schemes of some important boundary objects;
- conducting of works on clearing the border areas;
- protection of the border infrastructure and environment in the area of fire or emergency.

Isolation in a structured list of works to eliminate emergencies on the border areas is an important element in the preparation of normative and legal functioning of cross-border operational and rescue subdivisions and constitutes the basis of formation of the structure of their organization by international agreements of compatible annual trainings and functioning [9].

Classification model of cross-border systems and operational and rescue subdivisions with project-oriented management

The reason for the development of a process model of project-oriented management of operational and rescue subdivisions in cross-border areas is a scheme of interconnections of their structural subdivisions built on the principles of classification model of cross-border operational and rescue subdivisions.

Effective functioning of border zone structures on the territories of both countries possible on condition of clear and harmonious cooperation of individual units of operational and rescue subdivisions, which are complementary and include human and material and technical resources of both countries. Cross-border operational and rescue subdivisions have clearly assigned tasks of people's life in the border areas, form a class of projects of interstate cooperation with similar characteristics and fields of activity. The latter, however, have their own characteristics based on diversity and wide range of emergence, development and methods of disaster management in transboundary areas. Given the reduced range of functions and tasks, as well as the specific of geographical location, topographical features of both section of the border strip, the purpose of individual border establishments and districts, level of financial support for subdivisions, material and technical supply functioning of the interaction of the two components of cross-border operational and rescue subdivisions has its own characteristics. These characteristics, in view of mentioned features, require a special approach to the selection of the type of project-oriented management.

Combination in the general model of the interaction of cross-border operational and rescue subdivisions in project-oriented management with attraction of their two independent components from side of each concerned State requires scientifically based approach as with attraction of methods and means of project-based management and effective research models of relevant processes.

The tasks of forming and managing operative fire and rescue subdivisions are resolved based on the use of practical experience as a governing, commanding and other ranks, hence they have rather low efficiency in its operations and require proper scientific classification approach. Apply theory to processes, which are activated in interstate relations, scientifically based theories of project-oriented management enables to systematize at a glance the various cases of emergence, development and disaster management is the reason to obtain and use versatile scientific tools and development in the field of civil protection in the border areas any neighboring countries. Today, the problems of life security on the cross-border areas of neighboring countries are resolved differently. It should be noted that each state borders with several others, making appropriate individual interstate deals.

The classification model should take into account the peculiarities of project-oriented management of border facilities and communications, location of

checkpoints and transitions through the border, as along the common border of the two countries and adapted to the peculiarities of border communications on other borders of neighboring countries. The main task, ensuring proper life safety, imposes restrictions concerning model's versatility and diversity of network application at project-oriented management of transboundary operational and rescue subdivisions of concerned States.

Models' analysis indicates their priority both at the stage of concluding interstate agreements in the field of cross-border cooperation in general, and the implementation of the provisions of such agreements at liquidation of emergency situations. Developing classification models should be taken into account that modern operative and rescue subdivisions include effective information technology, perfect normative, legal support, and both combine a high level of professional rescuers, and information, in particular the Internet technology. Note that the effective use of human, technical resources and information technology is possible on condition of integration of certain infrastructures as neighboring states and states of the corresponding continent in general. In the last case the effective use of satellite communications. Thus, the classification model has three components (Fig. 1) based on which classification models of security settings of border cooperation in project-oriented management are suggested according to functions (Fig. 2), elements (Fig. 3) and organization of border Operational Rescue subdivision of the concerned State (Fig. 4).

The structure and functionality of the generating methods of models processes of project-oriented management of cross-border operational and rescue subdivision

Tasks of optimization and improving the efficiency of interaction between individual units and subsystems of operatively and rescue subdivisions, as one single state and also interaction peculiarities of two states belongs to the tasks that must be solved systemically both on state level and interaction of region border bodies level. An important part of their solution is to simulate the processes taking into account fluidity in time and interference of many factors.

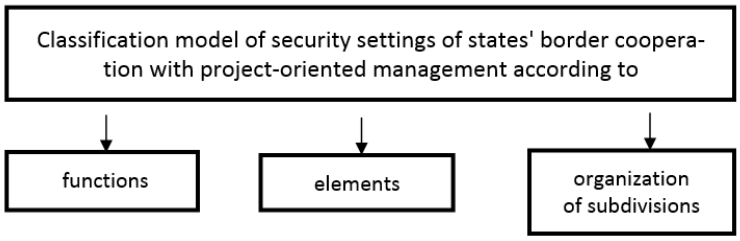


Fig. 1. Hierarchical structure of classifying security settings model criteria of border cooperation of states with project-oriented management

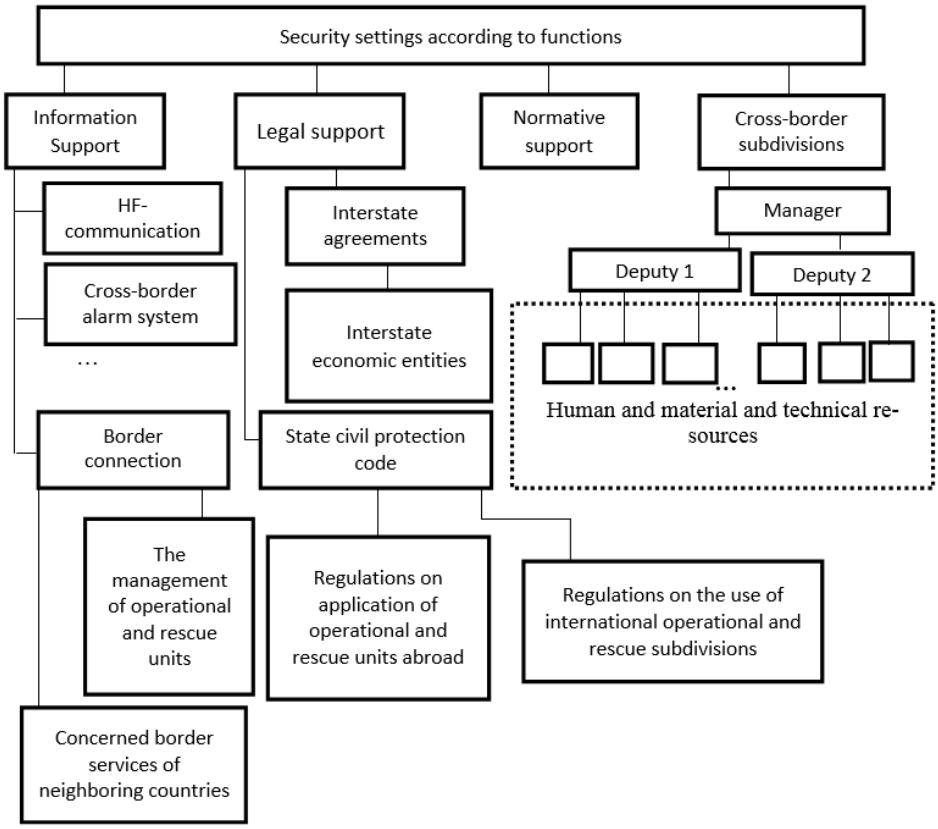


Fig. 2. Classifying security settings model criteria of border cooperation with project-oriented management according to the functions

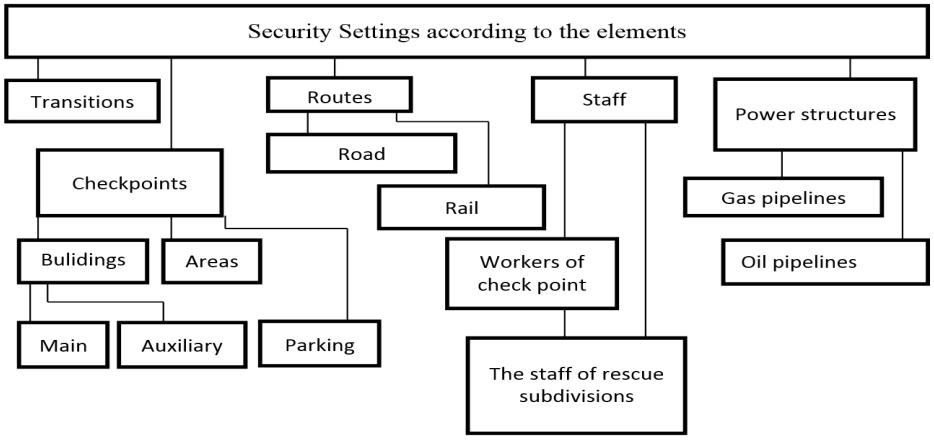


Fig. 3. Classifying model with project-oriented management according to the elements

Modeling of the interaction processes of two operational and rescue units as components of cross-border operational and rescue subdivisions belongs to unsolved practical problems in field of border security cooperation. It is characterized the following features:

- multiparameter character;
- change of many parameters simultaneously, some of which are characterized by different acceleration at the same point in time;
- different physical nature of variable parameters;
- uncertainty of the numerical values of some parameters and respectively the operating range of the their change;
- interconnection complexity of individual units based on the availability in the project portfolio data from mutual influence of human, technical, technological, environmental, informational, regulatory components.

Solution of the problem requires the use of models of specific purpose at presence of the dominant influence of various factors. The choice of model and its settings on the solution of targets of modeling process of project-oriented management of transboundary operational and rescue subdivisions requires an analysis of the basic methods of modeling, development, modernization and adaptation for modeling the specific process of project-oriented management of transboundary operational and rescue subdivisions with variable parameters.

Modeling methods, which can be used in solving tasks, are diverse and relate to different areas of science. Their common feature is versatility. One model is created using restrictions and simplifications, can be involved in the solving processes tasks of different physical nature. With regard to the task, which is considered, multiparameter character and numerical values uncertainty of some parameters is the key condition. Based on the analysis of the interaction peculiarities of individual units of cross-border operational and rescue squads, totality of factors is complemented by the requirement *to follow the tendencies of change* of particular parameters. The scheme of the project implementation of models of project-oriented management of cross-border operational and rescue subdivisions may be submitted in the form (Fig. 5).

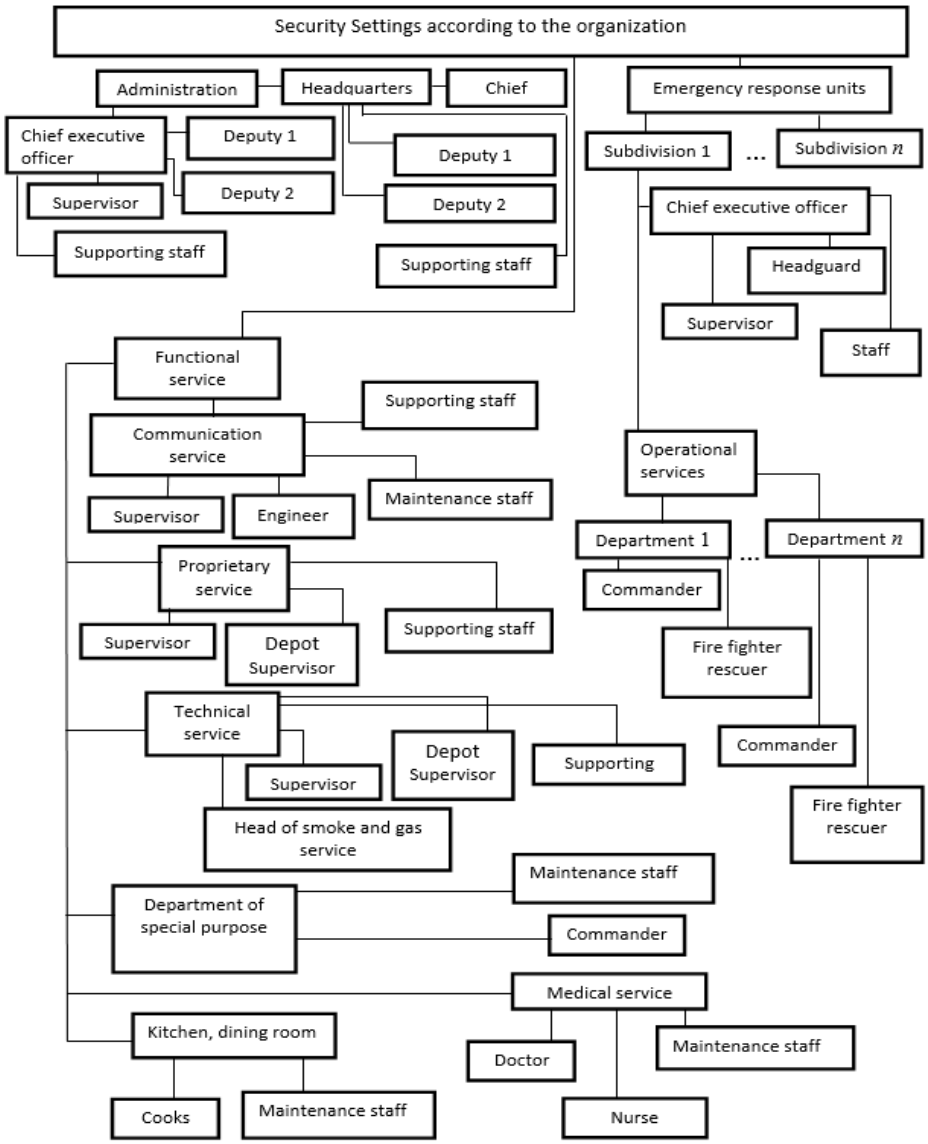


Fig. 4. Classification model of border operational and rescue subdivision of the state at project-oriented management by organization

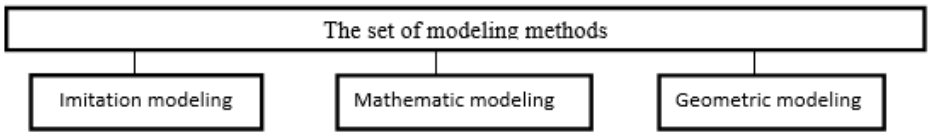


Fig. 5. Scheme of the project implementation of process models of project-oriented management of cross-border operational and rescue subdivisions

A common feature of modeling methods, which are shown in Fig. 5, is their versatility. Categories of individual signs and submission of process results of modeling of presented modeling methods are shown in Fig. 6.

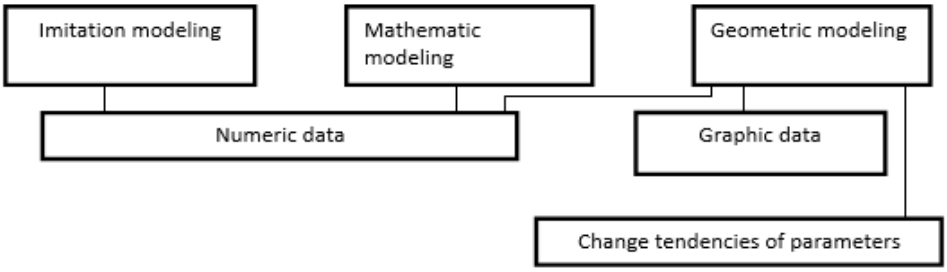


Fig. 6. Categories of modeling methods

Conducted analysis indicates the rationality of choice of geometric modeling of processes of project-oriented management of cross-border operational and rescue subdivisions. However, important factor, which distinguishes the geometric modeling, is the need to consider the simultaneous change of many parameters. Not all methods of geometric modeling take into account the **multiparameter character**, however, responding, the main requirement *to follow tendencies of change a particular parameter.* Specified observation requires conducting the research of methods of geometric modeling. They are shown by matrix organization of methods of geometries components that aggregately define toolkit of geometric modeling (Fig. 7).

Given the specificity of the problem, meaning presence of two components of cross-border operational and rescue subdivision, concept of capacity of methods for geometric modeling are introduced, which means the possibility to operate by means of graphical models using the number of higher measurability. Most of the given geometries operate with a number of parameters, up to three. Applied multidimensional geometry has significantly higher, infinite capacity. The number of parameters that can encompass model of applied multidimensional geometry is unlimited.

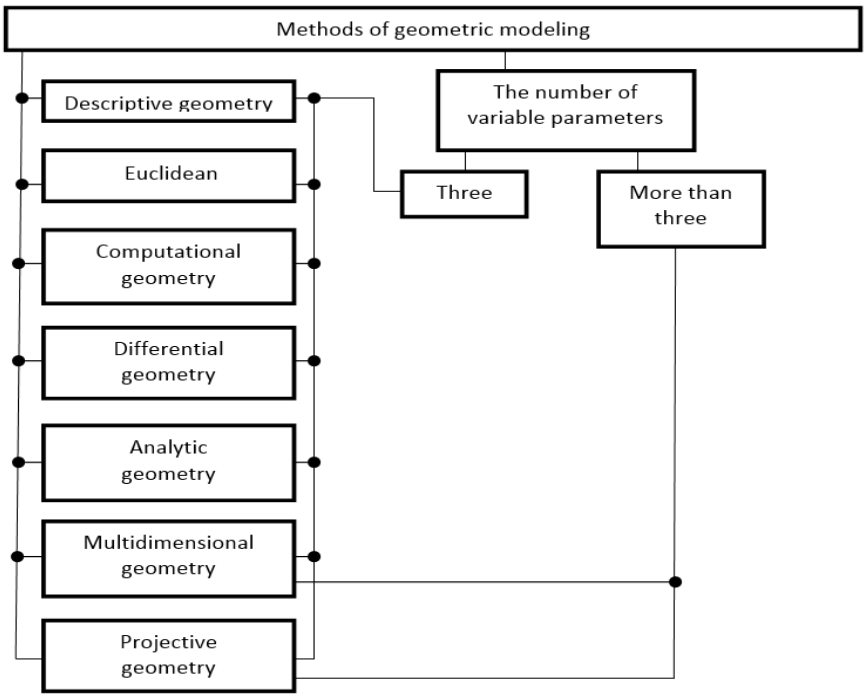


Fig. 7. Matrix organization of methods for geometric modeling

Therefore applied multidimensional geometry has much higher capacity (Fig. 8).

A practical example of implementation methods of geometric modeling using numbers of higher measurability

Analysis of the problems, associated with the investigation of processes of project-oriented management of operational and rescue subdivisions, indicates the possibility of using modeling means of applied multidimensional geometry involving both prime numbers, and numbers of higher measurability. In [10] is shown developed geometric model that applies to the analysis of processes of project-oriented management of cross-border operational and rescue subdivisions, using components built on the principles of Euclidean descriptive geometry [4]. The problem of optimization moving including special transport and rolling stock under conditions of different density of highways is solved in [7]. Tasks of process analysis of the interaction of both operational and rescue subdivisions in the conditions of project-oriented management of transboundary operational and rescue subdivisions in the period of emergency elimination on the border of two states using complex numbers such as $z = x + iy$ and $w = u + iv$, where $i^2 = -1$ imaginary unit are solved in [11, 12].

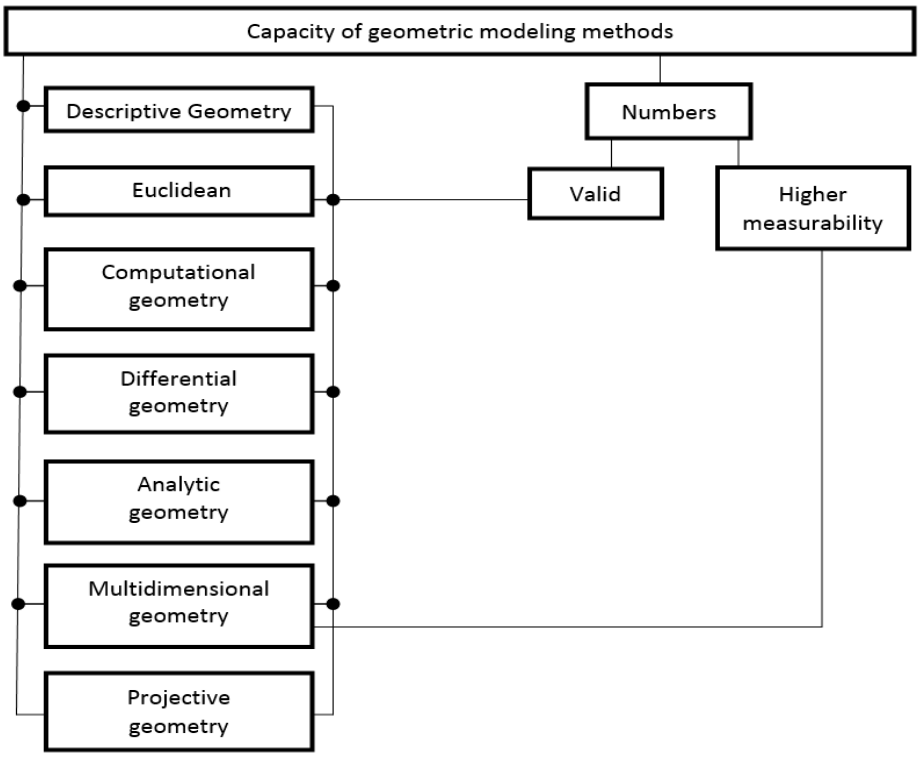


Fig. 8. Structure of capacity of geometric modeling methods.

Capabilities of geometric modeling are demonstrated, when solving **synthesis** problems by using complex numbers, in particular in the case of incompletely specified input. Denote the number of special equipment of one state D1 with valid independent parameter x, and the number of special equipment of the other state D2 imaginary parameter iy. On the basis of expert information character of parameter x changes in time t is set, for example, during the year according to the following dependency (Fig. 9).

The effectiveness of the u use of special equipment of the state D1 in the emergency elimination in the border area subordinates to the law:

$$u=u(x, y)=x^2-y^2. \tag{1}$$

Law of effectiveness v change and also number change of special equipment y in time dimension must be defined.

Function w of efficient use of special equipment of both countries $w = u + iv$ is analytic, ie for components of functions

$$w=u+iv=w(x+iy)=u(x, y)+iv(x, y) \tag{2}$$

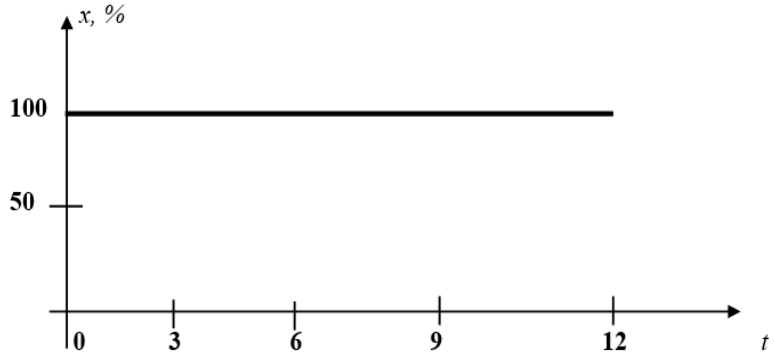


Fig. 9. Dependence of the parameter x change in time dimension

d'Alembert-Euler conditions are performed:

$$\frac{\partial u}{\partial x} = \frac{\partial v}{\partial y};$$

$$\frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{\partial v}{\partial x}. \tag{3}$$

Components to determine the effectiveness of the use of special equipment of the state D2 can be found using equations:

$$\frac{\partial v}{\partial x} = -\frac{\partial u}{\partial y} = 2y = P(x, y);$$

$$\frac{\partial v}{\partial y} = \frac{\partial u}{\partial x} = 2x = Q(x, y). \tag{4}$$

According to the conditions of the problem number of special equipment x is constant; it is equal to x_0 =100%. Range of parameter *y* change within the boundaries $y \geq y_0 \geq 0$ must be defined. The function *v (x, y)* can be found by integrating curvilinear integral [6]

$$v(x, y) = \int_{x_0, y_0}^{x, y} P(x, y)dx + Q(x, y)dy. \tag{5}$$

Substituting dependencies (4) into equation (5), considering dependence of parameter x change, the law of effectiveness v change of using special equipment of the state D2 is obtained:

$$v=2xy. \tag{6}$$

Then dependence of the efficiency of special equipment use of both states D1 and D2 is submitted by analytic function

$$w=u+iv=x^2-y^2+2ixy. \tag{7}$$

Law of number's change of special equipment y must be defined. For this we use the complex Monge draft [4].

In the construction of complex draft three parameters are involved x, y, t. For this case it is convenient to use the net of plane of the three-dimensional state space $Oxyt$ of process of number's change of special equipment. As parameter x is constant in time, interconnections between the three parameters can be presented by graphical dependencies (Fig. 10).

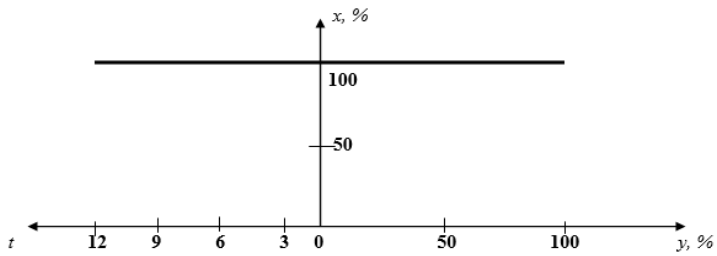


Fig. 10. Net of planes Oxt and Oxy state space Oxyt

Using the third coordinate plane of real variables Oyt, time dependence of parameter y change can be built (Fig. 11).

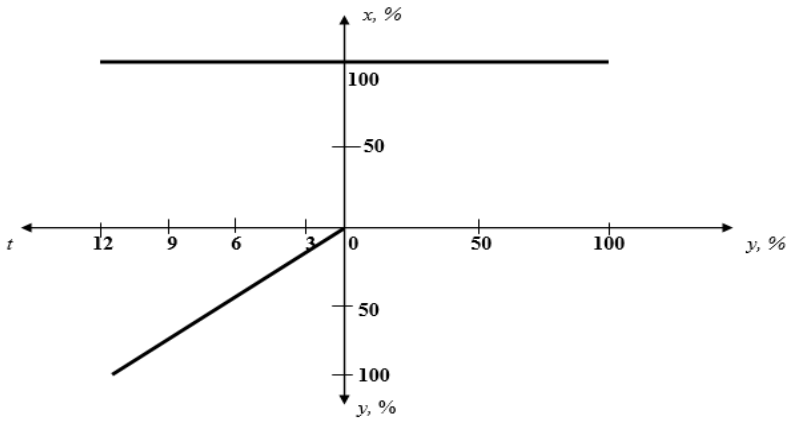


Fig. 11. The construction of time dependence of the parameter y

Conclusions

The carried out researches have shown the effectiveness of using of geometric modeling methods during the implementation of project-oriented management of transboundary systems and operational and rescue subdivisions of emergencies elimination and life safety security. Peculiarities of using models on the basis of targeted choice for solving specific tasks in cross-border areas are shown. In problems forecasting the processes' development and parameters change in working range that is acceptable for the specific cases of the project-oriented approach to the development of cross-border systems and operational and rescue subdivisions, examples of implementation of some models are shown. This indicates the efficiency of modeling means of applied multidimensional geometry, especially in problems concerning analysis and synthesis, of trends of values change of projects parameters and their interconnections in the process of project-oriented management of transboundary operational and rescue subdivisions.

Literature

[1] Code of Civil Defense of Ukraine. - Access mode: http: / zakon 2. rada.dok.ua / laws / show / 5403-17.

[2] Rak. Y.P., Theoretical approaches to the projecting the systems of automation the selection of information in project-oriented management / Y.P. Rak, O.Y. Mykytiv, O.B. Zachko // Project management and production development. – Lugansk : - 2011. – Vol. 1. – P. 433-438.

[3] Creative technologies of project and program management: monograph // Bushuyev S.D., Bushueva N.S., Babaev I.A., Yakovenko V.B., Grisha E.S., Dziuba S.V., Voytenko A.S. - K.: "Summit-Book", 2010. – 768 p.

[4] Bartel K., Geometrya rzutow cechowanych i pewne jej zastosowania, z 48 rysunkami w tekscie i 6 tablicami / Kazimierz Bartel. – Warszawa-e. wende i s-ka: Biblioteka politechniczna. Tom XXX, 1914. - 72 p.

[5] Ljaskovska S. E., Phase trajectories *n* – state space / S. E. Ljaskovska // Geometric and computer modeling. – Kharkiv: KSTUFTT, 2007. - Issue 18. – P. 35-40.

[6] Martyn. E. V., The closed area of complex space / E. V. Martyn // Applied geometry and engineering graphics. – Kyiv: KNUCA, 2007. - Issue 77. – P. 25-29.

[7] Chmiel P. Project-oriented project management of route transportation by means of GPS monitoring // P. Chmiel, Ya. I. Pidgorodeckyi, Yu.R. Olenyuk, E.V. Martyn // Herald LSULS. – L.: LSULS, 2013.-№8

[8] Chmiel P., Modeling tools in project-oriented management of cross-border operational and rescue units / P. Chmiel, E.V. Martyn // Theory and practice of fire extinguishing and emergency response. Mat. V Int. scientifical practical conf. "Theory and Practice of Fire and emergency response". - Cherkasy: AFS, 2013. – P.77-78.

[9] The European Community Civil Protection Mechanism Training Programme. Luxembourg: Office for Official publications of the European Cimmunities. – 2009. -20 pp

[10] Chmiel P. Modeling processes of project-oriented management of fire rescue subdivisions of transboundary areas / P. Chmiel, E.V. Martyn // Herald LSULS. – L.: LSULS, 2013.-№9.

[11] Chmiel P. Geometric means of multidimensional space of projected-oriented management of transboundary operational and rescue subdivisions / P. Chmiel, E.V. Martyn // Mathematics. Geometry. Informatics.- Melitopol: MSPU, 2014.

[12] Chmiel P., Several aspects of modeling process of project-oriented management of transboundary operational and rescue units / P.Chmiel, E.V. Martyn // Problems and prospects of life security. Mat. Int. scientific-practical. conf. young scientists, cadets and students.- L. LSULS, 2014.- P. 189-190.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 49–67

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.04

Lidia Chrząstek, Barbara Dondela
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa
e-mail: l.chrzastek@ajd.czest.pl

ZAGROŻENIA CYWILIZACYJNE – PRZEGLĄD SZKODLIWYCH PIERWIASTKÓW STOSOWANYCH W KOSMETYCE

Streszczenie.
Cel. Celem niniejszego artykułu było zbadanie, w jaki sposób pierwiastki chemiczne w postaci metali ciężkich występujące w kosmetykach oddziaływają na skórę i urodę ciała. W tym celu przeprowadzono badania oparte na ankiecie własnej konstrukcji, w której udział wzięły panie w różnych przedziałach wiekowych. Wyraziły one swoje opinie na temat efektów ubocznych, jakich doznały po dłuższym stosowaniu preparatów kosmetycznych, zawierających w swym składzie znikome ilości metali ciężkich.
Respondentki podczas wyboru kosmetyków nie do końca poinformowane zostały o składzie chemicznym, gdyż według ich wypowiedzi nie zwracały uwagi albo producent niezbyt czytelnie określił skład chemiczny tych kosmetyków na opakowaniu.
Metodyka. Przeprowadzono ankietę, która miała na celu zbadanie, w jaki sposób stosowanie kosmetyków zawierających szkodliwe pierwiastki chemiczne wpływa na urodę ciała i zdrowie, oraz potwierdzenie bądź zaprzeczenie skuteczności działania tych kosmetyków na przykładzie osób biorących w niej udział.
Wyniki i wnioski. Na podstawie wyników ankiety, którą przeprowadzono wśród losowo wybranych pięćdziesięciu kobiet, potwierdzono szkodliwe działanie niektórych kosmetyków podczas dłuższego okresu stosowania.
Z badań wynika, że respondentki stosowały kosmetyki zawierające w swym składzie chemicznym metale ciężkie. Nie były to jednak groźne w skutkach działania niepożądane prowadzące do ciężkich chorób, lecz niewielkie zaczerwienienia, swędzenie skóry, wypryski, podrażnienia skórne, alergie, zapalenia skóry; skóra sygnalizowała, że zastosowano preparaty zawierające szkodliwe substancje.
Słowa kluczowe: szkodliwe pierwiastki, arsen, rtęć, miedź, glin, beryl, cynk, konserwanty, barwniki, środki zapachowe.

THREAT OF CIVILIZATION – A REVIEW OF HARMFUL METALS AND THEIR SALTS IN COSMETIC

Abstract. The choice of cosmetics is influenced by many factors. Of these, particular importance is its chemical composition which, in order to meet the skin is expected to work. Today, more and more companies are cosmetic and pharmaceutical uses in his preparations not only natural ingredients, but many synthetic compounds and harmful chemical elements. For these elements, which are used in cosmetology include heavy metals, such as mercury, cadmium, lead, arsenic, aluminum, etc. Heavy metals and other toxic elements in milligram quantities, and some even in microgram toxic effects on the human body. Positive or negative effects of chemical elements on the skin is always the result of their penetration into the tissue.
The aim of this study was to investigate how the chemical elements in the form of heavy metals found in cosmetics act on the skin and body beauty. To this end, a study based on a survey of his own design, which was attended by women in different age groups up to the age of fifty, inclusive. They expressed their opinions about the side effects, which suffered after long-term use of cosmetics containing in its composition negligible amounts of heavy metals.
Keywords: harmful metals, arsenic, aluminum, beryllium, zinc, preservatives, dyes, fragrances.

Wstęp

Świat wokół nas złożony jest z różnych związków chemicznych, a główną rolę w nim pełnią pierwiastki chemiczne. Od nich też w dużym stopniu zależy prawidłowa egzystencja całego organizmu i ciała ludzkiego. Do prawidłowego przebiegu procesów zachodzących w skórze każdego człowieka potrzebne jest około trzydziestu minerałów. Organizm ludzki nie potrafi sam ich syntezować, dlatego musimy przyjmować je z pożywieniem. W dzisiejszych czasach naukowcy próbują znaleźć inne rozwiązanie niż droga pokarmowa. Tę rolę spełniają również kosmetyki. Dlatego coraz częściej spotykamy pierwiastki chemiczne w składzie maseczek, kremów oraz wielu innych preparatach kosmetycznych. Niestety nie wszystkie z pierwiastków chemicznych wchodzących w skład kosmetyków spełniają właściwą rolę dla skóry naszego organizmu, ale – co więcej – mogą nawet szkodzić [1].

W znaczeniu kosmetycznym wyróżniamy trzy grupy pierwiastków chemicznych:

- **makroelementy**, które są potrzebne organizmowi w dużych objętościowych lub masowych ilościach; pełnią funkcję budulca kości, uczestniczą w procesach metabolicznych, zębów, włosów, mięśni i komponenta: enzymów, białek, krwi i innych płynów ustrojowych. Występują w poży-

wieniu, powietrzu i wodzie. Zaliczamy do nich: chlor, sód, krzem, siarkę, potas, fosfor, tlen, wapń i węgiel [2];

- **mikroelementy**, które potrzebne są naszemu organizmowi w ilościach śladowych (mikro- i miligramowych). Pełnią funkcję regulatora lub katalizatora w procesach przemiany materii oraz komponenta płynów ustrojowych i witaminy. Zaliczamy do nich: bor, cynę, bizmut, cynk, fluor, kobalt, jod, magnez, mangan, miedź, selen, wanad i żelazo [2];
- **pierwiastki inne**, które znalazły zastosowanie w kosmetyce jako substancje dezynfekujące, przeciwstarzeniowe i barwne. Podobne zastosowanie mają niektóre z makro- i mikroelementów. Na przykład jako substancje barwne stosowane są w kosmetyce węgiel i miedź; dezynfekujące – jod, chlor, tlen; przeciwzmarszczkowe – krzem. Natomiast właściwości lecznicze wykazują jod, fluor i siarka, natomiast cynk i selen mają zastosowanie jako immunostymulatory kosmetyczne. Poza pożywieniem makro- i mikroelementy dostarczamy do naszego organizmu w formie paraleków, preparatów kosmetycznych (okładów, maseczek, kremów) lub kosmeceutyków. Niektóre z pierwiastków chemicznych są toksyczne, dlatego ich ponadnormatywna obecność w surowcach i wyrobach kosmetycznych jest zabroniona. Należą do nich m.in.: arsen, beryl, ołów, kadm, rtęć itp.

Kosmetyki stanowią kompozycję wielu składników. Pełnią one wiele funkcji, między innymi wykazujące działanie upiększające, myjące oraz lecznicze. Duże znaczenie mają też komponenty posiadające walory marketingowe. Opracowywanie receptur i wykonanie produktu jest trudne i wymaga dużej wiedzy praktycznej i teoretycznej. Ważny jest właściwy dobór składu preparatu, uwzględniający preferencje konsumentów i wymogi np. ochrony środowiska. Dosyć często zdarza się, że wprowadzony do kosmetyku, wydawałoby się, efektywny składnik nie spełnia swojego zadania, ponieważ źle jest dobrana forma produktu lub np. składnik użyty jest w nieodpowiednim stężeniu [3].

W obecnym świecie mody na upiększanie urody ciała szczególną uwagę zwraca reklama, mianowicie na to, jak wspaniałe i naturalne właściwości posiadają kosmetyki, które efektownie działają na naszą skórę i włosy. W rzeczywistości producenci wykorzystują do ich produkcji związki chemiczne, a nawet składniki toksyczne, które są dla nich łatwiej dostępne, a przede wszystkim tańsze. Niestety, wywierają one negatywny wpływ na naszą skórę, a nawet zdrowie. Codzienne stosowanie kosmetyków na skórę całego ciała, a szczególnie na twarz, skutkuje często problemami skórnymi [4].

W dzisiejszych czasach „chemia" otacza nas z każdej strony, począwszy od żywności poprzez kosmetyki, a nawet środowisko, prowadzi do rozwoju i mutacji wielu chorób (nowotworów), a nawet śmierci.

Korzystając codziennie z produktów kosmetycznych, nie zdajemy sobie sprawy, jakie zagrożenie dla zdrowia niosą one ze sobą. Codziennie wcieramy, wdychamy setki, a może tysiące, szkodliwych dla zdrowia chemikaliów i zastanawiamy się niejednokrotnie, dlaczego mamy łamliwe włosy (lub nawet zaczęły wypadać), łupież, paznokcie się rozdwajają, chorujemy częściej na choroby serca, nowotwory itp. Zarówno kosmetyki apteczne, jak i drogeryjne, dostępne na naszym rynku, w pewnym stopniu zawierają szkodliwe składniki, które mogą powodować wiele chorób skórnych.

Wraz ze wzrostem poziomu życia i rozwoju takich nauk, jak dermatologia, farmakologia czy kosmetologia, dał się zauważyć postęp w opracowanych przepisach, gwarantujących bezpieczeństwo. Ponadto społeczeństwo zaczyna zwracać uwagę na konieczność usuwania bądź ukrywania wad skórnych. Jednocześnie coraz częściej zwracamy uwagę na upiększanie odkrytych części ciała i hamowanie procesów starzenia się skóry. Te działania pielęgnacyjne uzyskuje się poprzez preparaty kosmetyczne, które oprócz funkcji pielęgnacyjnych i podkreślających urodę mają za zadanie łagodzić, a także usuwać stany chorobowe skóry.

Przegląd szkodliwych metali i ich soli wchodzących w skład kosmetyków

Pierwiastki toksyczne działają szkodliwie na wątrobę, nerki, układ krwionośny, nerwowy, rozrodczy, mięśniowy i kostny. Kumulując się w różnych tkankach i narządach, stanowią przyczynę powstawania różnych nowotworów [5, 6].

Metale ciężkie i inne pierwiastki toksyczne w ilościach miligramowych, a niektóre nawet w mikrogramowych, działają szkodliwie na organizm człowieka. Normy prawne Unii Europejskiej nie określą dokładnie, jakie maksymalne wartości metali ciężkich powinny znajdować się w kosmetykach, ale jedno jest najważniejsze, że kosmetyk wprowadzony na rynek powinien być bezpieczny. Dlatego też musi on przejść dokładną kontrolę (ocenę bezpieczeństwa pod względem zawartości metali ciężkich), które są szkodliwe dla zdrowia.

Jednym z najbardziej szkodliwych pierwiastków, które nie powinny znajdować się w kosmetykach, jest arsen.

Mechanizm toksycznego działania arsenu

Arsen powoduje wzrost ryzyka zachorowania na raka skóry oraz nowotworów innych narządów, działa antagonistycznie w stosunku do selenu i z tego względu może się przyczynić do powstawania wolnych rodników. Nieorga-

niczne związki arsenu uszkadzają procesy metaboliczne komórek wątroby oraz nerek. Inhibicja enzymów, odpowiedzialnych za te procesy, występuje po zablokowaniu przez arsen grup sulfhydrylowych białek. Oddziałuje koagulująco na białko, tworzy kompleksy z koenzymami oraz hamuje tworzenie się trifosforanu adenozyny (ATP).

Arsen występuje w małych ilościach w owocach morza i rybach. Związki arsenu wchodzą w skład środków ochrony roślin, dlatego znajduje się on w glebie i roślinach uprawnych. Ze względu na fakt, iż większe stężenia arsenu są toksyczne, jest on szybko usuwany z organizmu, najczęściej przez włosy, skórę i paznokcie [7, 8]. Arsen w kosmetykach może występować jako zanieczyszczenie i nie być podawany na opakowaniu. Ostatnio wykryto go w tuszu do rzęs firmy L´Oreal oraz w podkładach. Oprócz arsenu śladowe ilości berylu, kadmu i niklu również są w tych kosmetykach .

Mechanizm toksycznego działania rtęci

Rtęć (Hg) jest „metalem śmierci", uszkadza mózg, zaburza wzrok, poczucie smaku, wpływa negatywnie na psychikę. Z organizmu człowieka wydalana jest powoli, osadza się w mięśniach, nerkach, w systemie nerwowym i w mózgu. Rtęć jest także bardzo silnie absorbowana przez skórę. Uszkadza układ nerwowy oraz organy witalne dla organizmu, np. nerki [7-9].

W kosmetyce stosuje się sól sodową kwasu etylortęciotiosalicylowego (thiomersal) oraz octan fenylortęci (Volpar). Wykazują one wysoką aktywność bakteriobójczą i przeciwgrzybiczą. Blokują grupy tiolowe enzymów i białek drobnoustrojów. Ponieważ nie działają drażniąco na błony śluzowe, stosuje się je jako konserwanty w kosmetykach dekoracyjnych do oczu. [7-9].

Ołów jest pierwiastkiem toksycznym, mającym właściwości kumulowania się w organizmie człowieka, a stopień jego kumulowania jest uzależniony od indywidualnych cech człowieka oraz od składu pożywienia.

Ołów ma tendencję do ulegania bioakumulacji w kościach przez całe życie. Ustalono, że okres półtrwania ołowiu w kościach ludzkich wynosi około 20 lat. Najczęstszym skutkiem biochemicznym działania ołowiu jest inhibicja (hamowanie) syntezy hemu w hemoglobinie i cytochromach. Działanie to oraz skracanie czasu życia erytrocytów wywołuje anemię – główny przejaw zatrucia ołowiem [9-12].

Zatrucie ołowiem objawia się brakiem apetytu, skurczami i nadciśnieniem tętniczym krwi, a także utrudnia wbudowywanie wapnia w kości i wchłanianie jodu do prawidłowej czynności tarczycy.

Oddziaływanie ołowiu na centralny układ nerwowy prowadzi do zwyrodnienia komórek nerwowych (neuronów), obrzęku mózgu oraz zamierania komórek rdzenia mózgowego. Wraz z zatruciem ołowiem mogą wystąpić sympto-

my psychopatologicznego niepokoju, tępoty umysłowej, drażliwości i utraty pamięci, jak również bóle głowy i drżenie mięśni. W przypadkach granicznych mogą wystąpić konwulsje, po których następuje śpiączka i śmierć [9].

Ołów powoduje odwracalne uszkodzenie nerek, wywierając szkodliwy wpływ na kanaliki proksymalne. Zaburza to proces, w wyniku którego nerki absorbują glukozę, fosforany i aminokwasy przed wydzielaniem moczu. Długotrwałym objawem przyjmowania ołowiu przez nerki jest przewlekłe zapalenie nerek wraz z zanikiem kłębuszków nerkowych i stwardnieniem naczyń [9, 13].

Ołów często, mimo że w minimalnych ilościach, znajduje się w szminkach i pomadkach do ust.

Mechanizm toksycznego działania glinu

Glin przy większych stężeniach jest toksyczny, gdyż dezaktywuje niektóre enzymy. Uważa się go za przyczynę degeneracji neutronów w mózgu ludzi chorych na chorobę Alzheimera. Badania wykazały, że glin tworzy trwałe związki m.in. z fosfolipidami obecnymi w tkance nerwowej oraz blokuje aktywność enzymów biorących udział w przewodzeniu bodźców nerwowych. Dlatego glin może być przyczyną zaników pamięci i obniżenia sprawności intelektualnej. Z tego względu Al w kosmetykach nie powinien być stosowany, lecz nadal się go stosuje (pył glinowy jako barwnik w kosmetyce kolorowej) [2, 14].

Następny pierwiastek szkodliwy to kadm. Jest to metal ciężki, występujący zarówno w wodzie, w powietrzu, kosmetykach i żywności. Wraz z rtęcią i ołowiem jest trzecim z „wielkiej trójki" trujących metali ciężkich. Posiada właściwości toksyczne dla wszystkich żywych organizmów. Zatrucie kadmem powoduje zniekształcenie kości, zaburzenie wzrostu, nowotwory, niepłodność [15].

Kadm najczęściej kumuluje się w kościach, w wątrobie, jelitach, nerkach a nawet w trzustce. Podobnie jak inne metale ciężkie (Pb, Bi, Hg, Sn, Ba) łatwo tworzy połączenia z grupą tiolową (-SH) białek, działając inhibicyjnie na aktywność enzymów, hormonów peptydowych i białkowych oraz przenośników w transporcie aktywnym przez błony komórkowe [2].

Kadm jest przenoszony we krwi jako kompleks z czerwonymi ciałkami krwi lub z albuminą, a także z innymi białkami w osoczu krwi. Jest wydzielany z organizmu zarówno w moczu, jak i w kale. Ostre objawy zatrucia kadmem w płucach zwykle pojawiają się w wyniku wdychania pyłów i dymów tlenku kadmu, które wywołują kadmowe zapalenie płuc, charakteryzujące się obrzękiem i martwicą nabłonka płucnego. Ogólnie uważa się, że najbardziej czułym organem na przewlekłe zatrucie kadmem są nerki. Funkcja kanalików nerkowych jest upośledzona przez kadm, co objawia się wydzielaniem zarówno bia-

łek wielkocząsteczkowych (takich jak albumina), jak i białek małocząsteczkowych. Przewlekłe skutki toksycznej ekspozycji na kadm mogą również dotyczyć uszkodzenia układu kostnego, nadciśnienia (wysokie ciśnienie krwi) i niekorzystnych objawów sercowo-naczyniowych [9]. Nadal można znaleźć kadm w kosmetykach takich, jak tusze do rzęs czy eyelnery.

Mechanizm toksycznego działania niklu

Najbardziej toksycznym związkiem niklu jest karbonylek niklu. Związek ten, który jest cieczą, może wnikać do organizmu poprzez drogi oddechowe i częściowo przez skórę. Karbonylek niklu działa silnie drażniąco na błonę śluzową dróg oddechowych i pęcherzyki płucne, a ponadto może powodować uszkodzenie ośrodkowego układu nerwowego, wątroby i nerek. W ostrych inhalacyjnych zatruciach karbonylkiem niklu występują bóle i zawroty głowy, nudności i wymioty, uszkodzenia błony śluzowej oskrzeli, kaszel, duszności, ból w klatce piersiowej, zapalenie płuc. Karbonylek niklu $Ni(Co)_4$ jest więc wyjątkowo toksycznym związkiem niklu [16, 17].

W zatruciach przewlekłych związkami niklu obserwujemy głównie podrażnienia spojówek i śluzówki górnych dróg oddechowych, owrzodzenia przegrody nosowej. Wpływa także szkodliwie na skórę, objawiając się podrażnieniem i wysypką. Obserwowano również występowanie tzw. świądu niklowego, czyli powstawanie swędzących wyprysków, głównie na dłoniach i przedramionach [18].

Mechanizm toksycznego działania chromu

Chrom ma działanie karcynogenne, teratogenne i genotoksyczne. Łatwo przenika przez łożysko i gromadzi się w organizmie płodu, przyczyniając się do powstawania wad rozwojowych.

Ponadto niekorzystne działanie chromu obecnego w kosmetykach obejmuje przede wszystkim reakcje uczuleniowe. Mogą one występować jednak tylko w przypadkach, gdy analizowany produkt zawiera chrom (VI) w charakterze zanieczyszczenia. Jest on wówczas lepiej wchłaniany przez skórę niż chrom (III), który nie wywołuje alergii skórnych [8, 16, 19].

Międzynarodowa Agencja Badań nad Rakiem uznaje sześciowartościowy chrom za udowodniony czynnik karcynogenny. Zagrożenie stanowi wdychanie pyłów zawierających chrom(VI) powodujące raka płuc i zatok nosowych. Natomiast chrom metaliczny i trójwartościowy nie może być uznany za czynnik karcynogenny, choć niektóre z jego związków wywołują raka u zwierząt [20].

Związki chromu (III) występują w kosmetykach najczęściej jako barwniki lub składniki ekstraktów roślinnych. Mogą to być zielone cienie do powiek, pudry, mydła, a także kosmetyki zawierające wyciągi z glonów morskich lub aloesu [21].

Mechanizm toksycznego działania cynku

Cynk działa uczulająco i podrażniająco na układ oddechowy. Jest stosunkowo mało szkodliwy, gdy występuje nawet w nadmiarze. Nadmiar cynku w organizmie człowieka powoduje jego odkładanie w wątrobie, w formie kompleksu z białkami. Wdychanie cząsteczek dymów tlenku cynku powoduje zatrucie parami metalu (cynku), wywołujące podwyższenie temperatury i dreszcze [20].

W kosmetyce stosuje się bioaktywny cynk w formie fitokompleksów w leczeniu łojotoku oraz w filtrach słonecznych.

Mechanizm toksycznego działania tytanu

Tytan metaliczny w czasie obróbki nie jest zbyt szkodliwy. Natomiast podczas wziewnego wchłaniania go w postaci pary czy dymu wywołuje ostre zatrucia, powodując także obrzęk płuc i krtani. Na przykład czterochlorek tytanu działa bardziej toksycznie (drażniąc błony śluzowe dróg oddechowych) niż gazowy chlorowodór i stężony kwas solny. Tytan i jego związki wywołują nieżyt spojówek i błon śluzowych dróg oddechowych. Powoduje on także uczucie suchości, zmniejszenie wydzieliny oraz zwiększenie odruchów kaszlowych i odkrztuszania. Długotrwałe działanie może prowadzić do zmian w płucach i oskrzelach [8]. Często w kosmetyce stosuje się ditlenek tytanu obok tlenku cynku jako składnik filtrów słonecznych.

Mechanizm toksycznego działania miedzi

Zatrucia ostre solami miedzi są rzadkie. Najbardziej toksyczny jest siarczan miedziowy. W przypadku kontaktu związków miedzi z uszkodzoną skórą następuje jej swędzenie i stany zapalne. Wywołuje również zapalenie spojówek, owrzodzenie i zmętnienie rogówki, błony śluzowej gardła i nosa [22].

W kosmetyce miedź stosowana jest w postaci wodoroasparginianu jako substancja przeciwgrzybiczna, natomiast proszek miedzi używany jest w kosmetyce barwnej jako pigment.

Mechanizm toksycznego działania berylu

Beryl wchłania się przez drogi oddechowe i przewód pokarmowy. Zaburzenia w układzie oddechowym stanowią główne objawy toksycznego działania berylu i jego związków, przy czym ważną rolę w występowaniu objawów zatrucia przypisuje się nadwrażliwości. Działa drażniąco na oczy, układ oddechowy i skórę. Może powodować uczulenie w razie kontaktu ze skórą. Skutkami ubocznymi działania berylu są ataki duszności i wyraźny spadek masy ciała [23]. W kosmetyce beryl znajduje się w cieniach do powiek i w mascarach [9].

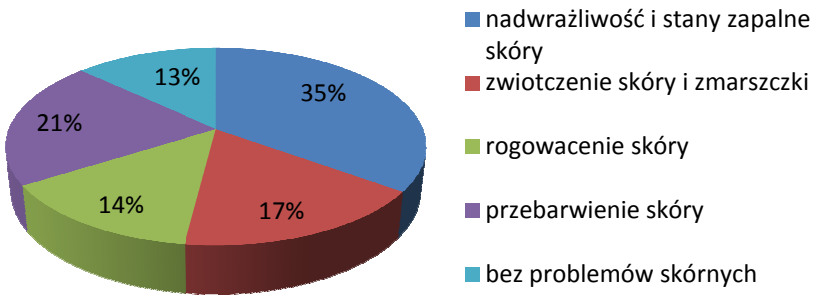
Część badawcza

Część badawcza stanowi analizę wyników przeprowadzonej ankiety, czyli zbadania opinii oraz spostrzeżeń kobiet używających do pielęgnacji skóry kosmetyków, w których wykorzystano metale ciężkie – pierwiastki chemiczne szkodliwe dla zdrowia.

Badaniem zostały objęte kobiety w przedziale wiekowym od 25 do 50 roku życia, mieszkające w Częstochowie i okolicach. Do wypełnienia pozostawiono 55 arkuszy w drogeriach. Po miesiącu odebrano 50 wypełnionych przez kobiety arkuszy ankiety. Badania były anonimowe, a ich wyniki są wykorzystane tylko do celów niniejszego artykułu.

Wśród badanych 50 kobiet udział wzięło 8 osób w przedziale wiekowym 25-30, 20 osób w wieku 36-40 lat. W wieku 41-45 lat było 10 ankietowanych, natomiast w grupie od 46-50 lat znalazło się 7 kobiet. Najmniej liczną grupę stanowiły kobiety w wieku 31-35 lat – 5 osób. W ankiecie nie brały udziału kobiety powyżej 50 roku życia.

Jedno z pytań ankiety dotyczyło **problemów ze skórą.** Większość kobiet zaznaczyła, że ma problemy z cerą i nie są w pełni zadowolone ze stanu zdrowotnego swojej skóry. Problemy skórne pojawiają się zazwyczaj okresowo – latem lub zimą. Jednakże część kobiet przyznała, że ich skóra jest w złej kondycji i ma widoczne defekty kosmetyczne niezależnie od pór roku.



Rys. 1. Problemy związane ze skórą

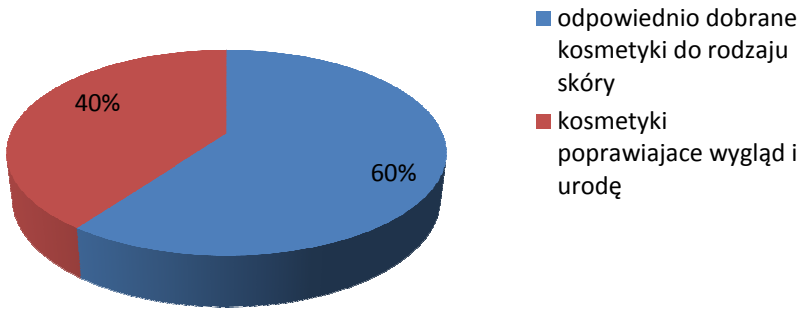
Wśród odpowiedzi znalazły się:

- nadwrażliwość i stany zapalne skóry 35%,
- zwiotczenie skóry i zmarszczki 17%,
- rogowacenie skóry 14%,
- przebarwienia 21%.

Bez większych problemów ze skórą określiło się tylko 13% kobiet.

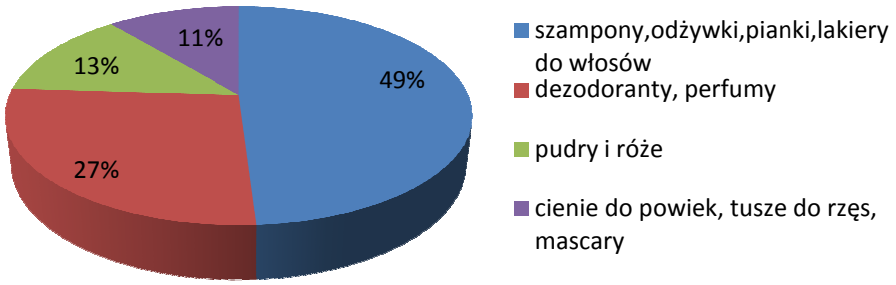
Z badań wynika, że większość ankietowanych nie ocenia stanu swojej skóry jako bardzo dobry, tj. cerę o zdrowym kolorycie, dobrze napiętą i nawilżoną, bez żadnych problemów pielęgnacyjnych i bez defektów kosmetycznych.

Na pytanie, **czy kosmetyki są odpowiednio dobierane do rodzaju skóry,** stwierdzono, że aż 60% ankietowanych kobiet w średnim wieku 36-45 lat zwraca uwagę na właściwy dobór kosmetyków odpowiednio do swego rodzaju cery. Wynika to z faktu, że skóra dojrzała wymaga odpowiedniej pielęgnacji i przeznaczonych do tego kosmetyków. Natomiast większość kobiet młodych (40%) stosuje kosmetyki, aby poprawić swój wygląd i urodę.



Rys. 2. Dobór kosmetyków do rodzaju skóry

W dalszej części badania starano się uzyskać informacje, **jakie kosmetyki są najczęściej stosowane przez ankietowanych.**

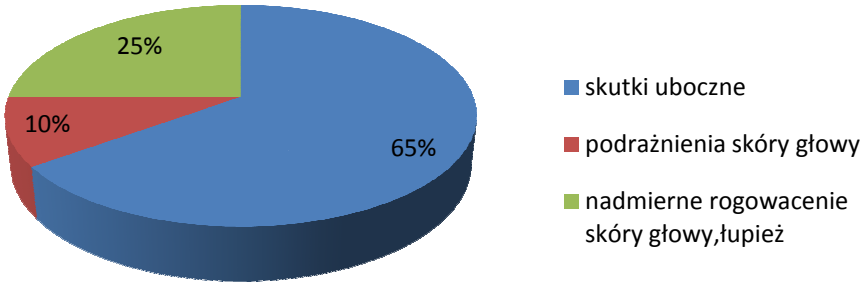


Rys. 3. Rodzaje kosmetyków najczęściej stosowane

Respondentki odpowiedziały, że najczęściej stosowanymi przez nie preparatami kosmetycznymi są szampony, odżywki, pianki i lakiery do włosów – 49%, oraz dezodoranty, sztyfty, perfumy – 27%, a także pudry i róże – 13%, najrzadziej stosowane są cienie do powiek, tusze do rzęs, mascary – 11%.

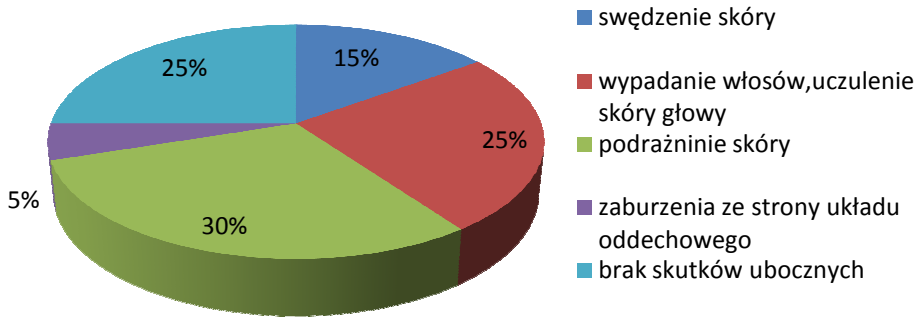
Kolejnym etapem badań było udzielenie przez ankietowane odpowiedzi, czy **podczas stosowania kosmetyków wystąpiły u nich działania niepożądane.**

Najczęściej sprzedawanymi i stosowanymi produktami kosmetycznymi okazały się szampony do pielęgnacji skóry głowy i włosów. Ankietowane odpowiedziały, że nie odczuwają potrzeby porady przy zakupie szamponu dlatego, że oferta jest niezwykle różnorodna, a jakość i ilość można dobierać w zależności od typu włosów, do których będą stosowane.



Rys. 4. Rodzaje działań niepożądanych podczas stosowania szamponów

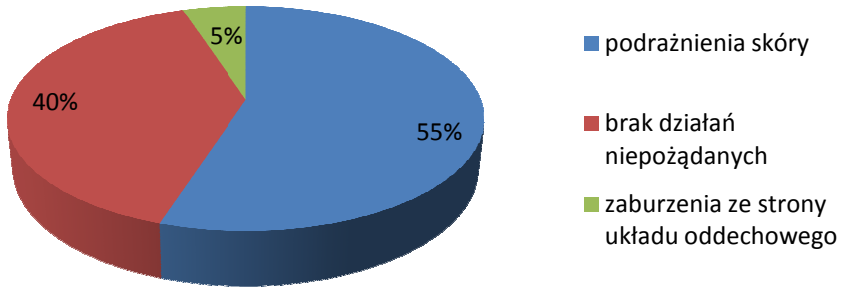
Przy niezwykle częstym stosowaniu szamponów niewielka część ankietowanych opowiedziała się za niepożądanym działaniem tych kosmetyków. Ponad połowa, bo aż 65%, kobiet nie doświadczyła skutków ubocznych podczas ich częstego stosowania, a tylko 10% doznało podrażnienia skóry głowy, 25% stwierdziło, że doznało nadmiernego rogowacenia skóry głowy, które skutkowało pojawieniem się łupieżu. Większość respondentek stosowała także pianki, farby i lakiery do włosów.



Rys. 5. Rodzaje działań niepożądanych podczas stosowania pianek, lakierów i farb do włosów

W wyniku stosowania pianek do włosów tylko 15% doznało swędzenia skóry. Natomiast podczas częstego stosowania lakierów 25% pań zauważyło wypadnie włosów i uczulenia skóry głowy. Wśród odpowiedzi identyfikujących reakcje niepożądane po użyciu farb do włosów pojawiły się wskazania na – obrzęki twarzy i uszu, pieczenie skóry głowy. Najgorszy wpływ na włosy ankietowanych miało rozjaśnianie, czyli utlenienie zawartej we włosach melaniny. Niewielki procent respondentek spotkało się podczas stosowania farb do włosów z napadem astmy oskrzelowej.

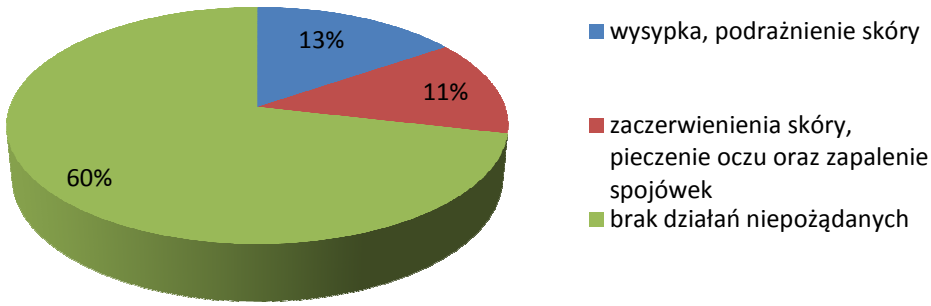
Dezodoranty i antyperspiranty oraz sztyfty i perfumy rozpowszechnione w masowej sprzedaży oraz częste ich stosowanie mają na celu albo tylko maskowanie zapachu, albo ograniczenie nadmiernego wydzielania potu przez gruczoły potowe.



Rys. 6. Rodzaje działań niepożądanych podczas stosowania dezodorantów i antyperspirantów

W wyniku częstego stosowania dezodorantów i antyperspirantów aż 55% ankietowanych doznało podrażnienia skóry, szczególnie po depilacji pach, natomiast 5% pań doznało zaburzeń ze strony układu oddechowego, a 40% nie uległo żadnym działaniom niepożądanym.

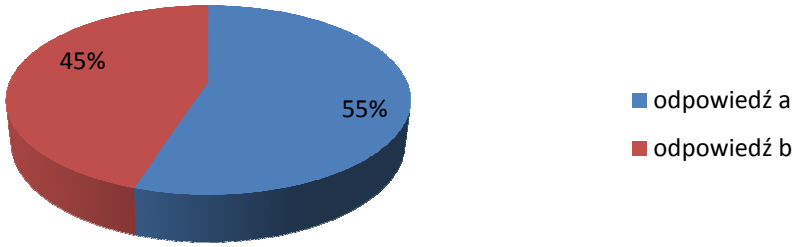
Niepożądane efekty (wysypka, podrażnienie skóry) stosowania pudrów i różów wystąpiły u 13% ankietowanych, a podczas stosowania cieni do powiek i tuszów do rzęs u 11% wystąpiły zaczerwienienia skóry, pieczenie oczu oraz zapalenie spojówek, natomiast 66% nie odczuło żadnych dolegliwości ze strony tej grupy kosmetyków.



Rys. 7. Rodzaje działań niepożądanych podczas stosowania pudrów, różów, cieni do powiek i tuszów do rzęs

O sprawdzaniu terminów ważności na opakowaniach kosmetyków wypowiedziało się:

a) 55% kobiet, według których termin ważności na opakowaniu kosmetyku decydował o jego zakupie;
b) 45% odpowiedziało, że raczej nie przywiązuje do tego uwagi, gdyż na półce nie powinny znajdować się produkty po upływie terminu ich ważności.

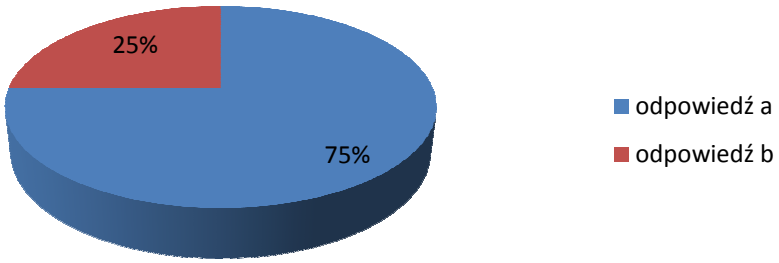


Rys. 8. Udział ankietowanych w sprawdzaniu terminów ważności kosmetyków na opakowaniach

Na pytanie, **czy kosmetyki są szkodliwe dla zdrowia,** uzyskano następujące wyniki :

a) 75% odpowiedziało, że nie, ponieważ podczas stosowania kosmetyków nie doznała poważniejszych działań niepożądanych;
b) 25% określiło, że jednak podczas dłuższego stosowania kosmetyków wystąpiły u nich działania niepożądane.

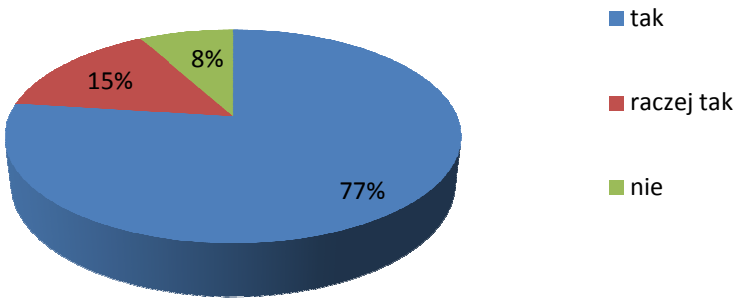
Zdecydowanie zły wpływ na zdrowie i urodę ankietowanych miały kosmetyki zawierające w swym składzie pierwiastki chemiczne metali ciężkich. Z badań wynika, że kobiety, które doznały działań niepożądanych, nadal stosują kosmetyki, lecz z większą uwagą. Mianowicie sprawdzają skład chemiczny preparatów oraz terminy ich ważności, jak również sposób oddziaływania na rodzaj skóry.



Rys. 9. Ocena szkodliwości kosmetyków na zdrowie ankietowanych

W końcowym etapie przeprowadzanych badań poproszono o opinię, **czy preparaty kosmetyczne można nazwać „eliksirami młodości”.**

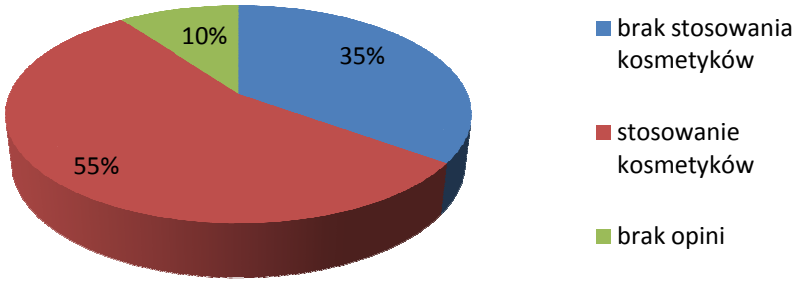
Jak wiadomo, eliksir młodości to według słownika frazeologicznego substancja o niezwykłych właściwościach, która ma zapewnić wieczną młodość. Nasze respondentki biorące udział w badaniach wyraziły swą opinię na temat kosmetyków, nazywając je „eliksirami młodości” – czyli na **tak** – w 77% bez względu na wiek, 15% określiło, że raczej tak, natomiast tylko 8% udzieliło odpowiedzi negatywnej.



Rys. 10. Opinie ankietowanych na temat kosmetyków jako „eliksirów młodości”

Ostatnim pytaniem skierowanym do ankietowanych było wyrażenie opinii na temat, **czy lepiej stosować kosmetyki i być pięknym? Czy może nie stosować ich i być zdrowym?**

Pytanie to stanowiło dla niektórych respondentek problem, ponieważ nie potrafiły wyrazić swojej opinii na ten temat.



Rys. 11. Opinie na temat stosowania kosmetyków dla zdrowia lub urody

35% pań określiło, że zdrowie jest najważniejsze i należy w szczególnych przypadkach zrezygnować z używania kosmetyków, natomiast ponad połowa badanych, tj. 55%, zaznaczyła, że zdrowie jest ważne, ale nie należy do końca rezygnować z używania kosmetyków, lecz stosować je z umiarem i we właściwy sposób tak, aby nie zagrażały one zdrowiu. 10% ankietowanych pań nie wyraziło opinii w tym względzie.

Podsumowanie i wnioski

Celem artykułu było zbadanie na podstawie odpowiedzi udzielonych przez ankietowane osoby, czy stosowane przez nie produkty kosmetyczne zawierały w swym składzie szkodliwe pierwiastki chemiczne i czy wywołały u nich działania niepożądane, a jeśli tak, to w jakim stopniu?

Na podstawie wyników ankiety, którą przeprowadzono wśród losowo wybranych pięćdziesięciu kobiet, potwierdzono szkodliwe działania niektórych kosmetyków podczas ich dłuższego okresu stosowania. Z badań wynika, że respondentki stosowały kosmetyki zawierające w swym składzie chemicznym metale ciężkie. Nie były to jednak groźne w skutkach działania niepożądane prowadzące do ciężkich chorób, lecz niewielkie zaczerwienienia, swędzenie skóry, wypryski, przebarwienia, podrażnienia skórne, alergie, zapalenia skóry itp., przez które skóra sygnalizowała, że zastosowano substancje lub preparaty o szkodliwych substancjach. Wśród ankietowanych potwierdzono szkodliwość produktów do makijażu ze względu na zawartość śladowych ilości metali ciężkich. Śladowe ilości ołowiu oraz arsenu, kadmu czy rtęci obecne w wielu produktach kosmetycznych powodowały podczas częstego ich stosowania wiele niepożądanych działań na zdrowie ankietowanych.

Dla większości ankietowanych ważne było korzystanie z kosmetyków w celu poprawienia swojego wyglądu. Jednak nadmiar pianek i lakierów często powodował efekt odwrotny. Duża ilość aplikowanych kosmetyków tej serii powodowała nadmierne obciążenie włosów i ich osłabienie.

Najgorsze wyniki w stosowaniu preparatów kosmetycznych, pod względem występowania działań niepożądanych w przeprowadzonym badaniu, osiągnęły dezodoranty i antyperspiranty. Częste ich używanie, szczególnie w krótkim czasie po depilacji pach, powodowało zaczerwienienie i świąd skóry. Przyczyną niepożądanych reakcji były występujące w dezodorantach sole aluminium, które podrażniają skórę.

W dzisiejszych czasach nikt nie wyobraża sobie życia bez pielęgnacji ciała oraz higieny osobistej. Każdy z nas ma swoje wypróbowane marki kosmetyków, które stosuje. Wniosek z tego, że nasze ulubione preparaty kosmetyczne nie zawsze są idealne podczas stosowania. Dlatego też należy zwracać uwagę podczas kupowania kosmetyków, czy dany produkt nie zawiera składnika, na

który jesteśmy uczuleni, i wybierać preparaty odpowiadające potrzebom naszej skóry. Dobranie właściwego kosmetyku zapewni dostarczenie naszej skórze składników pielęgnacyjnych w odpowiednich proporcjach. Jak wynika z odpowiedzi osób ankietowanych, niewiele jednak kobiet zwracało uwagę przy zakupie kosmetyku na jego skład chemiczny. Dlatego też nasuwa się wniosek, że jeśli sami nie potrafimy dokonać odpowiedniego wyboru, szukajmy porady u osób kompetentnych: dermatologa, kosmetologa, ewentualnie sprzedawcy.

Należy również pamiętać, że nadwrażliwość skóry na dany kosmetyk może być wywoływana nie tylko przez sam skład chemiczny preparatu, ale także sposób jego działania, czas kontaktu ze skórą, stężenie, częstotliwość używania kosmetyku oraz dodatkowo indywidualne predyspozycje każdej osoby. Dlatego też każdy produkt kosmetyczny i każdy surowiec może być szkodliwy. Wniosek z tego, że każda skóra reaguje inaczej na stosowany kosmetyk i część kosmetyków będzie dla nas dobra, a część zła, więc musimy same testować i sprawdzać.

Wybierając kosmetyki, kierujemy się również ich przeznaczeniem, zapachem, konsystencją i nierzadko promocją czy opakowaniem. Zapominamy o tym, co najważniejsze, czyli o składzie. Warto sprawdzać, z czego tak naprawdę złożony jest dany krem czy puder, szczególnie kiedy mamy skórę wrażliwą, atopową i często ulegającą podrażnieniom. Uwzględniając powyższe, należy pamiętać, że zanim zakupimy produkt, bez uprzedniego zapoznania się z jego składem, powinniśmy dowiedzieć się, jak bardzo ryzykowne jest narażenie naszego ciała na kontakt z tymi niezdrowymi substancjami.

Z wypowiedzi ankietowanych pań wynika, że nie są one zadowolone z informowania producentów o składnikach chemicznych zawartych w preparatach kosmetycznych. W ustawie o kosmetykach zapisane są wymagania dotyczące składu, oznakowania kosmetyków oraz warunki obrotu kosmetykami.

W obecnych czasach wykonuje się coraz więcej badań na temat szkodliwości kosmetyków. W rezultacie jest tak, że składnik, który został uznany za szkodliwy, nie zawsze jest wycofany ze składu. Firmy kosmetyczne pracują nad tym, aby go w jakiś sposób zastąpić i wytwarzają pochodną tego składnika, nadając mu inną nazwę i kosmetyk jest dopuszczony do sprzedaży.

Jak zatem możemy uchronić się przed szkodliwym wpływem kosmetyków? Jedyną nadzieją są bardziej restrykcyjne przepisy prawne, które skłonią producentów do zmiany receptur kosmetyków i do rzetelnego informowania konsumentów o ich składzie.

Uwzględniając powyższe badania, zauważamy, że nie wszystko, co służy urodzie, służy zdrowiu. Należy zastanowić się, czy warto kosztem zdrowia wyglądać pięknie. Aby uniknąć takich sytuacji, należy przede wszystkim czytać skład danego kosmetyku. Warto również zapisać sobie listę substancji, które mają groźny wpływ na organizm.

Na bazie zgromadzonych wiadomości przeprowadzonego badania na temat, czy kosmetyki zawierają w swym składzie pierwiastki chemiczne szkodliwe dla zdrowia i urody ciała, nasuwa się wniosek, abyśmy nie przesadzali z nadmiernym stosowaniem kosmetyków, a jeśli już po nie sięgamy, to starajmy się wybierać kosmetyki naturalne, gdyż zdrowie jest ważniejsze niż chwilowe piękno.

Literatura

[1] Martini M.C., Kosmetologia i farmakologia skóry, redakcja naukowa wydania polskiego prof. dr hab. n. med. Waldemar Placek, Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2003.
[2] Molski M., Chemia piękna, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2009.
[3] Wilczewska A.Z., Puzankowska-Tarasiewicz H., Podstawy chemii kosmetycznej, Wyższa Szkoła Kosmetologii i Ochrony Zdrowia w Białymstoku, Białystok 2006.
[4] Majewski S., Kwartalnik dla lekarzy. Alergia – Podrażnienia i alergie jako reakcje na kosmetyk 1 (19)/2004.
[5] Praca zbiorowa pod redakcją prof. dr hab. J. K. Piotrowskiego, Podstawy toksykologii, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2008 Fredrych B., Szymańska J., Selected metals and their compounds used in the pharmaceutical and cosmetic forms: Copper, Pol J Cosmetol 2004, 7 (1): 10-18.
[6] Fredrych B., Szymańska J., Selected metals and their compounds used in the pharmaceutical and cosmetic forms: Copper, Pol J Cosmetol 2004, 7 (1): 10-18.
[7] Pietrzak A., Glinka M., Lactobionate copper - used in cosmetology, Pol J Cosmetol 2005, 8 (2): 131-137.
[8] Kleszczewska E., Jabłońska-Trypuć A., Aktywność biologiczna miedzi i cynku oraz ich znaczenie w metabolizmie skóry, Med. Estet Anti-aging 2007, 3:11-21.
[9] Manahan S.E., Toksykologia środowiska, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2006.
[10] Brandys J., Toksykologia, Wybrane zagadnienia. Wyd UJ Kraków, 1999
[11] Zakrzewski S., Podstawy toksykologii środowiska, PWN Warszawa, 2000.
[12] Bogdanik T., Toksykologia kliniczna, Wyd. PZWL Warszawa 1988.
[13] Markiewicz A., Jachymska-Sarbak B., Sarbak Z., Aluminium and its compounds in cosmetics, Pol J Cosmetol 2009,12(1):15-22.

[14] Glinka R., Receptura kosmetyczna, Wydawnictwo Oficyna Wydawnicza Ma, Łódż 2003.
[15] Kluska A., Toksyczne działanie kadmu-biologicznego analogu wapnia Kosmos 1990, 34: 253-263.
[16] Hawang M., Yoon EK i Wsp., Safety assessment of chromium by exposure from cosmetic products, Arch Pharm Res 2009, 32(2): 235-241, DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s12272-009-1228-8
[17] Szymanowski R., Zaporowska H., Chromium (III) in cosmetology, Pol J Cosmetol 2011,14(2): 88-94.
[18] Puzanowska-Tarasiewicz H., Wilczewska A.Z., Podstawy chemii kosmetycznej, Wyd WSKiOZ Biołystok, 2006.
[19] Wojciechowska M., Gocki J., Bartuzi Z., Alergia na kosmetyki, Pol Merk Lek, 2008, XXV, 145, 87.
[20] Siemiński M., Środowiskowe zagrożenia zdrowia, Wyd. Naukowe PWN Warszawa 2008.
[21] Bielański A., Chemia ogólna i nieorganiczna, PWN Warszawa 1970.
[22] Peters I., Kosmetyka, Podręcznik do nauki zawodu. Poradnik. Wydawnictwo REA, Warszawa 2002.
[23] Kamińska A., Złotowska I., Orszulak-Michalak D., Beauty-is it always safe? "Część I. Allergy to cosmetics Pol J Cosmetol 2005, 1:2-9.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 69–80

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.05

Alina Gil, Karolina Nowotna
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa
e-mail: a.gil@ajd.czest.pl

OCHRONA DANYCH OSOBOWYCH NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO URZĘDU MIASTA

Streszczenie. W czasach szybkiego rozwoju informatycznego następuje zastępowanie tradycyjnych metod gromadzenia i utrwalania informacji nowoczesnymi skomputeryzowanymi metodami. Gromadzone w sposób elektroniczny dane są łatwiejsze w przetwarzaniu i udostępnianiu. Wzrasta więc ryzyko naruszenia praw osób, których dane są gromadzone w różnych bazach danych, dlatego wymagamy, aby nasze dane były odpowiednio chronione. Pozostawienie skomputeryzowanych baz danych poza prawną regulacją sprzyjałoby ingerowaniu w wolność osobistą jednostki i jej prywatność.
Celem pracy jest przedstawienie tematu ochrony danych osobowych w instytucji administracyjnej, jaką jest urząd miasta. Po zaprezentowaniu terminologii zagadnienia, polityki bezpieczeństwa urzędu, przedstawione zostaną badania, które zostały przeprowadzone za pomocą ankiety weryfikującej stan i poziom bezpieczeństwa danych osobowych, oraz analiza przeprowadzonych badań.
Słowa kluczowe: dane osobowe, ochrona danych osobowych, polityka haseł.

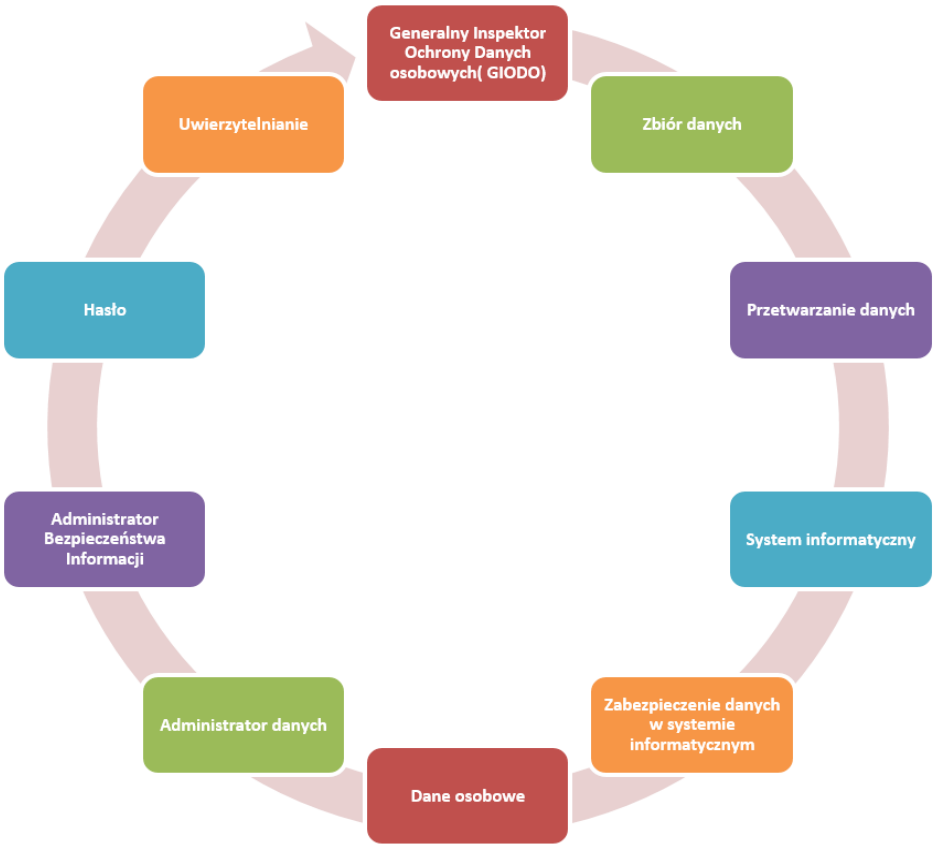
PROTECTION OF PERSONAL DATA ON THE EXAMPLE OF SELECTED MUNICIPALITY OFFICE

Abstract. In times of rapid development in information technology, the modern computerized methods replace traditional methods of collecting and fusing of information. Collected the electronic data are easier to process and make available. Thus increases the risk of infringement of the rights of persons whose data are stored in different databases, so we require that our data are adequately protected. Leaving computerized databases outside legal regulation would facilitate interference with personal liberty of the individual and their privacy.
The aim of this article is to present the subject of protection of personal data in administrative institutions such as the office of the city. After introducing terminology, office

security policy, we present studies conducted using a survey verifying the status and security of personal data, and analysis of the study.
Keywords: personal data, data protection, password policy.

Terminologia

Terminologię związaną z ochroną danych osobowych przedstawia poniższy schemat.



Zbiór danych – każdy posiadający strukturę zestaw danych o charakterze osobowym, dostępnych według określonych kryteriów, niezależnie od tego, czy zestaw ten jest rozproszony lub podzielony funkcjonalnie.
Przetwarzanie danych – rozumie się przez to jakiekolwiek operacje wykonywane na danych osobowych, takie jak zbieranie, utrwalanie, przechowywanie,

opracowywanie, zmienianie, udostępnianie i usuwanie, a zwłaszcza te, które wykonuje się w systemach informatycznych.
System informatyczny – rozumie się przez to zespół współpracujących ze sobą urządzeń, programów, procedur przetwarzania informacji i narzędzi programowych zastosowanych w celu przetwarzania danych.
Zabezpieczenie danych w systemie informatycznym – to wdrożenie i eksploatacja środków technicznych zapewniających ochronę danych.
Dane osobowe – wszelkie informacje dotyczące zidentyfikowanej lub możliwej do zidentyfikowania osoby fizycznej (np. imię i nazwisko, PESEL, adres zamieszkana… itp.).
Dane osobowe sensytywne (wrażliwe) – szczególna kategoria danych osobowych, co do których istnieje generalny zakaz przetwarzania – z wyjątkiem sytuacji, gdy zezwalają na to przepisy prawne. Dane „wrażliwe" to np.: dane rasowe lub etniczne, stan zdrowia, kod genetyczny, mandaty, kary…
Administrator danych – rozumie się przez to organ, jednostkę organizacyjną, podmiot lub osobę, o których mowa w art. 3, decydujące o celach i środkach przetwarzania danych osobowych.
Administrator Bezpieczeństwa Informacji – wyznaczony przez Administratora Danych pracownik odpowiedzialny za bezpieczeństwo danych osobowych.
Hasło – tajny parametr znany wyłącznie użytkownikowi, stosowany w kryptografii oraz uwierzytelnianiu.
Uwierzytelnianie – działanie, którego celem jest weryfikacja deklarowanej tożsamości podmiotu.
Generalny Inspektor Ochrony Danych osobowych (GIODO) – główny organ do spraw ochrony danych osobowych działający na podstawie ustawy z dnia 29 sierpnia 1997 r. o ochronie danych osobowych.

Przepisy prawa w zakresie ochrony danych osobowych

Najstarszym aktem prawnym o zasięgu międzynarodowym, kompleksowo regulującym zagadnienia związane z ochroną danych osobowych jest Konwencja Rady Europy Nr 108 z dnia 28 stycznia 1981 r. o ochronie osób w związku z automatycznym przetwarzaniem danych osobowych[1].

[1] http://www.giodo.gov.pl/593/id_art/1596/j/pl z dnia 10.02.2014

Gwarancje ochrony danych osobowych w Polsce zapewnia Konstytucja z 1997 r. Jej art. 47 gwarantuje obywatelom prawo do prywatności, a art. 51 – każdej osobie – prawo do ochrony informacji z nią związanych[2].

W momencie przyłączenia Polski do Unii Europejskiej w 2004 roku wyniknęła konieczność zapewnienia ochrony danym osobowych, jaką na swoim terytorium zapewniają państwa Unii. Wszystkie obowiązujące ustawy europejskie wzorowane były lub dostosowano je do Dyrektywy 95/46/WE Parlamentu Europejskiego i Rady. Zasady ochrony danych ustanowione Dyrektywą 95/46/EC wprowadzone zostały do polskiego porządku prawnego ustawą z dnia 29 sierpnia 1997 r. o ochronie danych osobowych[3].

„Ustawa o ochronie danych osobowych (UODO) określiła prawne ramy obrotu danymi osobowymi, a także zasady, jakie należy stosować przy przetwarzaniu danych osobowych, sprecyzowała też prawa i obowiązki organów, instytucji i osób prowadzących zbiory danych osobowych oraz prawa osób, których dane dotyczą, w taki sposób, aby zagwarantować maksymalną ochronę praw i wolności każdej osobie fizycznej oraz poszanowania jej życia prywatnego”[4].

Aktami wykonawczymi do wspomnianej wcześniej ustawy są rozporządzenia MSWiA:

1. z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie dokumentacji przetwarzania danych osobowych oraz warunków technicznych i organizacyjnych, jakim powinny odpowiadać urządzenia i systemy informatyczne służące do przetwarzania danych osobowych (Dz.U. Nr 100, poz.1024);
2. z dnia 22 kwietnia 2004 r. w sprawie wzorów imiennego upoważnienia i legitymacji służbowej inspektora Biura Generalnego Inspektora Danych Osobowych (Dz.U. Nr 94, poz. 923);

---

[2] Konstytucja RP z 1997 r.:
Art. 47. Każdy ma prawo do ochrony życia prywatnego, rodzinnego, czci i dobrego imienia oraz do decydowania o swoim życiu osobistym.
Art. 51. Nikt nie może być obowiązany inaczej niż na podstawie ustawy do ujawniania informacji dotyczących jego osoby.
1. Władze publiczne nie mogą pozyskiwać, gromadzić i udostępniać innych informacji o obywatelach niż niezbędne w demokratycznym państwie prawnym.
2. Każdy ma prawo dostępu do dotyczących go urzędowych dokumentów i zbiorów danych. Ograniczenie tego prawa może określić ustawa.
3. Każdy ma prawo pożądania sprostowania oraz usunięcia informacji nieprawdziwych, niepełnych lub zebranych w sposób sprzeczny z ustawą.
4. Zasady i tryb gromadzenia oraz udostępniania informacji określa ustawa.

[3] Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o ochronie danych osobowych (Dz.U. z 2002 r. Nr 101, poz. 926 ze zm.).

[4] http://www.giodo.gov.pl/593/id_art/1596/j/pl z dnia 10.02.2014.

3. z dnia 11 grudnia 2008 r. w sprawie wzoru zgłoszenia zbioru danych do rejestracji Generalnemu Inspektorowi Ochrony Danych Osobowych (Dz.U. Nr 229, poz. 1536).

Polityka haseł – zabezpieczenia systemów zawierających dane osobowe

W instytucji podstawą bezpieczeństwa jest odpowiednia polityka haseł. „Wystawienie" systemu teleinformatycznego na atak może prowadzić do ogromnych konsekwencji. Podstawowym zadaniem hasła w systemach teleinformatycznych jest zapewnienie bezpieczeństwa systemów wraz z przechowywanymi w nich informacjami oraz potwierdzanie tożsamości „obiektu" posiadającego uprawnienia do korzystania z danego zbioru informacji.

Raport o stanie bezpieczeństwa cyberprzestrzeni RP w 2010[5], czyli dokument przygotowywany co roku przez Rządowy Zespół Reagowania na Incydenty Komputerowe (CERT.GOV.PL), wykazał, że nieostrożne działania administratorów, skanowanie, nieuprawniona zmiana informacji znajdują się w pierwszej piątce występujących incydentów bezpieczeństwa. Zatem nie ulega wątpliwości, że odpowiednia polityka haseł stanowi jeden z najważniejszych aspektów bezpieczeństwa.

Dla systemów szczególnie zagrożonych atakami oraz przetwarzających ważne dane stosuje się różne metody uwierzytelnienia. Zwiększenie bezpieczeństwa systemu można uzyskać, łącząc hasło z kartą mikroprocesorową. Zastosowanie samego hasła i identyfikatora użytkownika (*one-factor*) jest dość proste do złamania, ale zastosowanie dwóch metod znacząco poprawia poziom ochrony. Zastosowanie rozwiązania *two-factor authentication* lub *three-factor authentication* (łączenie od jednej do trzech opisanych metod) powoduje, że system nie będzie podatny na proste ataki zmierzające do jego kompromitacji.

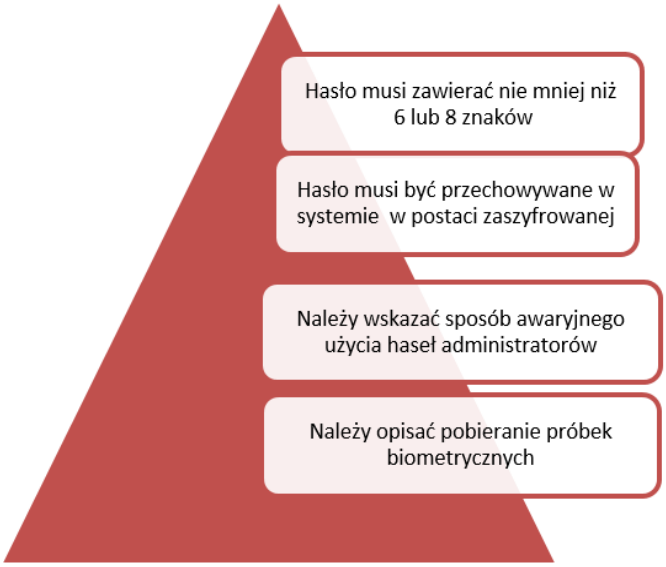
[5] http://www.cert.gov.pl/cer/publikacje/raporty-o-stanie-bezpi z dnia 10.02.2014.

Metody potwierdzania tożsamości użytkownika przedstawia poniższy schemat.

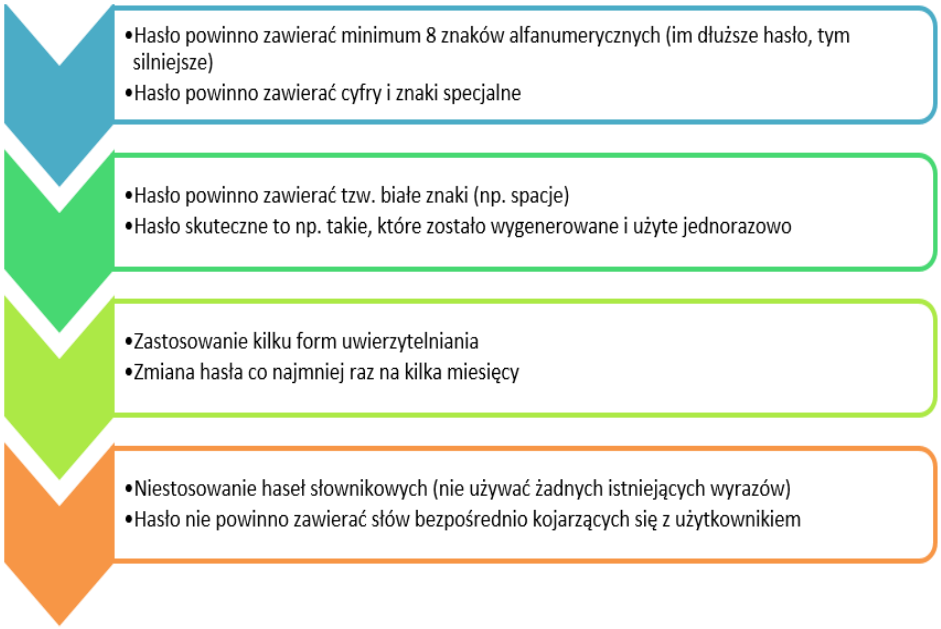
Administrator Danych Osobowych w instytucji ma obowiązek wprowadzenia regulacji dotyczących polityki haseł i ich implementacji w systemach teleinformatycznych. Reguluje to ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o ochronie danych osobowych[6] oraz rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie dokumentacji przetwarzania danych osobowych oraz warunków technicznych i organizacyjnych[7], jakim powinny odpowiadać urządzenia i systemy informatyczne służące do przetwarzania danych osobowych. Użytkownik zobowiązany jest do zmiany hasła z częstotliwością co 30 dni, a samo hasło powinno składać się z 6 lub 8 znaków w zależności od tego, czy w systemie przetwarzane są dane wrażliwe zgodne z art. 27 cytowanej ustawy.

[6] Dz.U. z 2002 r. Nr 101, poz. 926 ze zm.
[7] Dz. U. z 2004 r. Nr 100, poz. 1024.

Przykładowe wymagania dotyczące haseł wg UODO przedstawia poniższy schemat.



Budowanie bezpiecznego hasła:



Niezależnie od obowiązującej polityki, częstotliwość zmiany haseł i liberalności polityki wszystkie zastosowania techniczne powinny być poparte analizą ryzyka. Możliwością pośrednią jest użycie kilku metod uwierzytelniania użytkowników. Zastosowanie liberalnej polityki haseł z elementami biometrii lub elementami technologicznymi (np. karty mikroprocesorowe) może zwiększyć nasz poziom bezpieczeństwa, eliminując zapisywanie haseł czystym tekstem przez użytkowników. Na podstawie analizy ryzyka i możliwych zagrożeń organizacja powinna zastosować odpowiednie rozwiązanie dla każdego użytkownika. Polityka haseł, jak i same hasła powinny podlegać cyklicznym audytom bezpieczeństwa.

Badania

Celem badań było sprawdzenie wiedzy pracowników Wydziału Zarządzania Kryzysowego i Ochrony Ludności w jednym ze śląskich urzędów miasta[8], na temat ochrony danych osobowych, jak również sprawdzenie skuteczności stosowanych zabezpieczeń, m.in. haseł dostępowych, w celu ochrony danych osobowych.

Podjęto również próbę oceny, jaką postawę i jakie zachowania prezentują respondenci w celu skutecznego zabezpieczania przetwarzanych danych osobowych na zajmowanym stanowisku pracy.

W niniejszej pracy posłużono się metodą ankietową. Ankieta pozwala na badanie zjawisk masowych na podstawie odpowiednio opracowanego kwestionariusza. Jest metodą zdobywania informacji poprzez zapytanie wybranych osób za pośrednictwem drukowanej listy pytań, zwanej kwestionariuszem[9]. Ze względu na kategorie pytań wyróżniamy dwa rodzaje kwestionariuszy: kwestionariusz pytań otwartych i kwestionariusz pytań zamkniętych. Kwestionariusz jest jednym z najpopularniejszych narzędzi, używanych do zbierania informacji źródłowych, zawiera starannie dobrany zestaw pytań, na które respondent ankiety udziela informacji.

W przeprowadzonym badaniu wykorzystano pytania zamknięte, które mają określone wszystkie możliwości odpowiedzi. Ankieta zawiera 10 pytań dla badanej grupy respondentów. W części wstępnej kwestionariusza ankiety umieszczono informację o tym, jaki jest cel przeprowadzonego badania i czemu mają służyć uzyskane wyniki. Ponadto w ankiecie zapewnia się o całkowitej anonimowości, co w znaczący sposób zwiększa prawdopodobieństwo udzielania szczerych odpowiedzi.

---

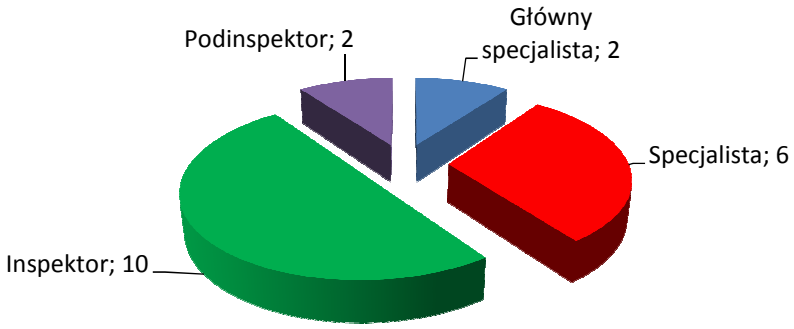
[8] Ze względu na prośbę o anonimowość, nie podajemy pełnej nazwy urzędu.

[9] Gruszczyński L. A., Elementy metod i technik badań socjologicznych, Śląskie Wydawnictwa Naukowe, Tychy 2002.

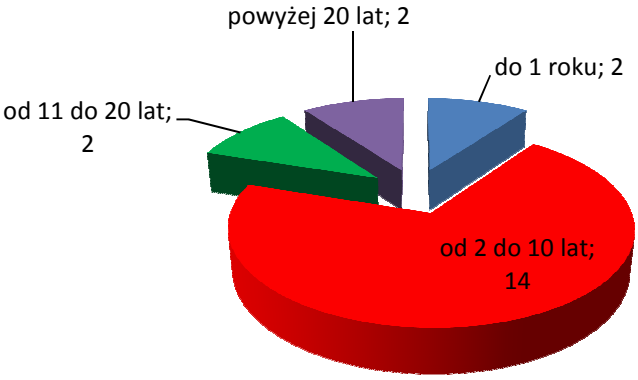
Wyniki badań

Badania przeprowadzono na 20 osobach Wydziału Zarządzania Kryzysowego i Ochrony Ludności Urzędu Miejskiego, o zróżnicowanym stażu pracy. Pozyskane informacje pozwoliły odpowiedzieć na pytania:

- Jaka jest wiedza respondentów w zakresie ochrony danych osobowych?
- Jaka jest skuteczność stosowanych zabezpieczeń w ochronie danych osobowych?



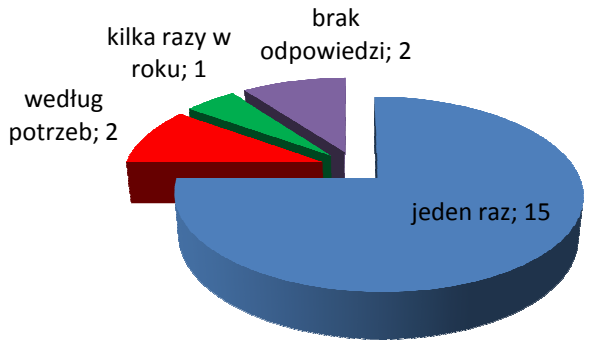
Rys. 1 . Charakterystyka badanej populacji ze względu na zajmowane stanowisko



Rys. 2. Charakterystyka badanej populacji ze względu na staż pracy

Na pytanie: „Czy był Pan/Pani przeszkolony w zakresie ochrony danych osobowych?" wszyscy respondenci odpowiedzieli, że posiadają przeszkolenie w zakresie ochrony danych osobowych.

Na pytanie: „Czy szkolenia odbywają się cyklicznie?" prawie wszyscy respondenci, tj. 17 osób, stwierdzili, że „Nie", jedynie 3 osoby uważają, że „Tak".



Rys. 3. Informacja od respondentów na temat częstotliwości odbywania szkoleń na zajmowanym stanowisku

Z zebranych informacji wynika, że tylko 2 osoby nie pamiętają o wszystkich zabezpieczeniach na swoim stanowisku pracy w zakresie ochrony danych osobowych. 18 osób wskazało natomiast, że pamięta wszystkie stosowane zabezpieczenia na swoim stanowisku pracy w zakresie ochrony danych osobowych.

Na pytanie: „Czy zmienia Pan/Pani hasła regularnie?" wszyscy ankietowani – 20 osób – wskazali odpowiedź, że „Tak". Świadczy to o wysokiej świadomości związanej z ochroną danych osobowych, jak również wskazuje na stosowanie odpowiednich systemów (oprogramowania), które wymuszają dokonywanie czynności zmiany hasła.

Na pytanie: „Czy hasła związane są z życiem prywatnym?" większość respondentów, tj. 16 osób, twierdzi, że „Nie", jedynie 4 osoby uważają, że „Tak".

Na pytanie: „Czy uważa Pan/Pani, że częsta zmiana haseł jest potrzebna?" 14 respondentów wskazało, że „Tak", 6 osób wskazało natomiast odpowiedź „Nie".

Na ostatnie pytanie: „Czy odkąd Pan/Pani pracuje, zdarzyły się przypadki złamania zabezpieczeń w systemie ochrony danych osobowych?" respondenci jednogłośnie wskazali odpowiedź „Nie", co daje rzeczywiste odzwierciedlenie jakości stosowanych zabezpieczeń w ochronie danych osobowych.

Wnioski

Z przeprowadzanych badań wynika, że:

- Respondenci skutecznie realizują prowadzoną politykę bezpieczeństwa urzędu miejskiego w zakresie ochrony danych osobowych.
- Ankietowani wskazują w większości przypadków na brak cykliczności szkoleń w zakresie ochrony danych osobowych. Przeważająca ilość podaje,

że szkolenie w zakresie ochrony danych osobowych zostało przeprowadzone tylko jeden raz i miało to miejsce na początku zatrudnienia w ankietowanym wydziale. Brak cyklicznych szkoleń może prowadzić do pogorszenia wysokiego stopnia świadomości pracowników wydziału w zakresie ochrony danych osobowych przetwarzanych w niniejszym wydziale.

- Staż pracy respondentów nie ma znaczenia dla zapewnienia wysokiego poziomu zabezpieczeń w zakresie ochrony danych osobowych. Świadomość respondentów jest bardzo wysoka.
- Badani jednogłośnie wskazali, że w ankietowanym wydziale urzędu miejskiego nie doszło do złamania stosowanych zabezpieczeń w zakresie ochrony danych osobowych, co jednoznacznie może określić wysoki poziom stosowanych zabezpieczeń w tym zakresie.
- Do głównych czynników wpływających na skuteczną ochronę danych osobowych należy zaliczyć regularną zmianę haseł stosowaną przez respondentów.
- Należy przyjąć, że wiedza pracowników na temat ochrony danych osobowych jest wysoka, gdyż nie odnotowano przypadków złamania stosowanych dotychczasowych zabezpieczeń. Brak szkoleń może jednak prowadzić do pogorszenia tej wiedzy.

Podsumowanie

Każda instytucja publiczna, w tym urzędy miasta, gminy, w ramach wykonywania swoich czynności gromadzą ogromne zasoby danych osobowych. Dlatego szczególnie istotne jest właściwe ich zabezpieczenie. System regulacji prawnych nadaje charakter organom wyspecjalizowanym w zakresie ochrony danych, niemniej należy również pamiętać o odpowiednich szkoleniach, celem przypomnienia i utrwalenia obowiązujących przepisów z zakresu ochrony danych osobowych. Właściwa kontrola i skuteczność zastosowanych środków w przypadku wykrytych nieprawidłowości zapewniają prawidłowy i bezpieczny proces tworzenia i przetwarzania danych, co w konsekwencji gwarantuje bezpieczeństwo jednostki. Dobrym podsumowaniem będzie zdanie wypowiedziane przez Bruce'a Schneiera[10]: „bezpieczeństwo nie jest produktem, lecz procesem, tylko ciągłe udoskonalanie naszej ochrony może zabezpieczyć nasze dane".

[10] Amerykański kryptograf i specjalista z zakresu bezpieczeństwa teleinformatycznego. Autor książek opisujących zagadnienia bezpieczeństwa teleinformatycznego oraz kryptografii.

Literatura

[1] Gruszczyński L. A., Elementy metod i technik badań socjologicznych, Śląskie Wydawnictwa Naukowe, Tychy 2002
[2] Konstytucja RP z 1997 r., Dz.U. 1997 nr 78 poz. 483
[3] Ustawa z dnia 29 sierpnia 1997 r. o ochronie danych osobowych, Dz.U. z 2002 r. Nr 101, poz. 926 ze zm.
[4] Rozporządzenie MSWiA z dnia 29 kwietnia 2004 r. w sprawie dokumentacji przetwarzania danych osobowych oraz warunków technicznych i organizacyjnych, jakim powinny odpowiadać urządzenia i systemy informatyczne służące do przetwarzania danych osobowych (Dz.U. Nr 100, poz.1024).
[5] Rozporządzenie MSWiA z dnia 22 kwietnia 2004 r. w sprawie wzorów imiennego upoważnienia i legitymacji służbowej inspektora Biura Generalnego Inspektora Danych Osobowych (Dz.U. Nr 94, poz. 923).
[6] Rozporządzenie MSWiA z dnia 11 grudnia 2008 r. w sprawie wzoru zgłoszenia zbioru danych do rejestracji Generalnemu Inspektorowi Ochrony Danych Osobowych (Dz.U. Nr 229, poz. 1536)
[7] http://www.giodo.gov.pl/593/id_art/1596/j/pl z dnia 10.02.2014
[8] http://www.cert.gov.pl/cer/publikacje/raporty-o-stanie-bezpi z dnia 10.02.2014

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 81–90

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.06

Renata Gnatowska
Czestochowa University of Technology
al. Armii Krajowej 21, 42-201 Czestochowa
e-mail: gnatowska@imc.pcz.czest.pl

UNCERTAINTIES AND RISK FACTORS OF DISTRIBUTED GENERATION

Abstract. These study starts from the observation that there is a renewed interest in small-scale electricity generation. The author start with a survey of existing small-scale generation technologies and then move on with a discussion of the major benefits and issues of small scale electricity generation. Different technologies are evaluated in terms of their possible contribution to the listed benefits and issues. Small-scale generation is also commonly called distributed generation, embedded generation or decentralized generation. It appears that there is no consensus on a precise definition as the concept encompasses many technologies and applications.
Keywords: Distributed Generation, electricity production.

NIEPEWNOŚCI I CZYNNIKI RYZYKA GENERACJI ROZPROSZONEJ

Streszczenie. Niniejsza analiza bierze swój początek od obserwacji, że istnieje ponowne zainteresowanie produkcją energii elektrycznej na małą skalę. W pracy przedstawiono analizę istniejących technologii, a następnie omówiono główne korzyści i problemy związane z wytwarzaniem energii elektrycznej w małej skali. Technologie te są oceniane pod względem potencjalnego udziału wymienionych korzyści i problemów. Wytwarzanie energii na małą skalę jest powszechnie nazywane generacją rozproszoną lub zdecentralizowanym wytwarzaniem. Nie ma precyzyjnej definicji generacji rozproszonej, ponieważ jako pojęcie obejmuje ona wiele technologii i zastosowań.
Słowa kluczowe: generacja rozproszona, produkcja energii elektrycznej.

Introduction

Distributed generation, the small scale production of electricity at or near customers' homes and businesses, has the potential to improve the reliability of the power supply, reduce the cost of electricity, and lower emissions of air pollutants [1]. Distributed generation can come from conventional technologies, such as motors powered by natural gas or diesel fuel, or from renewable technologies, such as solar photovoltaic cells. Over the past two decades, declines in the costs of small scale electricity generation, increases in the reliability needs of many customers, and the partial deregulation of electricity markets have made distributed generation more attractive to businesses and households as a supplement to utility supplied power.

Three basic characteristics differentiate most distributed generation from traditional electricity supply: location, capacity, and grid connection [2]. Distributed generators are located at or near the point at which the power is used. They are typically on site generators, owned and operated by retail customers that are used to meet a portion of the customers' demand or to provide backup service for customers that need highly reliable power. Applications of distributed generation could include combined heat and power operations. The second defining characteristic of most distributed generation is its size. Generation capacities of customer owned units, used primarily to meet on site requirements, typically range from a few kilowatts to several hundred kilowatts. The level of their connection with the local or regional electric grid is the third characteristic that distinguishes distributed generators from traditional suppliers.

Distributed generation is an important, although small, component of the nation's electricity supply. The principal source of electricity today continues to be large central facilities that generate electricity from steam plants (coal, natural gas, or nuclear power) and hydroelectric power. Among distributed generation technologies, the most important in terms of their capacity to generate electricity are customer owned generators that produce both electricity and steam for on site use (called combined heat and power, or cogeneration [7, 9]) and emergency backup generators. For the most part, the cogeneration plants that have been built to date are large facilities that sell the majority of their output to utilities. Natural gas fuels most of those plants, but coal and biomass also power a significant percentage of the total capacity. Most backup generators are internal combustion engines fuelled by diesel oil or gasoline. Diesel fired backup generators are commonly used in high rise buildings for safety reasons (as required by local building codes), in hospitals, and in manufacturing facilities that depend on a highly reliable supply of power.

Renewable technologies that are currently used to generate electricity at homes and businesses include wind turbines and solar photovoltaic systems.

Those technologies produce electricity intermittently and generally are not available to operate continuously [5, 8]. Fuel cells and small turbines (called micro-turbines) are frequently mentioned, newly emerging high efficiency technologies. Although they account for very little of the nation's existing electricity supply, proponents believe they will contribute significantly in the future. There are different types of DGs from the constructional and technological points of view as shown in Fig. 1.

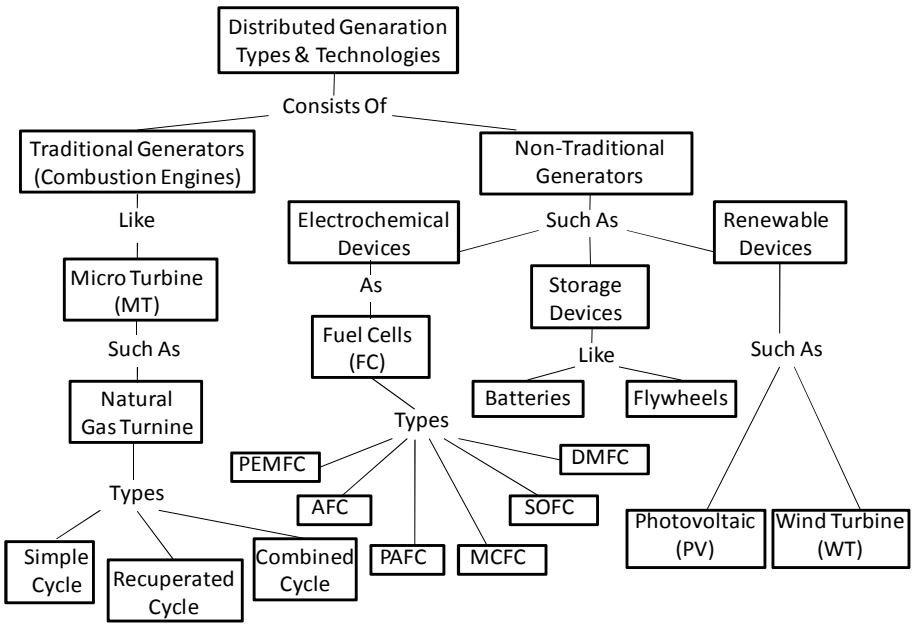


Fig. 1. Distributed generation types and technologies [3]

A classification can be concluded by relating most candidates of DG types and also the traditional centralized generation stations to different wide range applications as shown in Table 1.

Uncertainties and risks of Distributed Generation

The prospects for widespread adoption of distributed generation technologies are not at all certain. Nor is it clear that those technologies will be used in ways that achieve their full potential economic benefits. Moreover, this new source of electricity poses a distinct risk of negative impacts that may be difficult to anticipate or expensive to avoid. Those effects include potential degradation in the performance of the electricity distribution network, inequitable and

possibly inefficient redistribution of the costs of electricity service among customers, and a decline in environmental quality. Measures to mitigate those adverse impacts could significantly limit the adoption of distributed generation or increase costs to the point at which most applications would no longer be financially viable.

Tab. 1. Comparison between common energy types

Energy type	Application
Micro-turbines	Co-generation, help for peak load shaving, commercially available in small units with sizes 30-75kW [1]
Fuel cells	Suitable for providing CHP for air-conditioning, cooling and heating purposes, commercialy available in small units with sizes 3-250kW as modular to serve large loads [1]
Photovoltaic	Stand alone and base load in some rural applications if combined with batteries.
Wind turbines	Remote homes and farms and process industry applications.
Traditional internal combustion engines (diesel engines)	Already in use for several years, but they have high emissions and operation and maintenance costs in addition to diesel's hazardous during transportation to remote consumers [1]. Most of them are used for peak load shaving and backup operation not for continuous operation.
Central power generation (fossil fuel)	Main electricity generation as the main base load. Used for peak load shaving and backup operation.

The reliability of power to all customers might be diminished rather than bolstered if the operators of electric systems found it difficult to manage a much greater number of power sources – suppliers that were adding electricity to or drawing electricity from the grid at will. Equivalently, the retail price of electricity could rise if ratepayer funded investments were necessary to maintain power quality.

Increased competition in wholesale electricity markets and reforms in retail electricity pricing could significantly reduce the number of situations in which distributed generation was profitable to owners. Competition in wholesale markets could lower electricity prices to the point at which many investments in distributed generation would no longer be attractive. Widespread application of real time pricing, which could provide incentives for the operation of distributed generators, could also end up making many of them unprofitable. Real time pricing and other tariffs (rate schedules) that encouraged retail customers to vary their demand for electricity in response to price changes could

significantly lessen price volatility as well as average prices. That result would reduce the number of hours per year that many distributed generators could operate profitably.

Uncertainty related to market restructuring. If competitive wholesale markets for electricity develop with nondiscriminatory access and hourly prices determined by supply and demand, those markets will give operators of distributed generators an incentive to run their units when such operation will reduce the overall cost of supplying electricity. But if wholesale markets do not develop efficiently – for example, because of restricted access or regulated prices – the benefits of distributed generation may not be fully realized.

Uncertainty about market potential. Besides uncertainty related to market restructuring, other types of uncertainty will affect the potential growth of distributed generation applications. Such uncertainty includes the actual costs of installing and operating distributed generation technologies relative to central power technologies, the actual value to individual customers of improvements in reliability of service, and variations in the financial benefits for individual customers, which are difficult to capture in an overall analysis such as this one.

The costs of the various distributed technologies themselves are uncertain. The two most widely mentioned high efficiency technologies – microturbines and fuel cells – either are not yet commercially available or are in the early stages of commercialization. Although their proponents predict that installed equipment costs will decline substantially in the future as commercial production increases, such an outcome cannot be known in advance. Other technologies – such as photovoltaic systems – have been in commercial production for some time, but proponents still forecast that their costs will fall considerably as manufacturing processes continue to improve and production increases. A second uncertainty surrounding the market potential of distributed generation concerns the benefits from improved reliability of service, which are often difficult to value.

The financial benefits that customers will weigh to decide whether to invest in and operate distributed generators are much more diverse that those summarized here. Conditions will vary widely from customer to customer-depending on such factors as the customer's economic activity, size, location, and load profile – and many technologies will not prove suitable.

Threats to the performance of electric system. Without adequate upgrades to the electricity supply network, widespread adoption of distributed generation could adversely affect regional electricity distribution systems. For example, with many customers switching their generators on and off, the quality of the power and the reliability of the systems could be degraded.

Risks to air quality and national security. The distributed generation technologies with the greatest market potential are probably those fueled by fossil energy (backup generators powered by diesel fuel and cogenerators pow-

ered by natural gas), not renewable energy. The potential for customer owned wind and solar power will probably continue to be realized only in limited circumstances, unless the capital costs of those technologies fall considerably. High efficiency micro-turbine and fuel cell technologies are still at the earliest stages of commercialization, so their potential is largely unknown. Thus, the immediate promise of improved air quality from wider adoption of distributed generation may be limited, and improvements would probably come primarily from substituting natural gas and diesel fired generators for coal fired generators. On the down side, those new generators might end up displacing power from units that were already fired by natural gas. And if some generators switched from relatively clean burning natural gas to diesel, local air quality could worsen.

Another risk is that widespread adoption of gas fired distributed generators could necessitate construction of additional pipeline capacity. The EIA's Reference Case Mid-Term Energy Forecast projects that electricity generated from natural gas will climb from 17 percent in 2001 to 29 percent in 2025. If that increase largely takes the form of distributed generation near growing population centres, additional pipeline capacity will be needed to supply those generators. Any savings in investments in electricity transmission and distribution networks would be partially offset by the need for investments in new natural gas pipelines. Other adverse (or at least costly to control) effects also could result. They might include damage from unconventional forms of pollution such as waste heat and noise problems that have been associated with diesel powered backup generators and cogeneration plants sited in urban settings. Even windmills have environmental drawbacks, including detracting from the aesthetics of the landscape. Such impacts might not be easy to anticipate or be readily apparent for a small number of units, but the cumulative effect of many dispersed generators could be significant. In geographic areas with strict emissions standards, it would be necessary to inspect distributed generators regularly to monitor their compliance with those standards. Under the scenario of widespread use of small scale generators envisioned by proponents, the cost of that monitoring could be steep.

Barriers for development of Distributed Generation

Proponents of distributed generation argue that significant barriers impede the widespread adoption of distributed generation technologies. Most, if not all, of those barriers are related to the risks cited earlier. They include utilities' pricing and operational practices and local governments' rules about reliability and safety, cost, or environmental quality [4]. A common theme of the complaints against those practices or rules is that they result in restricted access

to the grid and protect the utilities' current investment in central generation capacity and transmission lines. Four types of barriers are frequently cited.

Protecting the grid: Interconnection requirements and costs. The first type is contractual and technical interconnection requirements for the installation of protective equipment and safety devices to protect the grid and ensure power quality; distributed generation proponents argue that those requirements are often duplicative, excessive, and time consuming.

The stated purpose of the technical interconnection restrictions and requirements is to ensure the safety and quality of the electric power system and to avoid possible damage to equipment. Those restrictions often prohibit small generators from connecting to the grid at the distribution level of the network. For example, under existing rules in some utilities' service territories, customers with on site generation must disconnect completely from the grid before starting their generators, to protect against accidental transmission of power onto the grid or possible voltage and frequency disturbances from the new power.

In the absence of outright prohibitions, however, operators of distributed generation units may want to remain connected to the grid while producing power (termed parallel operation) whether to draw supplemental power from the grid or to transmit excess power onto it. In that case, utilities generally require operators to install additional controls and equipment in order to protect the network from feedbacks or disturbances. That additional site specific equipment may include voltage regulators, frequency synchronizers, isolation devices, monitoring devices, and network protectors. Because the number and types of devices that utilities require vary widely and depend on many factors, utilities often demand specialized studies typically paid for by the operator to determine the equipment necessary in each case. Utilities may also require upgrades to the distribution system itself to support the power supplied by the distributed generators and to protect neighbouring customers from disruptions or variations in power quality. Operators typically bear the cost of such site specific equipment and any system upgrades, too.

In general, utilities require that operators of distributed generators execute contracts governing the interconnection of their equipment with the distribution and transmission network. Distributed generation proponents complain that provisions in those contracts are often one sided or overly burdensome. They include insurance requirements that may boost operators' costs significantly and indemnification and dispute resolution provisions that proponents say unfairly favor the utilities.

Many observers argue that those technical and contractual interconnection requirements are often excessive. For example, the electronic control equipment built into most small generators effectively protects against electricity feedbacks and other technical problems, so industry requirements for additional equipment are often redundant.

Utility surcharges: paying for stranded costs and standby service. The second type is surcharges imposed by utilities on operators of distributed generators (who are still utility customers) for standby service; proponents contend that those surcharges often do not reflect the actual cost of the service and do not give credit for the ways in which distributed generation benefits the grid.

Compensating for avoided costs: prices for power sold to utilities. The third type is pricing of electricity that is based on the utilities' average cost rather than their marginal cost (the cost of supplying an additional unit of electricity). Proponents contend that average cost pricing does not give owners an incentive to operate their distributed generators during periods when doing so will lower the overall cost of electricity.

For operators who do qualify to sell their excess power to the utilities, the prices they receive may not offer sufficient incentives to install and operate their distributed generators in a cost effective manner. That is because the prices in those markets generally do not reflect the costs of the additional utility supplied power that would have been produced in the absence of power from the distributed generators. At the wholesale level, the costs of producing and delivering electricity vary continuously by time and location, as consumption fluctuates in real time. During periods of peak demand, the cost of electricity typically rises as less efficient generators are placed in service. The costs also vary by location because of constraints in the capacity of the transmission and distribution system that affect deliveries during periods of peak demand.

But at the retail level, prices generally do not vary by time or location. Similarly, administratively set „avoided cost" payments to qualifying operators of distributed generators are often fixed, with predetermined prices in defined periods. Whether the cost of power is high or low during a given period, retail customers typically pay the same price per kilowatt hour.

That disparity between the wholesale cost of electricity and the prices that operators of distributed generators receive may raise the overall cost of electricity by limiting operators' incentives to run their units most efficiently. Distributed generators may operate during periods when it is less expensive to supply additional power from the grid.

Environmental concerns: sitting restrictions and permitting requirements. Air quality issues are one component of the permitting process for installing distributed generators. The other components are land use approvals and building codes. Local governments require land use approvals to ensure that a project conforms to zoning ordinances governing allowable uses for a property. Typically, ordinances do not identify electricity generating plants as a permissible land use, so jurisdictions usually require a review to weigh benefits and drawbacks and determine whether a permit should be granted. The building permit process a separate requirement ensures that a project conforms to certain safety standards. Those standards are described in building codes governing

such characteristics as fire protection, plumbing, electric power, and mechanical equipment. Building permits are required for all new construction and most substantial building improvements and equipment additions.

Many building codes include specific regulations for on site generators. Codes often require that certain building classifications be equipped with an emergency power supply to generate electricity when normal service is interrupted. Those generators must typically be powered by a fuel supply that is on the premises, such as diesel fuel or gasoline. That requirement can preclude the use of distributed generation technologies fueled by natural gas (which must be piped in), even though they can be less costly to operate and are associated with fewer harmful emissions than diesel fuel or gasoline. For buildings that are required to have an emergency power supply, natural gas could be used only if the operator installed a dual fuel generator burning natural gas for non emergency power needs (and sales to utilities) and burning diesel or gasoline for backup power.

Achieving the potential cost and reliability benefits from widespread adoption of distributed generation technologies may depend on retail competition and unrestricted customer choice. The competitive positions of many utilities are already weakening with the restructuring of wholesale electricity markets and increased use of the most wide spread form of distributed generation (cogeneration for customers' own use and for sale to the utilities). Broader adoption of distributed generation by customers could be an important part of what many analysts believe will be the next level of market restructuring the introduction of retail competition. Such competition would give customers the ability not only to choose their electricity suppliers but also to elect to generate electricity on their own.

Conclusions

This work started from the observed renewed interest in small-scale electricity generation. Existing small-scale generation technologies are described and the major benefits and issues of using small-scale distributed generation are discussed. The different technologies are evaluated in terms of their contribution to the listed benefits and issues. Small-scale generation is commonly called distributed generation and we try to derive a consensus definition for this latter concept. It appears that there is no agreement on a precise definition as the concept encompasses many technologies and many applications in different environments. In our view, the best definition of distributed generation that generally applies seems to be 'an electric power generation source that is connected directly to the distribution network or on the customer side of the meter [6].

Depending on the interest or background of the one confronted with this technology, additional limiting aspects might be considered. A further narrowing of this 'common divider' dentition might be necessary depending on the research questions that are looked at. However, the general and broadly understandable description as proposed here, is required to allow communicating on this concept.

Bibliography

[1] Ackermann T., Andersson G., Soder L., Distributed generation: a definition, Electric Power Systems Research, Vol 57, 2001, p. 195-204, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0378-7796(01)00101-8

[2] Brown M., Casten T.R., Guide to Decentralized Energy Technologie, World Alliance for Decentralized Energy (WADE), 2003, p. 1-49,

[3] El-Khattam W., Salama M.M.A., Distributed generation technologies, definitions and benefits, Electric Power Systems Research, Vol. 71, 2004, p. 119-128, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2004.01.006

[4] Gnatowska R., Pietrzak P., Socio-Economic Development District in the Context of Rational Use of Energy and Environment, Turbomachinery, No 143. 2013, p. 33-38.

[5] Lewandowski W.M., Proekologiczne źródła energii odnawialnej. WNT, Warszawa 2001.

[6] Pepermans G., Driesen J., Haeseldonckx D., Belmans R., D'haeseleer W., Distributed Generation: definition, benefits and issues. Energy Policy, No 33, 2005, p. 787-798, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2003.10.004

[7] Sawin, J., Mainstreaming Renewable Energy in the 21st Century. Worldwatch Paper 169. Washington 2004.

[8] Smolec W., Fototermiczna konwersja energii słonecznej. PWN, Warszawa 2000.

[9] Voorspools, K., D'haeseleer, W., The impact of the implementation of cogeneration in a given energetic context. IEEE Transactions on Energy Conversion, No 18, 2003, p. 135-141, DOI: http://dx.doi.org/10.1109/TEC.2002.808332

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 91–106

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.07

Andrey Grishkevich
Politechnika Częstochowska
al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa
e-mail: a.grischkevich@el.pcz.czest.pl, grishkev_ramb@rambler.ru

INTERWAŁOWE OSZACOWANIA WSKAŹNIKÓW NIEZAWODNOŚCI STRUKTURALNEJ SYSTEMÓW ELEKTROENERGETYCZNYCH NA PODSTAWIE METOD OPTYMALIZACJI

Streszczenie. Sformułowano zadanie oszacowania interwałowego wkładu stanu uszkodzenia w wypadkowe wskaźniki niezawodności strukturalnej złożonego systemu w postaci zadania optymalizacji na prostopadłościanie. Zaprezentowano wyniki rozwiązania numerycznego zadań optymalizacji testowych wartości wskaźników niezawodności elementów systemu z wykorzystaniem komputera. Sformułowano zalecenia wyboru początkowych przybliżeń w celu zmniejszenia złożoności optymalizacji.
Słowa kluczowe: bezpieczeństwo energetyczne, niezawodność strukturalna, model Markowa, twierdzenie Becka-Nikela, optymalizacja, eksperyment numeryczny.

INTERVAL ESTIMATIONS FOR STRUCTURE RELIABILITY INDICES OF ELECTRIC POWER SYSTEMS BASED ON OPTIMIZATION METHODS

Abstract. The problem of an interval estimation of the failure states contribution in the resulting reliability indices of a complex system is defined in terms of the optimization problem in a parallelepiped. The resulting numerical solution of the following optimization problem, obtained with the help of the computer and the test data for the reliability indices of the system elements, is presented. The recommendations for choosing the initial approximations with the purpose of reducing the complexity of the optimization process are stated.
Keywords: energy safety, structural reliability, Markow model, theorem Becka-Nickela, optimization, numerical experiment.

Wprowadzenie

Ważnym elementem bezpieczeństwa energetycznego kraju/regionu jest zapewnienie niezawodnego funkcjonowania systemów elektroenergetycznych i nieprzerwanych dostaw energii elektrycznej do odbiorców.

Wskutek awarii systemowych powstają przerwy w zasilaniu energią elektryczną, które mogą doprowadzić do znacznych strat, szacowanych nie tylko pod względem materialnym, ale także pod względem stanu bezpieczeństwa personelu obsługującego i osób będących użytkownikami. 14 sierpnia 2003 roku w największych miastach USA i Kanady doszło do odłączenia zasilania energią elektryczną o czasie trwania kilku sekund [14], co doprowadziło do tak zwanego kaskadowego rozwoju awarii i zniszczeń wielu instalacji. Obszar obejmujący tereny zamieszkane i przemysłowe, które znalazły się bez zasilania energią elektryczną, obejmował ponad 24 tysiące kilometrów kwadratowych. Doszło do zatrzymania pracy ponad 100 elektrowni. Na terytorium zamieszkałym przez około 50 milionów osób na ponad 10 godzin została praktycznie wstrzymana działalność socjalna.

Obliczanie niezawodności strukturalnej systemów elektroenergetycznych

Każdy element $I \in L$ systemu elektroenergetycznego (w zastosowaniu do elektroenergetyki to transformator, wyłącznik itd.) może znajdować się w jednym z czterech stanów. Przyjmujemy założenie, że *In* to stan normalnej pracy elementu I, *Is* – stan między uszkodzeniem elementu i zakończeniem przełączeń operacyjnych, *Ir* – stan remontu awaryjnego elementu, *Im* – stan remontu zapobiegawczego (zamierzonego odłączenia) elementu. Wskaźniki niezawodności $\lambda = (\lambda_i)$ elementu I wyrażają się wektorem

$$\lambda = \lambda_I = (\lambda_i)_{1\times 5} = (LnsI,\ LnmI,\ TsrI,\ TrnI,\ TmnI)\ , \qquad (1)$$

gdzie: *LnsI, LnmI* – parametry strumienia (intensywność) uszkodzeń (przejść od stanu *In* w stan *Is*) i remontów profilaktycznych (*In* → *Im*) elementu *I* odpowiednio; *TsrI*=1/*MsrI*, *TrnI*=1/*MrnI*, *TmnI*=1/*MmnI* – średni czas przełączeń (*Is* → *Ir*), awaryjnego (*Ir* → *In*) i zapobiegawczego (*Im* → *In*) remontów elementu *I* odpowiednio. Przytoczone zależności przedstawiają model Markowa funkcjonowania jednego elementu systemu elektroenergetycznego z punktu widzenia niezawodności.

Wskaźniki niezawodności elementów I, K wyrażają się wektorem

$$\lambda = \lambda_{IK} = \lambda_I \lambda_K = (\lambda_i)_{1\times 10} = \\ =(LnsI,\ LnmI,\ TsrI,\ TrnI,\ TmnI,\ LnsK,\ LnmK,\ TsrK,\ TrnK,\ TmnK). \tag{2}$$

W przypadku trzech lub więcej elementów parametry niezawodności są określone podobnie.

Stan systemu

$$\omega = \{I\alpha \ : \ I \in L,\ \alpha \in \{M,N,R,S\}\} \in \Omega \tag{3}$$

określa się przez stan każdego elementu systemu.

Ustanowione prawdopodobieństwa stanów ze znanymi ograniczeniami spełniają układ równań [4, 6, 9]

$$\begin{cases} P_{1\times n} A^T_{n\times n} = O_{1\times n}\ (A_{n\times n} P_{n\times 1} = O_{n\times 1}), \\ P_{1\times n} I_{n\times 1} = 1, \end{cases} \tag{4}$$

gdzie: n – liczba rozpatrywanych stanów; $P = (p_i)$ – wektor, którego i-m członem jest p_i, tj. stacjonarne prawdopodobieństwo znalezienia się w i-m stanie; O – wektor zerowy; $A^T_{n\times n}$ – interwałowa macierz intensywności przejść; $A_{n\times n} = (a_{ij})$ – macierz transponowana interwałowa intensywności przejść, której elementy

$$\begin{cases} a_{ij} = \lambda_{ij} \text{ przy } i \neq j, \\ a_{ii} = -\sum\limits_{j\neq i} \lambda_{ij}, \end{cases} \tag{5}$$

wyraża się przez λ_{ij} – intensywności przejść od stanu i w stan j. Macierz intensywności modelu funkcjonowania jednego elementu systemu elektroenergetycznego (4 rzędu) uwzględniona w [18], dwóch elementów (15 rzędu) – w [16], trzech elementów (54 rzędu) – w [8, 17]. W niniejszej pracy badano podstawowe wersje modeli funkcjonowania dwóch i trzech elementów z punktu widzenia ich niezawodności.

Prawdopodobieństwa stacjonarne stanów $P\omega = P\omega(\lambda)$, $\omega \in \Omega$ w układzie równań (4) są funkcjami parametrów $\lambda = (\lambda_i)$. W przypadku modeli funkcjonowania jednego elementa rozpatrują się funkcje

$$P\omega(\lambda) = P\omega(\lambda_I),\ \omega \in \{In, Is, Ir, Im\}, \tag{6}$$

w przypadku modeli funkcjonowania dwóch elementów –

$$\begin{gathered} P\omega(\lambda) = P\omega(\lambda_I \lambda_K), \\ \omega \in \{PIsKm, PIrKm, PIsKr, PIrKr, PImKr, PIsKs, PIrKs, PImKs\}, \end{gathered} \tag{7}$$

w przypadku modeli funkcjonowania trzech elementów –

$$\begin{gathered} P\omega(\lambda) = P\omega(\lambda_I \lambda_K \lambda_O), \\ \omega \in \{PIsKmOs, PIrKmOs, PIsKrOs, PIrKrOs, PImKrOs, PIsKsOs, \\ PIrKsOs, PImKsOs, PIsKmOr, PIrKmOr, PIsKrOr, PIrKrOr, \\ PImKrOr, PIsKsOr, PIrKsOr, PImKsOr, PIsKrOm, PIrKrOm, \\ PIsKsOm, PIrKsOm\}. \end{gathered} \tag{8}$$

Zadanie oszacowania niezawodności systemu elektroenergetycznego metodą przestrzeni stanów (procesów Markowa) [3, 4] polega na określeniu asymptotycznych wartości wskaźników niezawodności strukturalnej:

1. Prawdopodobieństwo stanu uszkodzenia systemu P_F

$$P_F = \sum_{\omega \in \Omega_F} P_\omega, \tag{9}$$

gdzie: P_ω – prawdopodobieństwo przebywania systemu w stanie ω, $\Omega_F \subseteq \Omega$ – podzbiór stanów uszkodzenia systemu.

2. Średni parametr strumienia (intensywność) uszkodzenia systemu f_F (częstotliwość powstania stanu uszkodzenia systemu)

$$f_F = \sum_{\omega \in \Omega_F} f_\omega = \sum_{\omega \in \Omega_F} P_\omega \Big(\sum_{\nu \in \Omega_W} \lambda_{\omega\nu} \Big), \tag{10}$$

gdzie: f_ω – intensywność przejścia systemu w stan ω, $\lambda_{\omega\nu}$ – intensywność przejść systemu ze stanu ω w stan ν, $\Omega_W \subseteq \Omega$ – podzbiór stanów pracy systemu.

3. Średni czas trwania stanu uszkodzenia systemu T_F

$$T_F = P_F / f_F, \tag{11}$$

który jest równy średniej długotrwałości przebywania systemu w stanie awaryjnym Ω_F.

4. Średni czas pracy bezawaryjnej systemu T_W

$$T_W = (1 - P_F) / f_F \,, \tag{12}$$

który jest równy wartości średniej czasu przebywania systemu w stanie pracy Ω_W.

Obliczenia niezawodności są zwykle ograniczone rozpatrzeniem stanów uszkodzenia jednego, dwóch lub trzech elementów.

Oszacowania interwałowe wskaźników niezawodności strukturalnej stanów

Dane liczbowe, szczególnie obejmujące wskaźniki niezawodności elementów, są bardzo umowne. Logicznie jest uznawać, że wskaźniki niezawodności λ elementów znane są z pewną niepewnością, którą będziemy zakładać jako interwałową (przedziałowa)

$$\lambda_{\min,i} \le \lambda_i \le \lambda_{\max,i} \,. \tag{13}$$

Interwal $[\lambda_{\min,i}, \lambda_{\max,i}]$ określa się za pomocą parametrów λ_i^c, ε

$$[\lambda_{\min,i}, \lambda_{\max,i}] = [\lambda_i^c (1 - \varepsilon), \lambda_i^c (1 + \varepsilon)] \quad (\lambda_i^c = \frac{\lambda_{\min,i} + \lambda_{\max,i}}{2}), \tag{14}$$

lub za pomocą zmiennej warunkowej $\lambda^0 = (\lambda_i^0)$,

$$\lambda_i = \lambda_{\min i} + (\lambda_{\max i} - \lambda_{\min i})\lambda_i^0 \;\; (\lambda_i^0 = \frac{\lambda_i - \lambda_{\min i}}{\lambda_{\max i} - \lambda_{\min i}}), \lambda_i^0 \in [0,1] \,. \tag{15}$$

Korzystanie ze zmiennej λ^0 jest bardzo wygodnie w opisie rozwiązań w granicznych punktach interwałów danych.

Niepewność powinna być także cechą prawdopodobieństw stanów (wskaźników niezawodności strukturalnej systemu)

$$P_{\min\omega} \le P_\omega \le P_{\max\omega} \,, \tag{16}$$

uzyskanych za pomocą metod obliczeniowych na podstawie danych początkowych. W związku z tym okazuje się ważny rozwój metod otrzymywania oszacowań interwałowych wskaźników niezawodności strukturalnej z przyjętymi założeniami nieokreśloności początkowych danych [6].

Interwałowe oszacowania formuł o postaci cząstkowej w obliczeniach niezawodności strukturalnej rozpatrzono w [1, 5, 12].

Podstawowym podejściem otrzymywania interwałowych ocen staje się metoda Monte Carlo (statystycznego modelowania) [9]. Jednakże jest ona bardzo pracochłonna. Do tego potrzeba wykorzystać zasoby obliczeniowe superkomputerów z odpowiednim oprogramowaniem i dobre generatory liczb losowych (generowania długich niepowtarzalnych ciągów liczb).

W przypadku monotoniczności funkcji $P\omega(\lambda)$ oszacowania interwałowe wskaźników niezawodności strukturalnej osiąga się na granicach interwałów danych początkowych. To twierdzenie, znane jako twierdzenie Becka-Nikela [19, 241, twierdzenie 5.3.4], jest słuszne w przypadku modeli funkcjonowania jednego elementu [2]. Statystyczne próby [9, 10] nie zaprzeczyły twierdzeniu Becka-Nikela, dotyczącego modeli funkcjonowania dwóch i trzech elementów. Takie wyniki pozwalają wystarczająco skutecznie otrzymywać oceny interwałowe metodą przeszukiwania wartości granicznych interwałów danych początkowych [10]. W obecnym artykule bada się możliwości obniżenia pracochłonności otrzymywania wskazanych ocen interwałowych przez wykorzystanie metod optymalizacji. Zaletą proponowanego podejścia stała się możliwość przeprowadzenia obliczeń na komputerze osobistym (bez wykorzystania superkomputera).

Optymalizacyjne podejście do otrzymywania interwałowych oszacowań wskaźników niezawodności strukturalnej stanów

Jako oszacowanie interwałowe prawdopodobieństwa stanu ω można przyjąć rozwiązania następujących zadań optymalizacji

$$P_{\min,\omega} = \min_{\forall \lambda_i \in [\lambda_{\min,i}, \lambda_{\max,i}]} P_\omega(\lambda) = \min_{\forall \lambda_i^0 \in [0,1]} P_\omega(\lambda^0), \tag{17}$$

$$P_{\max,\omega} = \max_{\forall \lambda_i \in [\lambda_{\min,i}, \lambda_{\max,i}]} P_\omega(\lambda) = \max_{\forall \lambda_i^0 \in [0,1]} P_\omega(\lambda^0). \tag{18}$$

Tak więc, znajdowanie oszacowania interwałowego (16) sprowadza się do dwukrotnego rozwiązania zadania optymalizacji funkcji $P\omega(\lambda)$ (17), (18) na prostopadłościanie wielowymiarowym $\lambda_{\min} \le \lambda \le \lambda_{\max}$.

Znajdywanie maksimum w wyrażeniu (18) można zastąpić znajdywaniem minimum po zmianie znaku w wyrażeniu (4), tj. znalezienia minimum rozwiązania układu

$$\begin{cases} P_{1\times n} A^T_{n\times n} = O_{1\times n} \; (A_{n\times n} P_{n\times 1} = O_{n\times 1}), \\ P_{1\times n} I_{n\times 1} = -1. \end{cases} \tag{19}$$

W przypadku znajdywania oszacowań interwałowych stanów jednego, dwóch albo trzech elementów funkcja celu zadania optymalizacji (17) może być wrażona odpowiednio przez (6), (7) i (8).

Dalsze badanie przedstawionego podejścia wymaga wyboru oprogramowania do rozwiązania problemu optymalizacji (17) i przeprowadzenia eksperymentów numeryczych na komputerze.

Eksperyment numeryczny

Dane testowe wskaźników niezawodności elementów *I, K, O* (parametr λ_i^c) są wzięte z [7, 11]. Przyjmiemy 10% nieokreśloność wskaźników niezawodności (tabela 1) (parametr ε=0,1 w wyrażeniu (14)).

Tab. 1. Wskaźniki testowe przedziałowe niezawodności elementów systemu elektroenergetycznego

Element		***I***	***K***	***O***
Lns	1/ *rok*	[0,009;0,011]	[0,036;0,044]	[0,018;0,022]
Lnm	1/ *rok*	[1,98;2,42]	[0,9;1,1]	[5,67;6,93]
Tsr	*godz.*	[1,8;2,2]	[1,8;2,2]	[1,8;2,2]
Trn	*godz.*	[10,251;12,529	[1,971;2,409]	[197,1;240,9]
Tmn	*godz.*	[7,164;8,756]	[6,3;7,7]	[10,638;13,002]

Iloczyn kartezjański wskazanych przedziałów przedstawia obszar optymalizacji zadań (17) i (18). Jest to prostopadłościan w przestrzeni pięciowymiarowej utworzony z parametrów elementu *I* (z parametrów elementów *I*, *K* w przestrzeni dziesięciowymiarowej; z parametrów elementów *I*, *K*, *O* w przestrzeni piętnastowymiarowej).

Rozwiązywanie zadań optymalizacji (17), (18) wykonywano na komputerze za pomocą procedury minbleicoptimize( ) w wersji języka programowania C++ z pakietu programów ALGLIB [15]. W celu znajdywania funkcji celu (6), (7), (8) rozwiązywano systemy równań liniowych (4), (19) z użyciem procedury rmatrixsolve() pakietu programów ALGLIB. Funkcja minbleicoptimize() stosowała różniczkowanie numeryczne w celu znajdywania gradientu funkcji celu.

Jako parametry procedury minbleicoptimize( ) były brane wartości

$$\begin{gathered}\text{epsg=1e-014; epsf=0; epsx=0;}\\ \text{epso=1e-012; epsi=1e-013;}\end{gathered} \tag{20}$$

diffstep=1e-007 (diffstep=1e-008);

w modelach funkcjonowania dwóch elementów skala zmiennych wynosiła

```
real_1d_array s = "[
1,1,100000000000000,
100000000000000, 100000000000000,
1,1,100000000000000,
100000000000000, 100000000000000
]";
```
(21)

w modelach funkcjonowania trzech elementów –

```
real_1d_array s = "[
1,1,1000000000000000,
1000000000000000,1000000000000000,
1,1,1000000000000000,
1000000000000000,1000000000000000,
1,1,1000000000000000,
1000000000000000,1000000000000000
]";
```
(22)

W tabeli 2 przedstawiono wyniki rozwiązywania problemów optymalizacji (17), (18) na prostopadłościanie wielowymiarowym (tabela 1) w przypadkach stanów jednego (model funkcjonowania jednego elementu), dwóch (model funkcjonowania dwóch elementów) i trzech (model funkcjonowania trzech elementów) elementów.

Tab. 2. Rozwiązanie problemów optymalizacyjnych (17), (18) stanów ω modeli jedno-, dwu- i trzyelementowych

Pω	$[\arg\min P_\omega(\lambda^0), \arg\max P_\omega(\lambda^0)]$
PIm	[10001,01110]
PIn	[11000,00111]
PIr	[01010,10101]
PIs	[01100,10011]
PIm+ PIr	[00011,11100]
PIsKm	[0110010001,1001101110]
PIrKm	[0101010001,1010101110]
PIsKr	[0110001110,1001110001]

Pω	[arg min $P_\omega(\lambda^0)$, arg max $P_\omega(\lambda^0)$]
PIrKr	[0111001110,1000110001]
PImKr	[1000101010,0111010101]
PIsKs	[0110001100,1001110011]
PIrKs	[0111001100,1000110011]
PImKs	[1000101100,0111010011]
PIrKm+PIrKr+PImKr	[0001100011,1110011100]
PIsKm+PIsKr	[0110000011,1001111100]
PIsKm+PIsKr+PIrKs+PImKs	[0011100111,1100011000]
PIsKmOs	[011001000101100, 100110111010011]
PIrKmOs	[010101000101100, 101010111010011]
PIsKrOs	[011000111001100, 100111000110011]
PIrKrOs	[011100111001100, 100011000110011]
PImKrOs	[100010101001100, 011101010110011]
PIsKsOs	[011000110001100, 100111001110011]
PIrKsOs	[011100110001100, 100011001110011]
PImKsOs	[100010110001100, 011101001110011]
PIsKmOr	[011001000101010, 100110111010101]
PIrKmOr	[010101000101010, 101010111010101]
PIsKrOr	[011000111001010, 100111000110101]
PIrKrOr	[011100111001010, 100011000110101]
PImKrOr	[100010101001010,

Pω	[arg min $P_\omega(\lambda^0)$, arg max $P_\omega(\lambda^0)$]
	011101010110101]
PIsKsOr	[011000110001010, 100111001110101]
PIrKsOr	[011100110001010, 100011001110101]
PImKsOr	[100010110001010, 011101001110101]
PIsKrOm	[011000101010001, 100111010101110]
PIrKrOm	[010100101010001, 101011010101110]
PIsKsOm	[011000110010001, 100111001101110]
PIrKsOm	[010100110010001, 101011001101110]
PIrKrOr+PIrKrOm+PIrKmOr+PImKrOr	[000110001100011, 111001110011100]
PIsKrOr+PIsKrOm+PIsKmOr	[011000001100011, 100111110011100]
PIrKsOs+PImKsOs	[000110110001100, 111001001110011]
PIsKrOr+PIrKsOr+PIsKrOm+ PIsKmOr+PIrKsOm+PImKsOr	[001110011100011, 110001100011100]
PIrKsOs+PIsKrOs+PIsKmOs+ PImKsOs	[001110011101100, 110001100010011]
PIsKrOr+PIrKsOs+PIsKmOr+ PIsKrOm+PImKsOs	[001110011100111, 110001100011000]
PIsKrOr+PIrKsOr+PIsKrOm+ PIsKmOr+PIrKsOm+PImKsOr+ PIrKrOs+PIrKmOs+PImKrOs	[001110011100111, 110001100011000]
PIrKsOs+PIsKrOs+PIsKmOs+ PImKsOs+PIsKsOr+ PIsKsOm	[001110011100111, 110001100011000]

W procesie eksperymentów numerycznych nie znaleziono lokalnych optimów w wewnętrznych punktach obszaru optymalizacji. Optymalne rozwiązania zadań optymalizacji otrzymywane na granicznych wartościach interwałów (przedziałów) optymalizacji (tabela 2) i zgadzają się z rozwiązaniami, otrzymywanymi przez kombinacje granicznych wartości interwałów danych początkowych [10].

Jeśli weźmiemy pod uwagę optymalne rozwiązanie w postaci liczby binarnej, to z wykorzystaniem bitowej operacji alternatywy wykluczającej "^" (bitowa suma modulo 2) można otrzymać

$$\arg\min P_{\omega}(\lambda^0) \wedge \arg\max P_{\omega}(\lambda^0) = 11\ldots1\,. \tag{23}$$

Tj. minimum i maksimum funkcji celu znajdują się w przeciwległych wierzchołkach prostopadłościanu wielowymiarowego obszaru optymalizacji. Może to być wykorzystane do wyboru początkowego przybliżenia podczas inicjalizacji metod optymalizacji.

Rozważamy rozwiązywania problemów optymalizacji:

$$\begin{aligned} PIrKm &\in [1.917230626\text{e-}009,\ 4.680891788\text{e-}009],\\ PIrKr &\in [8.506673238\text{e-}011,\ 1.900155993\text{e-}010],\\ PImKr &\in [7.848752145\text{e-}009,\ 1.898038447\text{e-}008],\\ PIrKm+PIrKr+PImKr &\in [9.855221017\text{e-}009,\ 2.384120166\text{e-}008]. \end{aligned} \tag{24}$$

Zgodnie z zasadami działań nad liczbami interwałowymi [13], mamy

$$\begin{gathered} [PIrKm]+[PIrKr]+[PImKr]=\\ [1.917230626\text{e-}009 + 8.506673238\text{e-}011 + 7.848752145\text{e-}009,\\ 4.680891788\text{e-}009 + 1.900155993\text{e-}010 + 1.898038447\text{e-}008]=\\ [9.851049503\text{e-}009,\ 2.385129186\text{e-}008]. \end{gathered} \tag{25}$$

Spełnione jest zawieranie

$$\begin{gathered} [9.855221017\text{e-}009,\ 2.384120166\text{e-}008]\subseteq\\ [9.851049503\text{e-}009,\ 2.385129186\text{e-}008]. \end{gathered} \tag{26}$$

Zatem przedział oszacowania wartości *PIrKm+PIrKr+PImKr* przez wartość $[PIrKm]+[PIrKr]+[PImKr]$ okazuje się zawyżony. To wynika z położenia optymalnych rozwiązań do *PIrKm, PIrKr, PImKr* w różnych wierzchołkach prostopadłościanu wielowymiarowego (tabela 2). Wskazaną informację należy uwzględniać w interwałowym uogólnieniu formuł (9) i (10).

Wybór początkowych przybliżeń metod optymalizacji

Porównanie ilości operacji przez mietodę przelicznia możliwych kombinacji wartości krańców interwałów danych początkowych i metod optymalizacji z różnym wyborem początkowych przybliżeń oparto na zliczeniu liczby rozwiązań układów równań liniowych (tabela 3).

Tab. 3. Liczba rozwiązań układu równań liniowych (4), (19)

Pω	**Przeliczne kombinacji granicznych wartości interwałów danych początkowych**	**Metoda wyboru przybliżeń początkowych**			
		1	**2**	**3**	**4**
Pm	32	427	233	28	430
PIn	32	432	230	28	424
PIr	32	436	232	28	536
PIs	32	410	219	28	398
PIsKm	1024	1242	645	48	1388
PIrKm	1024	1263	666	48	1388
PIsKr	1024	1159	593	48	1104
PIrKr	1024	1205	637	48	1322
PImKr	1024	1301	664	48	1434
PIsKs	1024	1344	696	48	1482
PIrKs	1024	1163	616	48	1320
PImKs	1024	1280	664	48	1497
PIsKmOs	32768	2757	1428	68	3010
PIrKmOs	32768	2230	1149	68	2514
PIsKrOs	32768	2431	1234	68	2407
PIrKrOs	32768	2226	1178	68	2295
PImKrOs	32768	2529	1314	68	2691
PIsKsOs	32768	2555	1327	68	2686
PIrKsOs	32768	2474	1271	68	2762
PImKsOs	32768	2901	1469	68	3158

Pω	**Przeliczne kombinacji granicznych wartości interwałów danych początkowych**	**Metoda wyboru przybliżeń początkowych**			
		1	**2**	**3**	**4**
PIsKmOr	32768	2401	1250	68	2530
PIrKmOr	32768	2343	1223	68	2592
PIsKrOr	32768	2273	1155	68	2530
PIrKrOr	32768	2419	1293	68	2606
PImKrOr	32768	2376	1190	68	2505
PIsKsOr	32768	2653	1343	68	2844
PIrKsOr	32768	2380	1258	68	2666
PImKsOr	32768	2500	1252	68	2661
PIsKrOm	32768	2245	1174	68	2407
PIrKrOm	32768	2148	1108	68	2376
PIsKsOm	32768	2586	1327	68	2777
PIrKsOm	32768	2212	1172	68	2467

Używano różne metody wyboru przybliżeń początkowych.

Metoda 1. Procedura optymalizacji do zadań (17) i (18) zaczyna się od wartości λ^c.

Metoda 2. Do zadania (17) procedura optymalizacji zaczyna się od wartości λ^c. Do zadania (18), jako początkowa wartość, jest wybrana wartość wierzchołka prostopadłościana wielowymiarowego przeciwległa w stosunku do otrzymywanej na etapie rozwiązywania zadania (17).

Metoda 3. Ocenia się przyrost funkcji

$$\frac{\Delta_{\lambda_i} P_\omega}{\Delta \lambda_i} \tag{27}$$

w pewnym punkcie obszaru optymalizacji, na przykład $\lambda = \lambda^c$. Jeżeli

$$\frac{\Delta_{\lambda_i} P_\omega}{\Delta \lambda_i} > 0, \tag{28}$$

to w charakterze współrzędnej i początkowego przybliżenia rozwiązania zadania minimalizacji (17) (zadania maksymalizacji (18)) wybiera się

$\lambda_{\min,i}$ ($\lambda_{\max,i}$), w przeciwnym przypadku – $\lambda_{\max,i}$ ($\lambda_{\min,i}$). Modeluje się przypadek «najpomyślniejszego przewidywania albo najmniejszej liczby kroków optymalizacji».

Metoda 4. Wybór realizuje się przeciwnie do przypadku 3. Modeluje się przypadek «najbardziej niepomyślnego przewidywania albo największej liczby kroków optymalizacji».

W przypadku modeli funkcjonowania jednego elementu nie zaleca się stosowania metod optymalizacji. Metoda optymalizacji nie prowadzi do zmniejszenia liczby iteracji. Rozwiązywanie 32 układów równań liniowych 4 rzędu nie jest trudne.

W przypadku modeli funkcjonowania dwóch elementów zaleca się stosowanie metody optymalizacji z przewidywaniem punktu ekstremum. W przypadku niefortunnego przewidywania nieznaczne zwiększenie liczby iteracji jest kompensowane przez znaczne zmniejszenie liczby iteracji – w przypadku pomyślnego przewidywania.

W przypadku modeli funkcjonowania trzech elementów zaleca się stosowanie metod optymalizacji. Wtedy zastosowanie metod optymalizacji zapewnia wystarczająco wyraźną przewagę każdemu wyborowi punktów startowych, ale wymaga strojenia skali zmiennych (22) i parametrów procedury (20).

Kroki procedury optymalizacji modeli funkcjonowania dwóch i trzech elementów służą w charakterze dodatkowej kontroli na obecność ekstremów lokalnych wewnątrz obszarzu optymalizacji (w odniesieniu do mietod przebierania możliwych kombinacji wartości krańców interwałów danych początkowych). W celu praktycznego wykorzystania metod optymalizacji zaleca się wbudować w program komputerowy blok dodatkowej analizy na wypadek wykrycia ekstremów lokalnych wewnątrz obszarzu optymalizacji.

Wnioski

1. Rozwiązywanie problemów optymalizacji nie zaprzeczyło twierdzeniu Becka-Nikela w przypadkach modeli dwóch i trzech elementów. Wyniki eksperymentu wskazują na monotoniczność funkcji celu optymalizacji.
2. Metody optymalizacji zaleca się wykorzystywać do poszukiwania oszacowań interwałowych prawdopodobieństw stanów dwóch lub trzech elementów systemów elektroenergetycznych.
3. Przedziałowe oszacowanie prawdopodobieństwa sumy stanów jest efektywniejsze (ma mniejszą średnicę) w porównaniu z sumą przedziałów oszacowań poszczególnych stanów tego samego zestawu elementów systemu.

Literatura

[1] Bai X., Asgarpoor S., Fuzzy-based approaches to substation reliability evaluation, Electric power system research, № 69, 2004, p. 197-204, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.epsr.2003.08.011

[2] Burmutajew A.E., Oszacowanie niezawodności strukturalnej kompleksów elektrotechnicznych i układów dostarczania energii (streszczenie pracy doktorskiej), The Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratów, 2011, http://www.sstu.ru/files/aspirantura/Burmutaev-130212.doc (data dostępu: 7.07.2014).

[3] Dhillon B.S., Singh C., Engineering Reliability: New Techniques and Applications, John Wiley and Sons, New York, 1981.

[4] Endrenyi J., Reliability Modeling in Electric Power Systems, John Wiley and Sons, New York, 1978.

[5] Filipiak S., Methods of reliability estimations of high/medium voltage electrical substations, Numerical Methods and Computer Systems in Automatic Control and Electrical Engineering, Częstochowa University of Technology, Częstochowa, 2005, s. 97-102.

[6] Ge H., Asgarpoor S., Reliability evaluation of equipment and substations with fuzzy Markov processes, IEEE Transactions on Power Systems, Vol 25, No 3, 2010, p. 1319-1328, DOI: http://dx.doi.org/10.1109/TPWRS.2009.2038387

[7] Grishkevich A.A., Combinatory methods of research of extreme structures of mathematical models of electric circuits and systems, Publishing house JuUrGu, Chelyabinsk, 2004.

[8] Grishkevich A., Burmutaew A., Modelling the organization of maintenance and emergency repairs for calculating the reliability of electric power systems, The issue of renewable energy sourences, operating torecasting in electric power systems, Sekcja Wydawnictwa Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2010, p. 97-104.

[9] Grishkevich A., Burmutaev A., Modelowanie statystyczne oszacowań interwałowych wskaźników niezawodności strukturalnej układów elektrycznych, Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), Vol R88, Nr 8, 2012, p. 77-79.

[10] Grishkevich A., Grishkevich M., Interwałowe oszacowania wskaźników niezawodności strukturalnej systemów elektroenergetycznych, Przegląd Elektrotechniczny (Electrical Review), Vol R90, Nr 6, 2014, p. 249-252.

[11] Grishkevich A.A., Hudym V.I., Kruczinin A.M., Sawicki A., Zagadnienia energetyczne wybranych współczesnych urządzeń i systemów elektrostalowniczych, Seria Monografie Nr 195, Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa, 2010.

[12] Grishkevich A.A., Piątek Ł., Burmutaew A., Метод интервальной оценки показателей структурной надежности схем систем электроснабжения, Proceedings of the Fifth International Scientific Symposium ELEKTROENERGETIKA 2009, Technical University of Kosice, Slovakia, 2009, p. 302-304.

[13] Jaulin L., Kieffer M., Didrit O., Walter E., Applied interval analysis, Springer, London, 2001,
DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4471-0249-6
http://www.nsc.ru/interval/Library/ApplBooks/ApIntAnal.pdf (data dostępu: 7.07.2014).

[14] http://en.wikipedia.org/wiki/Northeast_blackout_of_2003, Northeast blackout of 2003 (data dostępu: 7.07.2014).

[15] http://www.alglib.net/, ALGLIB cross-platform numerical analysis and data processing library (data dostępu: 7.07.2014).

[16] Гришкевич А.А., Бурмутаев А.Е., Аналитические формулы для вычисления вклада сечений в результирующие показатели надежности, Синтез, анализ и диагностика электронных цепей, Вып 7, УлГТУ, Ульяновск, 2009, с. 113–117.

[17] Гришкевич А.А., Бурмутаев А.Е., Компьютерая модель функционирования трех элементов электрической системы с точки зрения надежности, Синтез, анализ и диагностика электронных цепей, Вып 8, УлГТУ, Ульяновск, 2010, с. 131–142.

[18] Гришкевич А.А., Бурмутаев А.Е., Учет вклада состояний отказа в результирующие показатели надежности на основе решения уравнений Колмогорова для предельных вероятностей состояний, Обозрение прикладной и промышленной математики, Том 16, Вып 1, 2009, с. 111-112.

[19] Шарый С.П., Конечномерный интервальный анализ, Институт вычислительных технологий СО РАН, 2013,
http://www.nsc.ru/interval/Library/InteBooks/SharyBook.pdf (data dostępu: 7.07.2014).

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 107–112

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.08

Imrich Jenča
Univerzita sv. Cyrila a Metoda Trnava
Nám. J. Herdu 2, 917 01 Trnava
e-mail: im.jenca@gmail.com

SPECYFIKA KOMUNIKACJI ZESPOŁÓW RATOWNICZYCH Z MEDIAMI PODCZAS INTERWENCJI ORAZ PO NIEJ

Streszczenie. Praca jednostek ratowniczych podczas wykonywania ich obowiązków jest dla mediów interesująca, z medialnego punktu widzenia jest to relacja z dramatycznych wydarzeń, czemu towarzyszy mocny materiał wizualny. Do elementów autentyzmu należą nie tylko ujęcia z miejsca zdarzenia, ale również wypowiedzi uczestników interwencji, świadków wydarzenia lub poszkodowanych. Właśnie w tych obszarach najczęściej podczas interwencji naruszane jest prawo do prywatności, domniemanie niewinności itp. Dowódca interwencji często nie zdaje sobie sprawy, że jedną rzeczą jest zgoda na obecność mediów na miejscu zdarzenia lub bezpośrednio po nim, ale inna sprawa to kontrola nad ich działaniem. Chociaż odpowiedzialność za treść komunikatu ponoszą media, zespół ratowniczy powinien dbać o to, aby obecność mediów nie zwiększała traumy poszkodowanych.
Słowa kluczowe: jednostki ratownicze, dramatyczne informacje, ochrona tożsamości, trauma.

SPECIFICS OF COMMUNICATION BETWEEN RESCUE TEAMS AND MEDIA DURING AFTER THE INTERVENTIONS

Abstract. The work of rescue forces during their activities is very interesting for the media. In terms of media it is dramatic news with a strong visual component. Authentic elements of the event include not only editorial images of the event of interest, but also interviews with participants of the intervention, witnesses of the event or even affected individuals. And during interventions, these are the areas where most frequently violations of the right to privacy and the presumption of innocence and the like occur. The chief of the intervention often does not realize that it does not only involve the consent to the presence of the media at the site of the incident or immediately after, but also the

control over their action. Although only the media carry the responsibility for the content of news, the rescue team should consider that the involvement of the media must not increase the trauma of affected individuals.
Keywords: rescue forces, dramatic news, right, trauma.

Stopień zainteresowania mediów danym wydarzeniem określają w teorii komunikacji masowej tzw. wartości prasowe. Jest to zbiór atrybutów, którymi dane wydarzenie musi się charakteryzować, aby końcowy produkt pracy dziennikarza osiągnął oczekiwany stopień zainteresowania publiczności. Pomimo faktu, iż istnieje kilka tego typu teorii, we wszystkich na pierwszym miejscu występuje negatywność, dramatyczność, akcja (to nie przez przypadek światowe konkursy fotograficzne wygrywają ciekawe ujęcia wydarzeń dramatycznych, pokój, jeśli można się tak wyrazić, jest niefotogeniczny; co następnie przenosi się na medialne wiadomości z życia codziennego). Oprócz tego wydarzenie samo w sobie musi rozwijać się w czasie, który koresponduje ze sformalizowanym sposobem postępowania redakcji podczas zbierania i przetwarzania informacji w poszczególnych typach mediów (zgoda na produkcję i zamknięcie medialnego produktu). Równie ważną cechą jest odległość miejsca zdarzenia od miejsca, w którym znajdują się media. Im większa odległość miejsca zdarzenia od siedziby mediów (stacji telewizyjnej), inne cechy uzyskują większą wagę – wypadek samochodowy bez poważniejszych konsekwencji, do którego doszło w pobliżu redakcji, ma z pewnością większą szansę na pojawienie się w wiadomościach niż podobny wypadek, który wydarzył się w bardziej oddalonym miejscu. Istotnym kryterium jest także sezonowość. W sezonie wakacyjnym zwykły wypadek drogowy posiada inną „wartość" prasową niż ten sam wypadek w okresie obfitującym w wydarzenia medialne. A więc stopień zainteresowania mediów danym wydarzeniem wyznacza połączenie różnych cech reporterskich.

Zainteresowanie mediów dramatycznymi wydarzeniami jest przez kierownictwo mediów oraz samych redaktorów usprawiedliwiane najbardziej znaczącą wartością prasową – istotnością wydarzenia. Gdyby reporterzy rzeczywiście kierowali się tą zasadą w praktyce, wypadek nie uzyskałby pierwszeństwa na przykład przed decyzją organów rządowych o ogólnospołecznych konsekwencjach. Jednak biorąc pod uwagę wizualne atrybuty takiego wydarzenia, nie należy ono do najciekawszych. W celu jak najlepszej sprzedaży produktu medialnego, ulega zmianie pewna wartość prasowa wydarzenia – zazwyczaj przypisuje się mu o wiele większe znaczenie niż w rzeczywistości posiada. Dzieje się tak najczęściej w przypadku wypadków drogowych, ponieważ klęski żywiołowe w naszym regionie należą do rzadkości (pomimo zwiększającego się stopnia ich występowania). Wypadek drogowy – najczęściej w podsumowaniu wiadomości w mediach prywatnych – pojawia się na pierwszym miejscu, co jest tłumaczone faktem, iż jego medializacja ma charakter prewencyjny w ramach bezpieczeństwa

drogowego. Podobne uzasadnienie stosuje się dla programów publicystycznych, jak np. Linia 112 (nazwa programu, w tytule którego użyto konkretny numer telefonu alarmowego), które mają ponoć przybliżać między innymi pracę zespołów ratowniczych (przez co omija się zgodę filmowanych osób na publikację ujęć – podczas resuscytacji nic nie wiedzą o ich filmowaniu czy fotografowaniu dla potrzeb mediów). Wszystkie te argumenty wyjaśniają konieczność filmowania miejsca zdarzenia. Jeśli jednak tego typu programy miałyby pełnić funkcję edukacyjną, ich dramaturgia musiałaby wyglądać inaczej, a nie obejmować tylko wybrane ujęcia z miejsca zdarzenia. Dodatkowo do dnia dzisiejszego żadne istotne badanie nie potwierdziło, iż podwyższona medializacja wypadków drogowych (i podobnych zdarzeń) rzeczywiście prowadzi do obniżenia ich ilości. Wprost przeciwnie, w teorii komunikacji masowej występuje termin „znieczulenie", co oznacza osłabienie progu wrażliwości na tematy związane z rożnymi tragediami (zmianie ulega dyferencyjny próg wrażliwości, JND – just noticeable difference).

Nawiązując do tematu artykułu, należy jeszcze wskazać na problematykę ustaw medialnych. Praktycznie żadne z państw przechodzących transformację ustrojową (lub przynajmniej państw V 4) nie opracowało ich w sposób gwarantujący maksymalną ochronę danej osoby. Brak rozwiązania dla tego problemu dodatkowo pogłębia niskie egzekwowanie prawa w wyznaczonym obszarze – jurysdykcja środkowoeuropejska nie ma doświadczenia w kwestii wysokich odszkodowań za naruszenie dóbr osobistych. Dlatego więc w ramach tzw. „ujęć ilustracyjnych" można w miejscu publicznym fotografować lub filmować praktycznie dowolną osobę bez jej zgody. Podobna sytuacja ma miejsce podczas zdarzeń, gdzie anonimowość osób poszkodowanych jest zapewniana jedynie przez rozmycie ujęcia twarzy czy numeru rejestracyjnego pojazdu (a czasami nawet to nie jest przestrzegane – świadomie wykorzystuje się tu niechęć ludzi do wytaczania spraw instytucjom). Istnieje jednak cały szereg innych atrybutów, na podstawie których można zidentyfikować daną osobę – rodzaj środka transportu, trasa, miejsce zdarzenia, ubranie, dane o podróżnych itd. Dlatego więc rodzina osób poszkodowanych może dowiedzieć się o zdarzeniu, jeszcze zanim otrzyma oficjalną informację od organów śledczych czy pracowników interwencyjnych. Jest to szczególnie niezręczne, jeśli poszkodowanymi są dzieci.

Praca powoduje obciążenie psychiczne w przypadku wielu zawodów, najczęściej jednak dzieje się tak w zawodach podwyższonego ryzyka. Członkowie zespołów ratowniczych poddawani są bardzo dużemu naciskowi psychicznemu, który nie wynika jedynie z wykonywanych przez nich obowiązków, a zatem naciskowi będącemu efektem długotrwałego oddziaływania fizycznych i emocjonalnych czynników stresowych. Presja ta jest obecna pomimo szlachetnych celów, jakie przyświecają wyborowi tego zawodu – chęć pracy w zawodzie, który jest postrzegany jako ważny, wymagający odwagi, dający możliwość niesienia pomocy ludziom itd. Codzienna konfrontacja z makrostresorami (konsekwencje stałego niepokoju) w połączeniu z mikrostresorami (długotrwałe

napięcie spowodowane wymogami oraz sposobem organizacji tego typu pracy) prowadzi do chronicznego stresu, którego według T. J. Bernarda (1990) nie da się wyeliminować. W tym miejscu warto odwołać się do badania przeprowadzonego przez S. P. Griffina (2003), który skoncentrował się na zawodzie policjanta – opracowanie tzw. teorii złej agresji (Angry Aggression Theory), która prowadzi do tendencji interpretowania szerszego spektrum zdarzeń jako zagrażającego [1]. Permanentna konfrontacja z negatywnymi zjawiskami w społeczeństwie prowadzi do izolacji społecznej osób pracujących w danym zawodzie, wspierając jednocześnie rozwój wewnętrznej więzi pomiędzy kolegami. Pewną korelację można dostrzec także w przypadku innych zespołów ratowniczych. Zawód strażaka (członka zespołu ratowniczego) różni się od zawodu policjanta, ale stopień stresu może być tak samo duży, chociaż stres jest tutaj uwarunkowany nieco innym czynnikami – długa zmiana, pierwszy kontakt z ofiarami, bezpośredni udział w uwalnianiu osób itd., dlatego obciążenie psychiczne można uznać za takie samo. Obecność mediów na miejscu zdarzenia z pewnością należy do kolejnych, dodatkowych czynników stresowych.

Charakter pracy podczas interwencji określa „rzecznika" zespołu ratowniczego (zaliczamy tutaj lekarzy, jednostki straży pożarnej oraz śledczych pracujących w policji). Kwestie kontaktu z mediami w ramach Ministerstwa Spraw Wewnętrznych Republiki Słowackiej, gdzie należy także Państwowa Straż Pożarna Republiki Słowackiej (HZZ SR), reguluje Biuletyn Ministerstwa Spraw Wewnętrznych Republiki Słowackiej nr 38 z 2004 roku. Jest to jednak dość ogólny przepis wyznaczający krąg osób, które mogą komunikować się z mediami. Biuletyn nie reguluje kwestii dotyczących sposobu i formy komunikacji poszczególnych jednostek zespołów ratowniczych z mediami, a w związku z tym (podczas interwencji) również między sobą. Dlatego też media bardzo często zwracają się do dowódcy interwencji z Państwowej Straży Pożarnej Republiki Słowackiej. Zgodnie z ustawą nr 129/2002 Dz. U. o zintegrowanym systemie ratowniczym to właśnie on zarządza i koordynuje pracę jednostek ratowniczych zintegrowanego systemu ratowniczego. Jest to również związane z faktem, iż po uwolnieniu osób straż pożarna przekazuje miejsce zdarzenia zespołowi medycznemu. W tym czasie śledczy zabezpieczają i dokumentują miejsce zdarzenia. Na usunięcie następstw zdarzenia funkcjonariusze straży pożarnej i ratownicy czekają do zakończenia ich pracy. W tym czasie dowódca interwencji staje się obiektem zainteresowania mediów. Jak wspomniano już wcześniej, praca jednostek ratowniczych podczas wykonywania ich obowiązków jest dla mediów interesująca, ponieważ dramatyczne ujęcia w połączeniu z silnym elementem wizualnym to dobry produkt medialny. Za silny element wizualny uważa się ujęcia pokazujące ślady po wypadku, nawet jeśli w tym miejscu nic się już nie dzieje. Oprócz ujęć reporterskich do elementów miejsca zdarzenia można zaliczyć także wypowiedzi uczestników interwencji, świadków zdarzenia lub poszkodowanych. Elementem potwierdzającym autentyczność zdarzenia w tym przypadku może być wypowiedź

dowódcy interwencji Państwowej Straży Pożarnej Republiki Słowackiej. Należy zdać sobie sprawę, że mediom rzeczywiście zależy tylko na potwierdzeniu autentyczności zdarzenia (postępuje się tak również w przypadku polityków lub przedstawicieli organów państwowych). Opis zdarzeń jest zwykle dodawany do komentarza redaktora lub prowadzącego, z wypowiedzi dowódcy interwencji wybiera się tylko jej część, czasami jest to jedynie krótkie zdanie, które ma zazwyczaj potwierdzić komentarz redaktora. Czas trwania wystąpienia reportera jest ograniczony, dlatego redaktorzy telewizyjni nie potrzebują szczegółowej informacji na temat akcji z ust człowieka, dla którego „czas telewizyjny" nie jest priorytetowy. Nawet jeśli zostanie nagrany cały reportaż, podczas przygotowywania materiału w redakcji wybiera się jedynie jego część. Podobne doświadczenie w kontaktach z mediami ma z pewnością większość ratowników. Redaktorzy obecni na miejscu zdarzenia zazwyczaj realizują stały schemat z ustalonym porządkiem wypowiedzi – redaktor, ratownik, świadek I, świadek II, policjant (lekarz w przypadku śmierci), redaktor. Wszystkie dostępne wypowiedzi muszą się „zmieścić" w limicie czasowym relacji z miejsca zdarzenia dla wiadomości, która w takim przypadku zwykle nie przekracza dwóch minut.

Cytowany przepis nie reguluje kwestii kontaktu z mediami podczas przeprowadzania interwencji, dowódcy zespołów ratowniczych mają ponoć kierować się jedynie wewnętrznymi wytycznymi Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej Republiki Słowackiej. Paradoksalnie jednak wytyczne te są uważane przez kompetentnych pracowników za poufny dokument, który nie jest przeznaczony dla opinii publicznej. Zatem w jakim stopniu zajmują się tą problematyką, można wnioskować jedynie z wybranych ujęć. Prowadzą one do wniosku, iż komunikacja ta nie posiada dokładnie określonych granic. Kamerzyści telewizyjni zwykle filmują twarze uczestników, szczegóły z miejsca tragedii, reakcje poszkodowanych lub żałobników. Jeśli któraś z tych osób nie wyrazi zgody na filmowanie, redakcja zwykle wykorzystuje ujęcia, które zostały nakręcone przed momentem zwrócenia uwagi, iż dana osoba nie zgadza się na filmowanie. Właśnie podczas kontaktu z nimi najczęściej podczas interwencji naruszane jest prawo do prywatności, zasada domniemania niewinności itd. Dowódca interwencji bardzo często nie zdaje sobie sprawy, że czym innym jest zgoda na obecność mediów na miejscu zdarzenia lub bezpośrednio po nim, a czym innym kontrola nad ich działaniem. Pojawia się zatem pytanie, w jaki sposób regulowana jest kwestia obecności mediów na miejscu zdarzenia i kto za tę regulację odpowiada. Obecne ustawodawstwo nie zajmuje się tym problemem. Zgoda udzielona przez dowódcę interwencji w związku z danym zdarzeniem może zostać zrozumiana przez media (i tak też jest rozumiana) jako zgoda na ich działanie na miejscu wypadku. Nawet jeśli odpowiedzialność za treść wiadomości ponosi redakcja, zespół ratowników powinien zadbać o to, aby udział mediów nie przyczynił się do podniesienia traumy osób poszkodowanych lub zainteresowanych. Leży to w jego uprawnieniach. Wyznaczenie miejsca pracy mediów nie powoduje ograniczenia prawa

do informacji, nawet jeżeli dowódca interwencji jest przez to narażony na naciski ze strony mediów. Ustawa 129/2002 Dz. U. o zintegrowanym systemie ratownictwa w § 12 ust. 5 nakłada na osoby fizyczne znajdujące się na miejscu zdarzenia obowiązek podporządkowania się decyzjom i nakazom dowódcy interwencji oraz akceptacji czynności, które są związane z działaniami wykonywanymi przez jednostki ratownictwa zintegrowanego systemu ratowniczego podczas akcji. Pracownicy mediów nie są zwolnieni z przestrzegania powyższego postanowienia, nawet jeśli na miejscu zdarzenia reprezentują instytucję medialną lub oczekują współpracy z tytułu interesu publicznego. Przychylność dla działalności mediów w miejscu pracy zespołów ratowniczych może prowadzić do reakcji, które moglibyśmy nazwać „przemocą klienta" (termin ten jest znany z pracy terenowej pracowników społecznych) [2]. Naruszenie prywatności osób zainteresowanych w miejscu tragedii zwiększa ich stres, co może przerodzić się w agresję fizyczną w stosunku do osób tam obecnych. Kto zatem ponosi odpowiedzialność za taką reakcję? Autor studiów z własnej praktyki redaktorskiej lub pedagogicznej nie zna przepisu prawnego, który traktowałby tę problematykę z perspektywy mediów. Po ukończeniu szkoły praktykę dziennikarską rozpoczynają osoby, które nie są profesjonalnie przygotowane do relacjonowania tego typu wydarzeń.

W Republice Czeskiej pojawiło się już pytanie, w jaki sposób włączyć do akcji ratunkowej na przykład prywatne firmy ochroniarskie. Oczywiście, ich działanie ograniczałoby się jedynie do obiektów przez nie chronionych [3]. Na Słowacji w chwili obecnej nikt nie zajmuje się podobną problematyką, dlatego też można przypuszczać, iż problemy, które zostały poruszone w niniejszym artykule, w dalszym ciągu pozostają nierozwiązane.

Literatura

[1] Cytat: Vasková, K., Zichová, B., Očakávané dôsledky agresie príslušníkov policajného zboru, In: Psychologie práce a organisace 2013, Univerzita Palackého, Olomouc, s. 109-111, ISBN 978-80-244-3916-7.

[2] Lovaš, L., Lovašová S., Klientské násilie v praxi pomáhajúcich profesií a ich zvládanie, In: Psychológia práce a organizácie 2012, Filozofická fakulta UPJŠ v Košiciach, Košice 2013, s. 210-215, ISBN 978-80-8152-086-0.

[3] Klevarová, K., Využití soukromých bezpečnostních služeb při řešení mimořádných událostí, In: Aspekty práce pomáhajících profesií, MANUS, Praha 2011, s. 127-133, ISBN 978-80-86571-12-6.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 113–128

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.09

Joanna Kończyk
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa
e-mail: j.konczyk@ajd.czest.pl

ZASTOSOWANIE CIEKŁYCH MEMBRAN DO SELEKTYWNEGO USUWANIA JONÓW METALI CIĘŻKICH ZE ŚCIEKÓW PRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie. W pracy omówiono procesy ekstrakcyjne oparte na ciekłych membranach, przyciągające dużą uwagę jako ekoprzyjazne techniki separacyjne, które mogłyby zastąpić obecnie stosowane technologie oczyszczania ścieków przemysłowych. Scharakteryzowano ciekłe membrany pod kątem ich budowy oraz możliwości zastosowań do selektywnego wydzielania jonów metali ciężkich, takich jak ołów, kadm, chrom, miedź, nikiel czy cynk, z wodnych roztworów poprodukcyjnych, poświęcając szczególną uwagę polimerowym membranom inkluzyjnym jako pseudo-ciekłym membranom wykazującym najwyższą stabilność działania.
Słowa kluczowe: metale ciężkie, ciekłe membrany, polimerowe membrany inkluzyjne, oczyszczanie ścieków.

APPLICATION OF LIQUID MEMBRANES FOR SELECTIVE HEAVY METALS REMOVAL FROM INDUSTRIAL WASTEWATERS

Abstract. In the present paper, liquid membrane processes as an eco-friendly separation techniques for industrial wastewaters treatment are characterized. Types and construction of liquid membranes, mechanism of liquid membranes transport and also possibilities of their application for selective recovery of heavy metal ions such lead, cadmium, chromium, copper, nickel and zinc from aqueous industrial solutions are described. Special attention to transport across polymer inclusion membranes as a pseudo-liquid membranes with the highest operation stability is paid.
Keywords: heavy metals, liquid membrane, polymer inclusion membrane, wastewater treatment.

Wprowadzenie

Wiele zakładów przemysłowych wraz ze ściekami odprowadza znaczne ilości niebezpiecznych substancji chemicznych, zagrażających zarówno środowisku naturalnemu, jak i zdrowiu człowieka. Aby zapobiec pogarszaniu się stanu wód, Unia Europejska uchwaliła w 2000 roku Ramową Dyrektywę Wodną [1], której celem jest ochrona i poprawa stanu śródlądowych wód europejskich (powierzchniowych i podziemnych) oraz ekosystemów lądowych zależnych od tych wód. Zamysłem twórców tego dokumentu jest osiągnięcia dobrego stanu ekologicznego wód m.in. poprzez eliminację lub ograniczenie emisji najbardziej niebezpiecznych substancji produkowanych przez przemysł, szczególnie tzw. „substancji priorytetowych" oraz substancji zanieczyszczających, do których zaliczane są m.in. metale ciężkie, takie jak ołów, kadm, chrom, miedź, nikiel czy cynk. Spożywanie, rozpuszczonych w wodzie, związków chemicznych tych metali powoduje ich kumulację w organizmie człowieka, co w następstwie prowadzi do wielu poważnych chorób, a nawet śmierci [2].

Oczyszczalnie ścieków znajdujące się w ciągach technologicznych zakładów przemysłowych opierają się na chemicznych i fizykochemicznych procesach usuwania metali ciężkich. Do najczęściej stosowanych metod należą: strącanie chemiczne, koagulacja-flokulacja, flotacja, wymiana jonowa, adsorpcja i biosorpcja, ekstrakcja rozpuszczalnikowa (ciecz-ciecz) oraz techniki membranowe takie, jak ultra- i nanofiltracja oraz odwrócona osmoza czy elektrodializa, jednak każda z tych metod obarczona jest pewnymi wadami z punktu widzenia technologii, ekonomii i ekologii [3, 4]. Pomimo wielu lat badań nad doborem optymalnych warunków efektywnego oczyszczania roztworów technologicznych z metali ciężkich, większość stosowanych metod nie pozwala na redukcję zawartości toksycznych metali do poziomu dopuszczalnego dla ścieków przemysłowych [5]. Przykładowe średnie dobowe stężenia metali ciężkich wprowadzane do kanalizacji wraz ze ściekami pogalwanicznymi zamieszczono w tabeli 1.

Tab. 1. Najwyższe dopuszczalne stężenia w oczyszczonych ściekach przemysłowych w Polsce (NDS) [5] oraz średnie dobowe stężenia wybranych metali ciężkich w ściekach pogalwanicznych (SDS) [6]

Metal	NDS [mg/dm^3]	SDS [mg/dm^3]
Ołów	1,0	1–5
Cynk	5,0	1–100
Kadm	0,4	1–20
Chrom(VI)	0,2	1–20
Chrom ogólny	1,0	1–100
Miedź	1,0	1–100
Nikiel	1,0	1–100

Membrany ciekłe

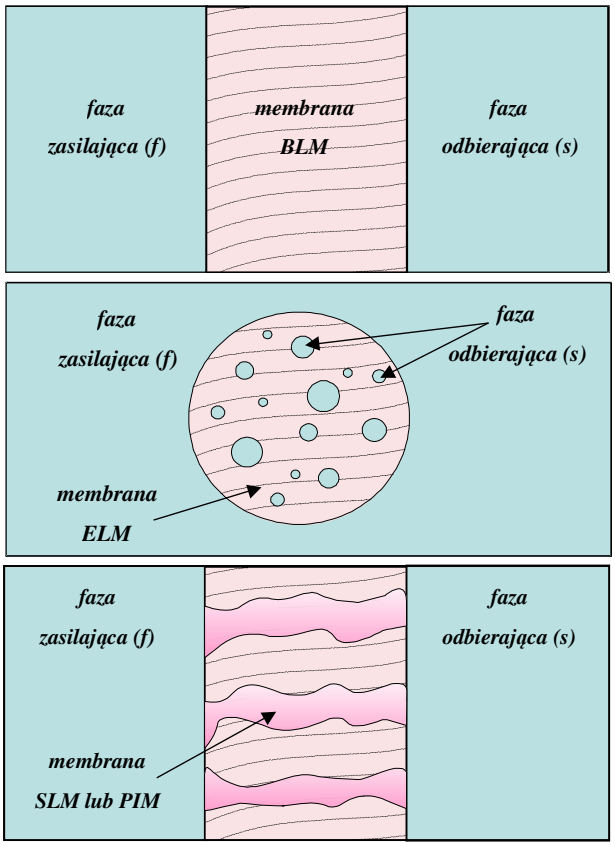
W ostatnich latach podjęto próby praktycznego wykorzystania transportu jonów przez ciekłe membrany (LM, z ang. *liquid membranes*) opartego na procesie pertrakcji, będącym połączeniem ekstrakcji rozpuszczalnikowej z reekstrakcją w jednym etapie.

Ciekła membrana stanowi niemieszającą się z wodą fazę organiczną, rozdzielającą dwie inne fazy ciekłe – fazę zasilającą (donorową) i fazę odbierającą (akceptorową), które zwykle są roztworami wodnymi.

Ze względu na budowę, ciekłe membrany podzielono na:

- ciekłe membrany grubowarstwowe - BLM (ang. *Bulk Liquid Membrane*),
- ciekłe membrany emulsyjne - ELM (ang. *Emulsion Liquid Membrane*),
- ciekłe membrany podparte - SLM (ang. *Supported Liquid Membrane*),
- polimerowe membrany inkluzyjne - PIM (ang. *Polymer Inclusion Membrane*).

Układy z ciekłymi membranami zostały schematycznie przedstawione na rys. 1.



Rys. 1. Schematy układów z ciekłymi membranami typu BLM, ELM, SLM i PIM [7]

Znaczenie praktyczne mają jedynie układy membranowe ELM, SLM i PIM. Mała powierzchnia kontaktu membrany z sąsiadującymi fazami oraz grubość membrany wywołująca dużą retencję transportowanej substancji, a co za tym idzie mała szybkość transportu – uniemożliwiają zastosowanie BLM na skalę przemysłową. Jednak badania transportu substancji przez te membrany w skali laboratoryjnej, podobnie jak ekstrakcja rozpuszczalnikowa, mogą być pomocne w projektowaniu i doborze optymalnych warunków transportu przez ciekłe membrany innego typu.

1. Ciekłe membrany emulsyjne (ELM)

Wady membran grubowarstwowych zostały wyeliminowane w membranach emulsyjnych. Podstawą takiego układu membranowego jest podwójna emulsja typu woda/olej/woda, która powstaje poprzez emulgowanie fazy odbierającej w ciekłej fazie membranowej, a następnie dyspersję otrzymanej emulsji w fazie zasilającej. Dzięki dużej powierzchni i małej grubości ELM, osiągane strumienie transportowanych substancji na jednostkę objętości membrany są wyższe w porównaniu z BLM. Głównym problemem ELM jest brak ciągłości prowadzonego procesu, związany z koniecznością przerwania procesu po nasyceniu fazy odbierającej i rozbicia emulsji na dwie niemieszające się fazy poprzez jej ogrzanie, odwirowanie lub przyłożenie pola elektrycznego.

Ciekłe membrany emulsyjne zostały zastosowane po raz pierwszy na skalę przemysłową w 1986 roku w Lenzing AG w Austrii do usuwania jonów cynku ze ścieków przemysłu tekstylnego. Uruchomiona wówczas instalacja pracowała z wydajnością 75 m^3/h, redukując selektywnie, przy użyciu kwasu pentetynowego, stężenie cynku w ściekach z 500 do 3 ppm. Instalacje wykorzystujące ciekłe membrany typu ELM do usuwania cynku ze ścieków przemysłowych, ale o dużo większej wydajności (od 200 do 700 m^3/h), uruchomiono również w Glanzstoff AG w Austrii, CFK Schwarza w Niemczech oraz AKZO Ede w Holandii [7].

2. Ciekłe membrany podparte (SLM)

Innym rodzajem ciekłych membran posiadających możliwości zastosowań komercyjnych są ciekłe membrany oparte, tzw. SLM, przedstawiane w literaturze także jako ciekłe membrany immobilizowane (ILM). Tego rodzaju membrany oparte są na stałej, porowatej (polimerowej lub ceramicznej) matrycy mającej za zadanie unieruchomienie w swoich porach fazy organicznej oraz rozdzielenie roztworów wodnych, czyli fazy zasilającej i odbierającej. Materiałem stanowiącym matrycę membran opartych są tworzywa sztuczne, takie jak polipropylen, teflon, poliamidy czy modyfikowana celuloza o grubość od 10 do 150 μm i wielkości porów od 0,01 do 1 μm.

W praktyce wykonuje się membrany oparte w postaci płaskich (FSSLM z ang. *Flat Sheet Supported Liquid Membranes*) lub zwijanych arkuszy (SWSLM, ang. *Spiral Wound Supported Liquid Membranes*) oraz włókien kapilarnych (HFSLM, ang. *Hollow Fiber Supported Liquid Membranes).* Zasadniczą zaletą SLM jest ich mała objętość przy jednocześnie dużej powierzchni, a co za tym idzie, bardzo mały (zwykle poniżej 0,001) stosunek objętości fazy organicznej do wodnej [8, 9].

Pierwsza technologia wykorzystująca membrany SLM została uruchomiona i opatentowana w 1997 roku przez firmę Commodore Separation Technologies Inc. do odzyskiwania chromu(VI) z wód zatoki Chesapeake [10]. Od tego czasu trwają intensywne badania nad zastosowaniem tego rodzaju membran do selektywnego wydzielania jonów metali ze ścieków przemysłowych. Jednak z punktu widzenia zastosowań komercyjnych, również membrany SLM obarczone są pewnymi wadami. Podstawowym problemem jest ich niska stabilność spowodowana głównie ubytkiem fazy organicznej wypełniającej pory membrany oraz stosunkowo długa droga dyfuzji tworzącego się kompleksu przenośnik-jon metalu przez membranę. Najlepszą, jak dotąd, stabilność uzyskano dla membrany typu HFSLM nasączonej roztworem LIX 54 w kerozynie zamontowanej w instalacji pilotowej do usuwania jonów miedzi. Tak przygotowana membrana o powierzchni 130 m^2 była stabilna ponad trzy miesiące i pozwoliła na redukcję stężenia miedzi zawartej w 200 litrach ścieków amoniakalnych ze 150 g/l do 50 mg/l w ciągu 55 godzin [11]. Rezultat ten wskazuje na możliwość zastosowania membran typu SLM do wydzielania jonów metali z wodnych roztworów poprodukcyjnych w skali przemysłowej w niedalekiej przyszłości.

3. Polimerowe membrany inkluzyjne (PIM)

W wyniku podjętych wysiłków nad udoskonaleniem SLM opracowano nowy typ ciekłych membran, nazywanych obecnie polimerowymi membranami inkluzyjnymi (PIM).

Po raz pierwszy polimerowe membrany inkluzyjne, jako tzw. SMP (*ang. Solvent Polymeric Membrane*), otrzymał w 1963 roku Bloch [12], wylewając roztwór polimeru i przenośnika na nośniku papierowym. Zastosowanie wzmocnienia papierowego zwiększało wprawdzie własności mechaniczne membrany, ale jednocześnie utrudniało dyfuzję substancji. Technikę Blocha udoskonalił 20 lat później Sugiura [13], wprowadzając do membrany dodatkowy składnik – plastyfikator zwiększający wytrzymałość mechaniczną folii polimerowej na tyle, aby nie było konieczności stosowania nośnika papierowego. Uzyskane w ten sposób membrany charakteryzują się znikomym ubytkiem przenośnika podczas procesu pertrakcji, użyciem niewielkich ilości często niebezpiecznych chemikaliów oraz elastycznością w doborze składu i grubości membrany. Po-

nadto dużo lepsza trwałość, stabilność i selektywność PIM w porównaniu z SLM spowodowały, że stały się one obiektem wielu badań. Wraz z rozwojem przemysłu, m.in. jądrowego i hydrometalurgicznego, nastąpił gwałtowny wzrost badań nad polimerowymi membranami inkluzyjnymi w aspekcie ich zastosowań do wydzielania, rozdzielania i zatężania jonów metali z poprodukcyjnych strumieni odpadowych. Membrany te efektywnie wykorzystywane są do odzyskiwania jonów metali zarówno *s*-, *p*-, *d*-, jak i *f*-elektronowych, jednak największym zainteresowaniem cieszą się układy membranowe typu PIM przeznaczone do wydzielania metali ciężkich [14, 15].

3.1. Budowa PIM

Membrany typu PIM formowane są na drodze fizycznej immobilizacji przenośnika w matrycy polimerowej poprzez odparowanie rozpuszczalnika z roztworu będącego mieszaniną polimeru, plastyfikatora i przenośnika.

Polimer odgrywa kluczową rolę w zapewnieniu mechanicznej wytrzymałości membrany typu PIM, a jego właściwości w znacznym stopniu wpływają na przepuszczalność i trwałość membran. Badania transportu jonów K^+ przez membrany inkluzyjne zbudowane na różnych polimerowych pochodnych celulozy wykazały, że wraz ze wzrostem długości łańcucha alkilowego podstawionego do jednostek glikozydowych celulozy rośnie trwałość membrany (octan < propionian < maślan), a przepuszczalność badanych jonów przez membranę maleje [16]. W większości badań nad PIM stosowane są matryce polimerowe z polichlorku winylu (PCW) lub trójoctanu celulozy (CTA). CTA jest polimerem polarnym z grupami hydroksylowymi i acetylowymi zdolnymi do tworzenia wiązań wodorowych, podczas gdy polarne grupy funkcyjne C-Cl w PCW powodują oddziaływania niespecyficznych sił dyspersyjnych przeważających nad oddziaływaniami międzycząsteczkowymi. W konsekwencji PCW jest polimerem amorficznym o małym stopniu krystaliczności, natomiast CTA jest wysoce krystaliczny.

Zadaniem plastyfikatora jest zwiększenie elastyczności i wytrzymałości mechanicznej matrycy polimerowej poprzez wnikanie między cząsteczki polimeru i redukowanie mocy sił międzycząsteczkowych, a w konsekwencji powiększanie odległości między cząsteczkami polimeru. Chociaż dostępnych jest na rynku wiele plastyfikatorów, jedynie kilka z nich było testowanych pod kątem zastosowań w PIM. Do najczęściej stosowanych należą eter *o*-nitrofenylooktylowy, eter *o*-nitrofenylopentylowy, adypinian dioktylu, ftalanu dioktylu oraz chlorek metylotrialkiloamoniowy (Aliquat 336) mogący pełnić rolę zarówno plastyfikatora, jak i przenośnika anionów [14, 15].

Duża gęstość ciekłej membrany oraz występujące w niej silne oddziaływania hydrofobowe uniemożliwiają transport substancji hydrofilowych (np. jonów metalu) przez membranę niezawierającą czynnika kompleksującego. Wprowa-

dzenie do fazy membranowej odpowiedniego związku chemicznego odgrywającego rolę przenośnika wywołuje transport jonów metali przez ciekłą membranę na podstawie mechanizmu transportu ułatwionego, nazywanego także przenośnikowym (ang. *facilitated transport*). Często takiemu transportowi towarzyszy transport innych jonów obecnych w fazach wodnych. W zależności od charakteru chemicznego zastosowanego przenośnika, podczas transportu kationów metalu z fazy zasilającej do odbierającej zachodzi *współtransport* anionów obecnych w fazie zasilającej lub *przeciwtransport* kationów obecnych w fazie odbierającej do fazy zasilającej, zgodnie z mechanizmami opisanymi w pracy [17].

Przenośnikami jonów metali w transporcie przez polimerowe membrany inkluzyjne mogą być związki chemiczne charakteryzujące się dobrą rozpuszczalnością w ciekłej membranie, brakiem rozpuszczalności w roztworach wodnych oraz selektywnym i odwracalnym oddziaływaniem z przenoszonym składnikiem [18]. Zasadniczo przenośnikami są te same ligandy organiczne, które stosowane są w roli ekstrahentów w procesie ekstrakcji rozpuszczalnikowej. Oprócz komercyjnie dostępnych ekstrahentów/przenośników jonów metali (tabela 2) coraz częściej do preparatyki ciekłych membran stosowane są nowo syntezowane związki chemiczne, w tym związki makrocykliczne (tabela 3), charakteryzujące się dużo wyższą selektywnością wobec wielu jonów metali, w porównaniu z klasycznymi przenośnikami.

Ze względu na właściwości chemiczne i charakter oddziaływań z jonami metali, można wyróżnić ekstrahenty/przenośniki:

- **kwasowe** (*HL*) – posiadające zdolność wymiany protonu na jon metalu M^{n+} według reakcji:

$$[M^{n+}]_w + n[HL]_{org} \rightarrow [ML_n]_{org} + n[H^+]_w \qquad (1)$$

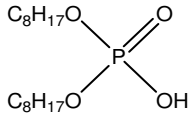
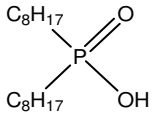
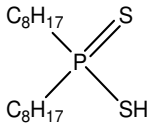
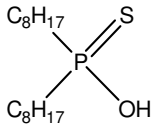
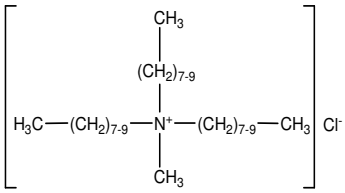
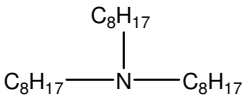
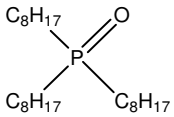
- **zasadowe** (RN^+) – ekstrahujące jony metalu według reakcji:

$$[MX_p^{(p-n)-}]_w + (p-n)[RN^+]_{org} \rightarrow [(p-n)RN^+MX_p^{(p-n)-}]_{org} \qquad (2)$$

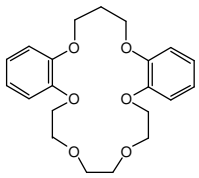
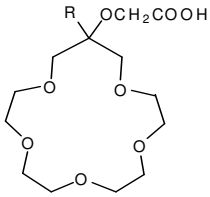
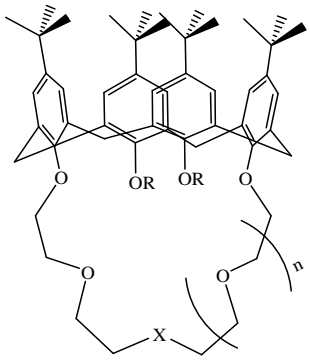
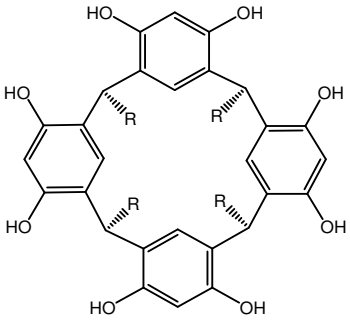
- **obojętne** (*L*) – posiadające zdolność tworzenia z jonami metalu obojętnego kompleksu w fazie organicznej poprzez zastąpienie cząsteczek wody w akwakompleksie metalu własnymi, bardziej liofilowymi cząsteczkami zgodnie z reakcją:

$$[M^{n+}]_w + n[X^-]_w + q[L]_{org} \rightarrow [MX_nL_q]_{org} \qquad (3)$$

Tab. 2. Przykładowe przenośniki jonów metali ciężkich stosowane w transporcie przez PIM [19–26]

Nazwa	Struktura	Jon metalu
Kwasowe		
Kwas di(2-etylo-heksylo)-fosforowy (D2EHPA)		Pb(II), Zn(II) Cd(II), Cr(III) Cu(II), Ni(II)
Kwas di(2,4,4-trimetylo-pentylo)fosfinowy (CYANEX 272)		Pb(II), Zn(II) Cd(II), Cu(II) Ni(II), Cr(VI)
Kwas di(2,4,4-trimetylo-pentylo)ditiofosfinowy (CYANEX 301)		
Kwas di(2,4,4-trimetylo-pentylo)tiofosfinowy (CYANEX 302)		
Zasadowe		
Chlorek trialkilometyloamoniowy (ALIQUAT 336)		Cr(III), Cd(II)
Tri-*n*-oktyloamina (TOA)		Zn(II), Cd(II)
Obojętne		
Tlenek trioktylofosfiny (TOPO)		Pb(II)

Tab. 3. Przykładowe makrocykliczne przenośniki jonów metali ciężkich stosowane w transporcie przez PIM [27–29]

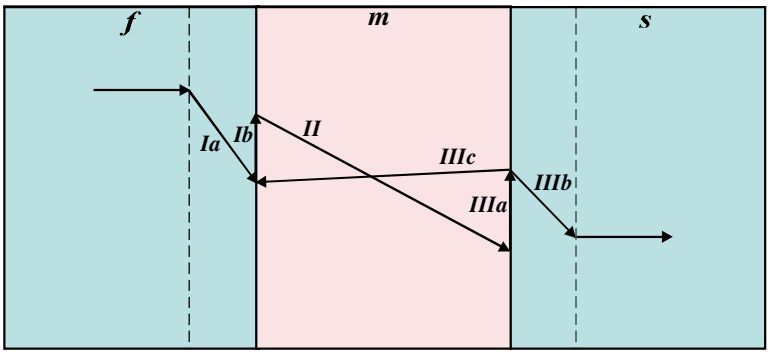
Struktura		Jon metalu
Etery koronowe i lariatowe		
		Pb(II), Zn(II), Cd(II)
	R = H; $C_{10}H_{21}$; Ph	
Kalikskorony		
	n = 2; X = O R = H; CH_3; $CH_2C(O)OH$; $CH_2C(O)OEt$	Pb(II), Zn(II), Cd(II)
Rezorcynareny		
	R = C_4H_9, C_5H_{11}; C_8H_{17}	Pb(II), Zn(II), Cd(II)

3.2. Matematyczny opis transportu jonów metali przez PIM

Transport jonów z fazy zasilającej do fazy odbierającej przez ciekłą membranę opartą typu SLM jest procesem „reakcyjno-dyfuzyjnym", przebiegającym w trzech głównych etapach w sposób następujący:

I. jon metalu, po dyfuzji przez graniczną warstwę wodną (*Ia*), reaguje z przenośnikiem na granicy faza zasilająca/membrana, tworząc kompleks (*Ib*);
II. kompleks metal-przenośnik dyfunduje przez membranę w kierunku fazy odbierającej;
III. kompleks metal-przenośnik dysocjuje na granicy membrana/faza odbierająca (*IIIa*), po czym jon metalu jest uwalniany do fazy odbierającej (*IIIb*), a przenośnik dyfunduje przez membranę w kierunku fazy zasilającej (*IIIc*).

Profil stężeniowy takiego transportu przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Profil stężeniowy jonów metalu podczas transportu przez SLM i PIM [30]

Mechanizm transportu przez membrany typu PIM zasadniczo jest podobny do transportu przez SLM, jednak, ze względu na różnice w składzie i morfologii tych membran, mechanizmy dyfuzyjne wewnątrz fazy membranowej mogą być znacząco różne. W konsekwencji mechanizmy transportu przez SLM i PIM nie są identyczne, jednak matematyczne modele transportu przez SLM są bardzo użyteczne w poznaniu procesów zachodzących podczas transportu przez PIM.

Większość z opisanych dotychczas modeli transportu jonów metali przez PIM opartych jest na następujących założeniach [15]:

1. reakcje na granicy faz są bardzo szybkie i prowadzą do natychmiastowego ustalenia się równowagi chemicznej układu,
2. stężenie metalu w fazie membranowej jest pomijalne w porównaniu do stężenia przenośnika w tej fazie,
3. stężenie kompleksu metal-przenośnik na granicy membrana/faza odbierająca jest pomijalne w stosunku do jego stężenia na granicy faza zasilająca/membrana,

4. transport masy wewnątrz membrany jest wynikiem wyłącznie procesów dyfuzyjnych opisanych pierwszym prawem Ficka (dla warunków stacjonarnych $J = -D_m \frac{dc}{dx}$) przy liniowym gradiencie stężeń kompleksu metal-przenośnik,
5. dyfuzja w warstwie wodnej na granicy faza zasilająca/membrana jest dużo szybsza niż dyfuzja kompleksu przez membranę, lub jest opisana liniowym gradientem stężeń,
6. obydwie fazy wodne – zasilająca i odbierająca, są idealnie mieszane.

Założenia te pozwalają na określenie zmian stężenia transportowanych jonów w fazie zasilającej w czasie transportu przez PIM za pomocą równania wprowadzonego przez Danesiego dla SLM [31]:

$$J = -\frac{V_f}{A}\frac{dc_t}{dt} \tag{4}$$

gdzie:
J – strumień jonów, mol/m^{2}s,
V_f – objętość fazy zasilającej, m^3,
A – efektywna powierzchnia membrany, m^2,
c_t – stężenie transportowanego jonu w fazie zasilającej po czasie t, mol/m^3,
t – czas transportu, s.

Jeżeli w czasie $t = 0$, c_t jest równe początkowemu stężeniu jonu w fazie zasilającej c_0, strumień jonów (J) jest równy początkowego strumieniowi jonów do membrany (J_0), który można interpretować jako liczba moli jonów sorbowanych przez 1 m^2 membrany w pierwszej sekundzie procesu.

Znając wartość strumieni początkowych jonów, z równania (5) można obliczyć współczynnik przepuszczalności jonów (P) umożliwiający określenie wydajności transportu przez ciekłe membrany oparte oraz porównanie szybkości usuwania jonów różnych metali z wieloskładnikowych roztworów wodnych:

$$P = \frac{J_0}{c_t} \tag{5}$$

Transport przez ciekłe membrany opisywany jest zwykle równaniem reakcji pierwszego rzędu, zatem matematyczny zapis jego kinetyki można przedstawić w postaci równania:

$$ln\frac{c_t}{c_0} = -\frac{\mathrm{A}}{V_f} \cdot P \cdot t \tag{6}$$

Zgodnie z pierwszym prawem Ficka, przy założeniu, że reekstrakcja jonów metalu do fazy odbierającej przebiega ilościowo, procesy dyfuzyjne zachodzące podczas transportu przez membrany PIM mogą być opisane równaniem:

$$J_m = \frac{c_{k,m/f} - c_{k,m/s}}{\Delta_m} \tag{7}$$

gdzie:
J_m – dyfuzyjny strumień jonów przez membranę, mol/m^{2}s,
$c_{k,m/f}$, $c_{k,m/s}$ – stężenie kompleksu odpowiednio na granicy faza zasilająca/membrana i membrana/faza odbierająca, mol/m^3,
Δ_m - opór dyfuzyjny membrany, s/m.

Przy założeniu, że $c_{c,m/f} >> c_{c,m/s}$; $c_{c,m/f}$ jest w przybliżeniu równe stężeniu kompleksu w membranie, równanie 7 przyjmuje postać:

$$J_m = \frac{c_k}{\Delta_m} \tag{8}$$

w którym c_k oznacza stężenie początkowe kompleksu w membranie, mol/m^3.
Zakładając, że $J_o = J_m$

$$\frac{c_k}{\Delta_m} = \frac{V_f}{A} \cdot \frac{c_0 - c_t}{t} \tag{9}$$

Znając opór dyfuzyjny membrany, możliwe jest obliczenie współczynników dyfuzji kompleksów jonów metali z przenośnikiem (D_m):

$$D_m = \frac{d_m}{\Delta_m} \tag{10}$$

gdzie:
D_m – współczynnik dyfuzji kompleksu w membranie, m^2/s,
d_m – grubość membrany PIM, m.
Parametrem dostarczającym informacji czy proces transportu jest kontrolowany dyfuzją na granicy faza wodna/faza membrany czy też reakcją chemiczną jest energia aktywacji (E_a), którą można oszacować na podstawie temperaturowej zależności strumienia jonów, opisanej przez Eyringa równaniem:

$$ln\, J_0 = \frac{-E_a}{RT} + B \tag{11}$$

gdzie:
R – stała gazowa równa 8,314 J/mol·K
T – temperatura układu, K
B – stała

Przyjęto, że wartość energii aktywacji niższa niż 20 kJ/mol wskazuje na transport dyfuzyjny, natomiast E_a wyższa od 42 kJ/mol informuje o transporcie kontrolowanym reakcją chemiczną. W przypadku gdy wartość energii aktywacji mieści się w przedziale 20 – 42 kJ/mol, szybkość transportu zależy zarówno od procesu dyfuzji, jak i reakcji chemicznej [32].

Ilościowo wydajność procesu transportu danego jonu metalu przez ciekłą membranę wyrażana jest procentem pertrakcji membranowej ($\%PR_m$) obliczanym z równania 12, w którym $\%E_m$ i $\%RE_m$ to odpowiednio wydajność ekstrakcji transportowanych jonów metalu do fazy membranowej (równanie 13) i wydajność reekstrakcji tych jonów do fazy odbierającej (równanie 14):

$$\%PR_m = \frac{\%E_m \cdot \%RE_m}{100\%} \tag{12}$$

$$\%E_m = \frac{c_0 - c_t}{c_0} \cdot 100\% \tag{13}$$

$$\%RE_m = \frac{V_s \cdot c_s}{V_f \cdot c_0} \cdot 100\% \tag{14}$$

gdzie:
V_s – objętość fazy odbierającej, m^3
c_s – stężenie transportowanego jonu metalu w fazie obierającej, mol/m^3.

Z kolei selektywność procesu transportu membranowego określana jest na podstawie wartości współczynnika separacji jonów (S_m) wyrażonego stosunkiem strumieni początkowych dwóch transportowanych jonów różnych metali M_1 i M_2:

$$S_m = \frac{J_{o,M_1}}{J_{o,M_2}} \tag{15}$$

Podsumowanie

Proces ekstrakcji membranowej z użyciem ciekłych membran jest przyjazną środowisku metodą selektywnego wydzielania jonów metali ciężkich z rozcieńczonych roztworów wodnych. W porównaniu z ekstrakcją rozpuszczalnikową i membranami stałymi, ciekłe membrany, szczególnie polimerowe membrany inkluzyjne, są korzystniejsze ze względu na możliwość ich zaprojektowania w taki sposób, aby były wysoce selektywne wobec konkretnej substancji przy stosunkowo niskim zużyciu ekstrahenta/przenośnika. Ponadto dobór odpowiednich warunków transportu eliminuje konieczność stosowania wielu etapów procesu, jak to ma miejsce w przypadku ekstrakcji rozpuszczalnikowej. Wyniki badań laboratoryj-

nych prowadzonych przez wielu naukowców wskazują na możliwość zastosowania ciekłych membran do obniżania zawartości jonów metali w ściekach przemysłowych do poziomu umożliwiającego wprowadzenie tych ścieków do kanalizacji. Ponadto wydzielone i rozdzielone w ten sposób jony metali mogą być zawrócone do ponownego użycia w procesie technologicznym, co nie generuje odpadów, jak w przypadku metody strącania chemicznego, i jest korzystne zarówno z ekologicznego, jak i ekonomicznego punktu widzenia.

Literatura

[1] Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r.
[2] Kabata-Pendias, H. Pendias, Biogeochemia pierwiastków śladowych, PWN, Warszawa 1999.
[3] F. Fu, Q. Wang, Removal of heavy metal ions from wastewaters: A review, Journal of Environmental Management, 92, 2011, 407-418, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.11.011
[4] Jacukowicz-Sobala, Współczesne metody usuwania chromu ze ścieków, Przemysł Chemiczny, 88/1, 2009, 51-60.
[5] Rozporządzeniu Ministra Budownictwa z dnia 14 lipca 2006 r (Dz. U. Nr 136, poz. 964).
[6] Najlepsze Dostępne Techniki (BAT). Wytyczne dla powierzchniowej obróbki metali i tworzyw sztucznych, Instytut Mechaniki Precyzyjnej, Warszawa 2009.
[7] S. Kislik, Carrier-facilitated coupled transport through liquid membranes: General theoretical considerations and influencing parameters, w: Liquid Membranes – Principles and Applications in Chemical Separations and Wastewater Treatment, Elsevier, 2010, 17-71.
[8] P. Dżygiel, P. P. Wieczorek, Supported Liquid Membranes and Their Modifications: Definition, Classification, Theory, Stability, Application and Perspectives, w: Liquid Membranes – Principles and Applications in Chemical Separations and Wastewater Treatment, Elsevier, 2010, 73-140.
[9] P. K. Parhi, Supported liquid membrane. Principle and its practices: A short Review, Journal of Chemistry, 2013, DOI: http://dx.doi.org/10.1155/2013/618236.
[10] U. S. Patent 6171563 z 9 stycznia 2001 roku, Commodore Separation Technologies, Inc., Supported liquid membranes process for chromium removal and recovery.
[11] Q. Yang, N.M. Kocherginsky, Copper recovery and spent ammoniacal etchant regeneration based on hollow fiber supported liquid membrane

technology: From bench-scale to pilot-scale tests, Journal of Membrane Science, 2006, 286, 301-309,
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2006.10.012

[12] R. Bloch, O. Kedem, D. Vofsi, Ion specific polymer membrane, Nature, 199, 1963, 802-803, DOI: http://dx.doi.org/10.1038/199802a0

[13] M. Sugiura, M. Kikkawa, S. Urita, Carrier-mediated transport of rare rarth ions through cellulose triacetate membranes, Journal of Membrane Science, 42, 1989, 47-55,
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0376-7388(00)82364-9

[14] L. D. Nghiem, P. Mornane, I. D. Potter, J. M. Perera, R. W. Cattrall, S. D. Kolev, Extraction and transport of metal ions and small organic compounds using polymer inclusion membranes (PIMs), Journal of Membrane Science, 281, 2006, 7-41,
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2006.03.035

[15] M. Inês, G. S. Almeida, R. W. Cattrall, S.D. Kolev, Recent trends in extraction and transport of metal ions using polymer inclusion membranes (PIMs), Journal of Membrane Science, 415-416, 2012, 9-23,
DOI: ttp://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2012.06.006

[16] J. S. Gardner, J. O. Walker, J. D. Lamb, Permeability and durability effects of cellulose polymer variation in polymer inclusion membranes, Journal of Membrane Science, 229, 2004, 87-93,
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2003.09.017

[17] C. Kozłowski, J. Kończyk, Zastosowanie ciekłych membran zawierających kaliksareny do separacji jonów litowców i berylowców, w: Membrany. Teoria i praktyka. Wykłady monograficzne i specjalistyczne. Zeszyt IV, Toruń, 2014.

[18] R. Wódzki, Reakcyjno-dyfuzyjne techniki rozdziału, w: Membrany i membranowe techniki rozdziału, red. A. Narębska, Wydawnictwo UMK, Toruń, 1997, 357-426.

[19] W. Walkowiak, C. Kozlowski, Macrocycle carriers for separation of metal ions in liquid membrane processes – a review, Desalination, 240, 2009, 186-197, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2007.12.041

[20] J. Kozlowska, C. A. Kozłowski, J. J. Kozioł, Transport of Zn(II), Cd(II), and Pb(II) across CTA plasticized membranes containing organophosphorous acids as an ion carriers, Separation and Purification Technology, 57, 2007, 430-434,
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2006.04.011

[21] O. Kebiche-Senhadji, L. Mansouri, S. Tingry, P. Seta, M. Benamora, Facilitated Cd(II) transport across CTA polymer inclusion membrane using anion (Aliquat 336) and cation (D2EHPA) metal carriers, Journal of Membrane Science, 310, 2008, 438-445,
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2007.11.015

[22] Tor, G. Arslan, H. Muslu, A. Celiktas, Y. Cengeloglu, M. Ersoz, Facilitated transport of Cr(III) through polymer inclusion membrane with di(2-ethylhexyl)phosphoric acid (DEHPA), Journal of Membrane Science, 329, 2009, 169-174, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2008.12.032
[23] O. Arous, F. S. Saoud, M. Amara, H. Kerdjoudj, Efficient facilitated transport of lead and cadmium across a plasticized triacetate membrane mediated by D2EHPA and TOPO, Materials Sciences and Applications, 2, 2011, 615-623, DOI: http://dx.doi.org/10.4236/msa.2011.26083
[24] J. Konczyk, C. Kozlowski, W. Walkowiak, Removal of chromium from acidic aqueous solutions by polymer inclusion membranes with D2EHPA and Aliquat 336, Desalination, 263, 2010, 211-216, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.desal.2010.06.061
[25] N. Pont, V. Salvado, C. Fontas, Selective transport and removal of Cd from chloride solutions by polymer inclusion membranes, Journal of Membrane Science, 318, 2008, 340–345, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.memsci.2008.02.057
[26] C. A. Kozlowski, W. Walkowiak, Transport of Cr(VI), Zn(II) and Cd(II) ions across polymer inclusion membranes with tridecyl(pyridine) oxide and tri-n-octylamine, Separation Science and Technology, 39, 2004, 3127-3141, DOI: http://dx.doi.org/10.1081/SS-200038322
[27] J. D. Lamb, A. Y. Nazarenko, Lead(II) ion sorption and transport using polymer inclusion membranes containing tri-octylphosphine oxide, Journal of Membrane Science, 134, 1997, 255-259, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0376-7388(97)00115-4
[28] M. Ulewicz, Separacja jonów metali nieżelaznych w procesie transportu przez ciekłe membrany zawierające związki makrocykliczne, Seria: Monografie, 20, Wydawnictwo Wydziału Inżynierii Procesowej, Materiałowej i Fizyki Stosowanej Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2011.
[29] N. Benosmane, S.M. Hamdi, M. Hamdi, B. Boutemeur, Selective transport of metal ions across polymer inclusion membranes (PIMs) containing calix[4]resorcinarenes, Separation and Purification Technology, 65, 2009, 211-219, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.seppur.2008.10.039
[30] D. De Agreda, I. Garcia-Diaz, F. A. López, F. J. Alguacil, Supported liquid membranes technologies in metals removal from liquid effluents, Revista de Metalurgia, 47, 2011, 146-168.
[31] P.R. Danesi, Separation of metal species by supported liquid membranes, Separation Science and Technology, 19, 1984/1985, 857-894, DOI: http://dx.doi.org/10.1080/01496398408068598
[32] Z. Lazarova, L. Boyadzhiev, Kinetic aspects of copper(II) transport across liquid membrane containing LIX-860 as a carrier, Journal of Membrane Science, 78, 1993, 239, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/0376-7388(93)80003-G

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 129–139

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.10

Mariusz Krzysztof Kopański
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
al. Piastów 41, 71-065 Szczecin
e-mail: mkopanski@zut.edu.pl

BADANIE PALNOŚCI MEBLI TAPICEROWANYCH

Streszczenie. Coraz więcej produktów wyposażenia wnętrz poddawana jest badaniom palności, a zwłaszcza meble tapicerowane. Podczas tych testów w ustalonych warunkach określa się wiele parametrów pozwalających na sklasyfikowanie danego materiału, a następnie na dopuszczenie go bądź nie do odpowiedniego zastosowania. Tradycyjne metody badań palności dostarczają z reguły jeden konkretny wynik, który nie pozwala na obiektywną charakterystykę materiału. Podstawowym i najważniejszym parametrem w badaniach palności jest szybkość wydzielania ciepła (HRR). W poniższej pracy przedstawiono dwa rodzaje badań, wykorzystując kalorymetr meblowy oraz użycie tlącego się papierosa i równoważnika płonącej zapałki.
Słowa kluczowe: fotel, PN-EN 1021, kalorymetr meblowy, intensywność wydzielania ciepła, pożar, zabezpieczenie p.poż, termowizja, dym, PN-EN 45545.

FLAMMABILITY TEST OF UPHOLSTER FURNITURE

Abstract. Abstract Flammability testing is undergoing more and more home furnishing products and most of all upholstered furniture. During these tests is determined by parameters which allow to classify the material and admit it or not for the proper application. Traditional methods of testing the flammability usually provide a single result, not allowing the objective characteristics of the material during fire. Therefore, the article compares modern colorimetric method with the traditional testing using cigarette and match flame.
Keywords: upholstered seat, EN1021, furniture calorimeter, Heat release rate, fire, fire protection, thermography, smoke, EN 45545.

Pożary towarzyszą ludzkości od wieków – dzięki rozwojowi technologicznemu są coraz bardziej niebezpieczne. Znaczną część powstających corocznie pożarów stanowią pożary wewnętrzne, rozwijające się w budynkach mieszkal-

nych lub pomieszczeniach użyteczności publicznej. Powodują one ogromne straty materialne, ale przede wszystkim stanowią ogromne zagrożenie dla zdrowia i życia ludzi. Istotnym działaniem jest podjęcie próby zapewnienia bezpieczeństwa oraz takie dopracowanie przepisów, aby ograniczyć występowanie pożarów. W prawodawstwie polskim istnieją trzy podstawowe dokumenty prawne, które determinują wymogi budowlane: Ustawa o Prawie budowlanym, Ustawa o ochronie pożarowej oraz Rozporządzenie w sprawie warunków technicznych, jakimi powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie. Przepisy te określają szereg wymagań, jakie powinny być zachowane na etapie projektowania, wykonania i użytkowania obiektów budowlanych. Akty prawne poruszają takie kwestie, jak: odpowiedni dobór materiałów (konstrukcyjnych oraz wyposażenia wnętrz), właściwe umiejscowienie budynków, ale także aspekt ewakuacji i działania na wypadek pożaru. Ryzyko powstania pożaru istnieje zawsze, nawet w budynkach zaprojektowanych zgodnie z zasadami bezpieczeństwa pożarowego – źródłem pożaru mogą być zjawiska fizyczne, chemiczne oraz biologiczne powodujące niekontrolowane wydzielenie ciepła, w wyniku którego następuje zapalenie materiałów w bezpośrednim sąsiedztwie źródła promieniowania cieplnego. Przyczyną pożaru (tabela 1) może być również podpalenie (przypadkowe, umyślne – działania terrorystyczne).

Jednym z trudniejszych obszarów prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych są pożary wewnątrz budynków. Czynnikiem, który ma ogromne znaczenie, jest dynamika rozwoju pożaru. Jest ona zależna od rodzaju i ilości zgromadzonego materiału palnego oraz warunków wentylacji panujących w środowisku pożarowym. Rozprzestrzenianie się gazów toksycznych, ograniczenie widzialności, wysoka temperatura czy obniżenie stężenia tlenu w pomieszczeniu to tylko część czynników zagrażających życiu ludzi, na które także ma wpływ spalany materiał. Sposobem na zwiększenie bezpieczeństwa pożarowego podczas działań ratowniczo-gaśniczych jest między innymi zgłębienie zależności między dynamiką pożaru a rodzajem spalanego materiału. Strażacy posiadając wiedzę na ten temat, mogą z większym prawdopodobieństwem przewidzieć dalszy rozwój pożaru wewnętrznego. Wiąże się to także ze zwiększeniem bezpieczeństwa, poprzez wskazanie materiałów, które w znacznym stopniu zwiększają dynamikę pożaru. W przypadku pożaru wewnętrznego występują także inne warunki, a mianowicie w wymianie ciepła pomiędzy palącym się materiałem a otoczeniem ma miejsce tzw. „energia zwrócona". Czynnik ten powstaje w wyniku częściowego pochłaniania i odbicia strumienia ciepła przez przegrody (ściana, strop).

Odbity strumień wraca do materiału palnego, dodatkowo intensyfikując jego proces spalania. Dynamika rozwoju pożaru wewnętrznego zależy od wielu czynników, a szczególnie od: wymiarów pomieszczenia, miejsca jego powstania w odniesieniu do rozmieszczenia materiałów palnych, rodzaju i ilości występujących w pomieszczeniu materiałów palnych, wielkości i usytuowania otworów wentylacyjnych, możliwości reakcji chemicznych pomiędzy materiałami, których

opakowania ulegają zniszczeniu w wyniku pożaru, usytuowania materiałów palnych w stosunku do ścian i stropu, możliwości dopływu tlenu, obecności i skuteczności urządzeń gaśniczych, zmian palności materiałów w wyniku procesu ich starzenia.

Obecnie na rynku jest bogaty wybór siedzisk (tapicerowanych wypełnianych piankami poliuretanowymi), wyniki własnych badań oraz dane statystyczne (tabela 1) wskazują, że mogą one podczas pożaru powodować poważne zagrożenie pożarowe.

Tab. 1. Dane statystyczne - przyczyny pożarów w Polsce w podziale na rodzaj obiektu [7]

Rodzaj obiektu	**2011**			**2012**			**2013**		
	Nieostrożność osób dorosłych przy posługiwaniu się ogniem otwartym, w tym papierosy, zapałki	**Nieostrożność osób nieletnich przy posługiwaniu się ogniem otwartym, w tym papierosy, zapałki**	**Podpalenia (umyślne) w tym akty terroru**	**Nieostrożność osób dorosłych przy posługiwaniu się ogniem otwartym, w tym papierosy, zapałki**	**Nieostrożność osób nieletnich przy posługiwaniu się ogniem otwartym, w tym papierosy, zapałki**	**Podpalenia (umyślne) w tym akty terroru**	**Nieostrożność osób dorosłych przy posługiwaniu się ogniem otwartym, w tym papierosy, zapałki**	**Nieostrożność osób nieletnich przy posługiwaniu się ogniem otwartym, w tym papierosy, zapałki**	**Podpalenia (umyślne) w tym akty terroru**
Obiekty użyteczności publicznej	293	27	528	280	15	413	278	14	369
Obiekty mieszkalne	4213	201	3288	4018	173	2919	3544	141	2373
Środki transportu	113	5	832	117	8	726	78	3	596

Opis metod badań palności

Badanie zapalności metodą wg PN-EN 1021-1 oraz PN-EN 1021-2

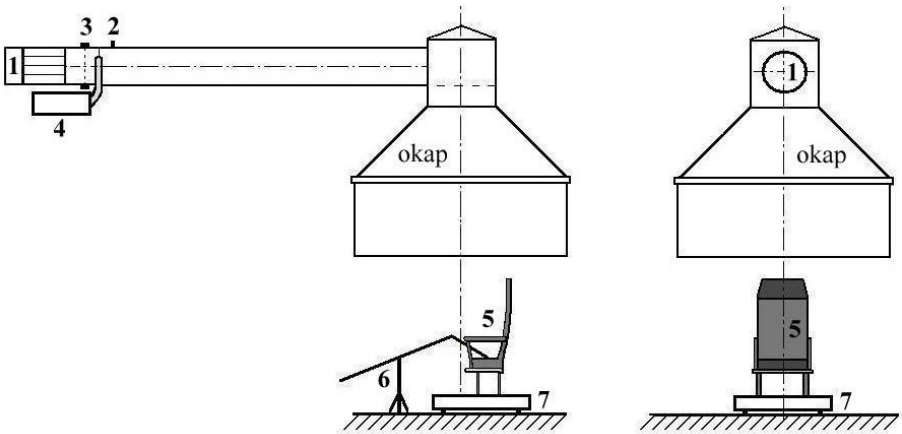
Normy obejmują metody badania oceny zapalności zestawu materiałów stosowanych w siedziskach tapicerowanych, poddawanych działaniu tlącego się

papierosa lub płomienia palnika gazowego o mocy cieplnej równoważnej płomieniowi palącej się zapałki.

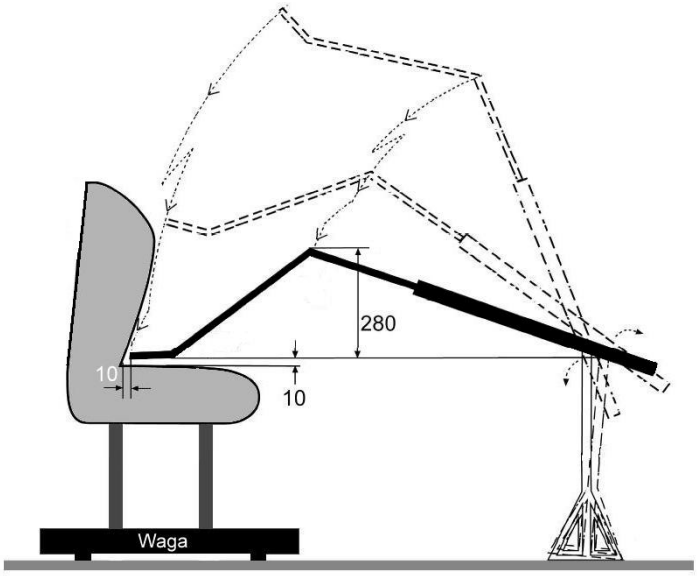
Czas oddziaływania małego płomienia 15 s. Poddawany badaniom układ tapicerski przedstawia w stylizowanej formie występujące w typowych krzesłach i fotelach połączenie pomiędzy siedziskiem i oparciem lub siedziskiem i podłokietnikiem. W czasie badań obserwuje się sposób zapalania się układu tapicerskiego (palenie się płomieniem, postępujące tlenie, żarzenie). Po zakończeniu każdej próby rozbiera się badany układ celem ustalenia ewentualnego wewnętrznego postępującego tlenia. Jeżeli żadne z tych zjawisk nie występuje, układ tapicerski spełnia wymagania norm i może być stosowany w praktyce.

Kalorymetr meblowy

Inną metodą badawczą, w której określamy szybkość wydzielania ciepła z zastosowaniem metody pomiaru ubytku tlenu, jest metoda z użyciem kalorymetru meblowego wg norm PN-EN 45545-2 oraz ISO 9705-2. Podstawą tej metody jest zasada sformułowana przez Thortona w 1918 roku [1], że ilość wydzielonego ciepła na jednostkę zużytego tlenu jest w przybliżeniu równa dla większości materiałów – w roku 1976 Hugget określił wartości jako 13,1 MJ/ kg [1]. Niniejsza metoda przedstawia sposób oceny reakcji na ogień pełnowymiarowych siedzeń stosowanych w kolejnictwie oraz wyposażenia wnętrz w postaci mebli. Na próbkę ustawioną na wadze pod okapem z wymuszonym wyciągiem oddziałuje od 120 sekund palnik o mocy 7 kW. Płomień palnika zasilany jest propanem, co odpowiada mocy cieplnej równoważnej palącej się zwiniętej gazety. Całe badanie trwa 25 minut. Schemat ogólny stanowiska przedstawiono na rysunku 1 i 2.



Rys. 1. Schemat okapu i przewodu wyciągowego wraz z palnikiem i przykładowym fotelem (1 – przewód wyciągowy; 2 – czujnik ciśnienia gazów spalinowych; 3 – fotometr; 4 – analizator gazów (tlenu, tlenu węgla i dwutlenku węgla); 5 – fotel; 6 – panik; 7 – waga)



Rys. 2. Usytuowanie palnika gazowego o mocy 7 kW na fotelu

Wyniki badań

Przeprowadzono badania dziewięciu ogólnodostępnych siedzisk tapicerowanych metodami kalorymetru meblowego oraz oceny zapalności mebli tapicerowanych. Wyniki z kalorymetru meblowego przedstawiono w tabeli 2 oraz wykresach intensywności wydzielania ciepła (rys. 3-5). Natomiast dane uzyskane podczas badań zapalności mebli tapicerowanych z wykorzystaniem równoważnika płonącej zapałki przedstawiono w tabeli 3.

Fotel numer 1 to krzesło składające się ze stalowego stelaża, na którym siedzisko (metalowe) jest wyściełane cienką warstwą gąbki poliuretanowej pokrytej PCV. Paląca się pianka zmienia stan skupienia w płynną maź, która pali się na całej powierzchni metalowego siedziska.

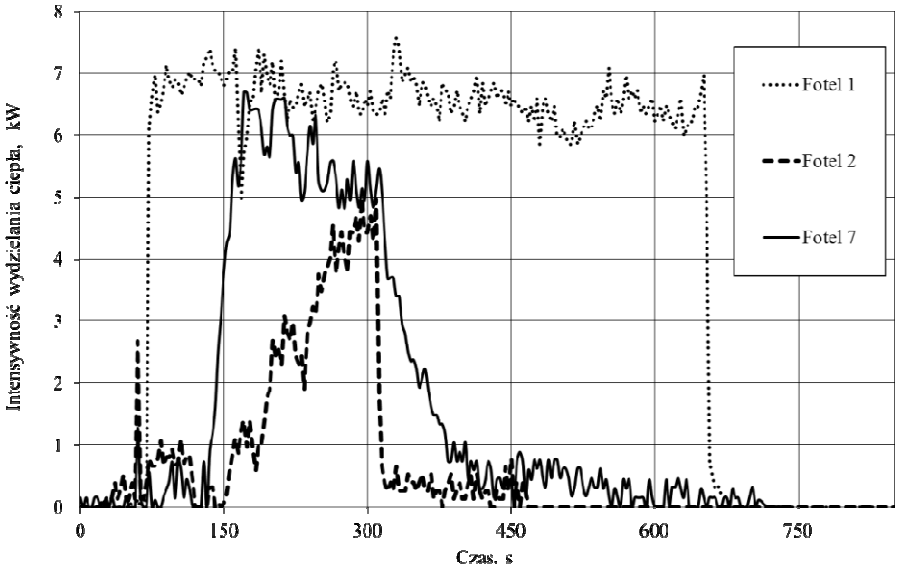
Badając fotel numer 2 wykonany ze sklejki, pianki poliuretanowej zabezpieczonej fire blokerem, tkaniny wierzchniej trudno zapalnej, uzyskano najlepsze parametry – maksymalnej i średniej intensywności wydzielania ciepła. Z wykresu (rys. 4) zauważa się, że próbki będące fotelami o numerze 3 (tkanina ekologiczna o gramaturze 400g/m² składająca się z 70% wełny i 30% poliamidu, pianka poliuretanowa) i numerze 5 (warstwa wierzchnia 30% poliester, 70% bawełna, pianka poliuretanowa) spalają się podobnie i uzyskały najgorsze parametry, bo maksymalna intensywność wydzielania ciepła przekroczyła 43 kW oraz całkowita ilość wydzielonego dymu osiągnęła wartość ponad 80 m².

Tab. 2. Wyniki badań foteli przeprowadzonych na kalorymetrze meblowym

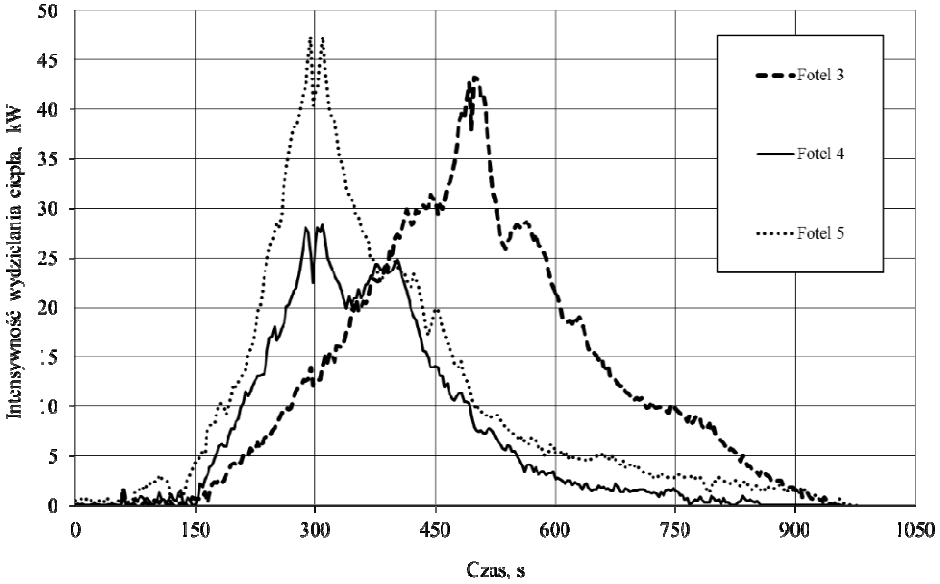
	Fotel 1		Fotel 2		Fotel 3		Fotel 4		Fotel 5		Fotel 6		Fotel 7		Fotel 8		Fotel 9	
	wartość max	w czasie [s]	wartość max	w czasie [s]	wartość max	w czasie [s]	wartość max	w czasie [s]	wartość max	w czasie [s]	wartość max	w czasie [s]	wartość max	w czasie [s]	wartość max	w czasie [s]	wartość max	w czasie [s]
Intensywność wydzielania ciepła	7,56 [kW]	330	4,96 [kW]	294	**43,30 [kW]**	498	28,31 [kW]	294	**47,33 [kW]**	294	11,33 [kW]	312	6,69 [kW]	171	10,78 [kW]	295	12,55 [kW]	305
Średnia intensywność wydzielania ciepła (MARHE)	5,39 [kW]	654	1,41 [kW]	312	**15,38 [kW]**	645	11,73 [kW]	468	**16,73 [kW]**	265	3,96 [kW]	357	3,02 [kW]	336	1,61 [kW]	325	2,21 [kW]	628
Ciepło wydzielone	3534 [kJ]	885	1136 [kJ]	1500	**11984 [kJ]**	1500	6689 [kJ]	954	**9965 [kJ]**	915	1640 [kJ]	600	1218 [kJ]	708	635 [kJ]	625	1494 [kJ]	840
Całkowita ilość wydzielonego dymu	2,9 [m²]	885	7,7 [m²]	1500	**100,3 [m²]**	1500	66,5 [m²]	954	**80,0 [m²]**	915	7,2 [m²]	600	6,5 [m²]	708	5,3 [m²]	625	2,5 [m²]	840

Tab. 3. Wyniki badań zapalności wg metod PN-EN 1021-1 i PN-EN 1021-2

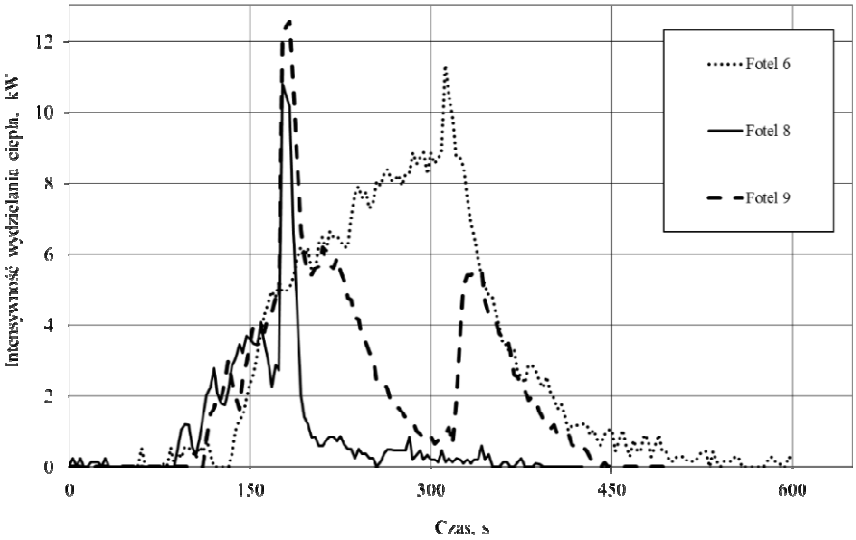
	Fotel 1	**Fotel 2**	**Fotel 3**	**Fotel 4**	**Fotel 5**	**Fotel 6**	**Fotel 7**	**Fotel 8**	**Fotel 9**
Kryteria tlenia wg PN-EN 1021-1									
Niebezpieczne narastanie spalanie	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE
Układ próbny strawiony przez ogień	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE
Tli się do końca	NIE	TAK	TAK	TAK	TAK	TAK	NIE	TAK	TAK
Tli się na wskroś grubości	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE
Tli się dłużej niż godzinę	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE	TAK	NIE	TAK	NIE
Dalej niż 100 m od źródła zapłonu	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	TAK	NIE	NIE	NIE
Kryteria palenia się płomieniem wg PN-EN 1021-2									
Niebezpieczne narastające spalanie	NIE	NIE	NIE	TAK	TAK	TAK	NIE	TAK	NIE
Układ próbny strawiony przez ogień	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE
Palenie się na wskroś grubości	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE	NIE
Pali się dłużej niż 120 s	NIE	NIE	NIE	TAK	TAK	TAK	NIE	NIE	TAK



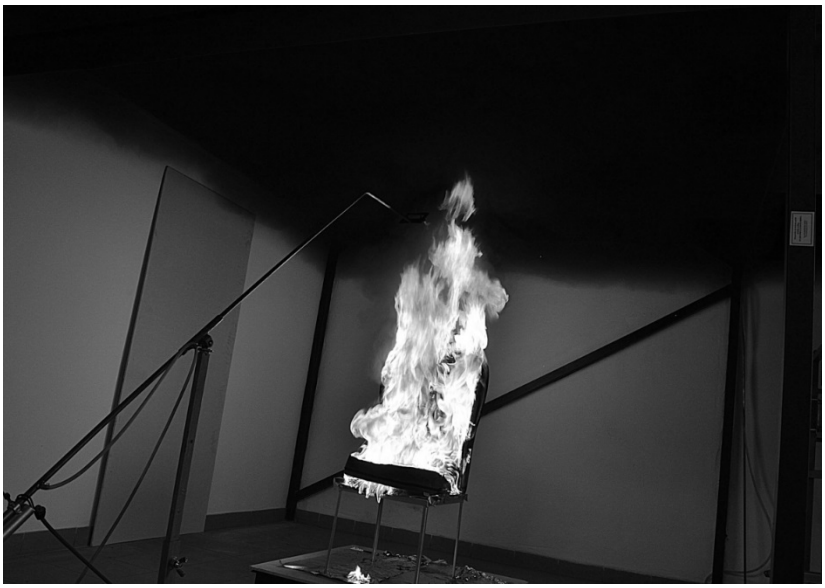
Rys. 3. Wykres intensywności wydzielania ciepła z badanych foteli numer 1, 2, 7



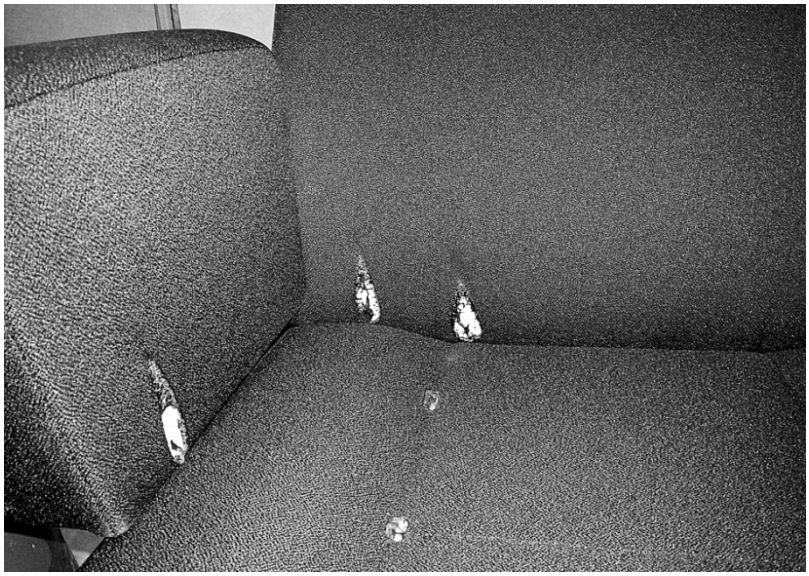
Rys. 4. Wykres intensywności wydzielania ciepła obrazujący przebieg pomiaru z foteli od numeru 3 do 5



Rys. 5. Wykres intensywności wydzielania ciepła z badanych foteli numer 6, 8, 9



Rys. 6. Fotel numer 3 podczas badania na kalorymetrze meblowym (w czasie badania wydziela się bardzo dużo dymu, co można zauważyć na fotografii) – fot. własna



Rys. 7. Fotel po badaniu wg metody PN-EN 1021-2 – fot. własna

Wnioski

Syntetyczne materiały polimerowe, z nielicznymi wyjątkami, nie ulegają reakcjom powierzchniowym, lecz spalają się wyłącznie w drodze pirolizy. W większości przypadków materiały te stają się miękkie, tworzą ciekłe warstwy powierzchniowe i rozkładają się pirolitycznie. W związku z tym do zapoczątkowania procesu spalania nie wystarcza palący się papieros, czy płomień zapałki. W obecności takich źródeł podpalania zachowują się często jak materiały trudno zapalne lub nawet niezapalne. Z własnych badań wynika, że tkanina obiciowa, która wytrzymuje oddziaływanie znormalizowanego źródła podpalania przez 15 sekund (budownictwo lądowe) lub 20 sekund (budownictwo morskie/okrętownictwo), zapewnia pozytywny wynik układu tapicerskiego, mimo że wypełnienie jest łatwo zapalne. Jednak wystarczy przedłużyć ekspozycję o kilka sekund, aby zestaw tapicerski spłonął całkowicie [3-5]. Zastosowanie łatwopalnych układów tapicerskich w pomieszczeniach (użyteczności publicznej i nie tylko) w przypadku powstania pożaru spowoduje gwałtowne rozprzestrzenianie się ognia na inne materiały, co skutkować będzie trudnością opanowania pożaru. Wysoka temperatura oraz duże zadymienie z toksycznymi produktami rozkładu termicznego i spalania uniemożliwią sprawną ewakuację.

Porównując metody badań układów tapicerskich oraz pełnowymiarowych (kompletnych) mebli, zauważa się, że w badaniu metodą kalorymetru meblowego

(PN-EN 45545-2) osiąga się szerszy wachlarz parametrów bardzo istotnych w zabezpieczaniu obiektów przed pożarem. A mianowicie intensywność wydzielania ciepła, średnia intensywność wydzielania ciepła (MARHE), ciepło wydzielone, szybkość ubytku masy, maksymalna szybkość emisji dymu, całkowita ilość wydzielonego dymu, emisja właściwa tlenu węgla, emisja właściwa dwutlenku węgla, maksymalny ubytek tlenu, początek i koniec palenia się próbki.

Literatura

[1] Babrauskas V., Fire and Materials 1982, Vol. 8, p 81-95.
[2] Konecki M.,Modelowanie- narzedzie inżynierii bezpieczeństwa pożarowego, Zeszyty Naukowe SGSP nr 30, 2003.
[3] Kopański M., Badania laboratoryjne pożaru siedzisk tapicerowanych starszego typu w wagonie kolejowym, Przegląd Komunikacyjny, 2/2013.
[4] Kopański M., Bezpieczeństwo pożarowe taboru kolejowego w Województwie Zachodniopomorskim, Transport w regionie Pomorza Zachodniego, [Monografia] praca zbiorowa pod redakcją Iouria N. Semenova i Anny Wiktorowskiej-Jasik, Wydawnictwo Uczelniane Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, Szczecin 2013.
[5] Kopański M., Wpływ barwników na stopień palności poliamidu 6. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza. Vol.31/3/13.
[6] Sychta Z., Spowolnienie procesu rozkładu termicznego i spalania materiałów podstawowym warunkiem bezpieczeństwa pożarowego obiektów technicznych,Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej, Szczecin 2002.
[7] http:// www.straz.gov.pl/ Biuletyn Informacyjny KG PSP za rok 2004, (data dostępu: 16.05.2015).

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 141–146

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.11

Мирослав Коваль
Львовский Государственный Университет Безопасности Жизнедеятельности
Украина, г.Львов, МСП, ул. Клепаровская 35, 79000
e-mail: lviv-koval@ukr.net

ЛОГИКА КАК НЕОБХОДИМЫЙ ЭЛЕМЕНТ В ПОДГОТОВКЕ СПАСАТЕЛЕЙ

Резюме. Проанализирована ситуация с учебно-образовательной подготовкой специалистов-спасателей. Показана необходимость расширения области специальной подготовки специалистов спасательных служб в связи с увеличением масштабности катастроф и различного рода ЧС, а также с возрастанием цены ошибки в действиях людей. Объем технических и фундаментальных знаний все больше превышает естественные возможности мозга принимать и обрабатывать новую информацию. В качестве одного из способов повышения эффективности работников пожарно-спасательной службы, уменьшения риска принятия неверных решений, дискриминации и элиминации ошибочных версий и прогнозов предложено ввести в курс обучения и специального тренинга спасателей предмет логику либо расширить разделы учебных дисциплин, где она преподается.
Ключевые слова: логика, эффективность работы, программа обучения.

LOGIKA JAKO NIEZBĘDNY ELEMENT W SZKOLENIU RATOWNIKÓW

Streszczenie: Przeanalizowano sytuację z edukacją i szkoleniem specjalistów-ratowników. Pokazano konieczność rozszerzenia pola specjalnego szkolenia specjalistów i służb ratowniczych w związku z wzrostem skali katastrof oraz wszelkimi rodzajami zagrożeń, a także wraz ze wzrostem ceny błędu w działaniach ludzi. Poziom wiedzy technicznej i fundamentalnej coraz bardziej przekracza zasoby naturalne mózgu, aby odbierać i przetwarzać nowe informacje. Jako jeden ze sposobów na zwiększenie wydajności pracowników służb ratowniczo-gaśniczych, zmniejszenia ryzyka podejmowania błędnych decyzji, dyskryminacji i eliminacji błędnych wersji oraz prognoz zapro-

ponowano wprowadzenie do programów studiów i specjalnego szkolenia (treningu) ratowników przedmiotu logika lub rozszerzenie sekcji przedmiotów, gdzie jest nauczana.
Słowa kluczowe: logika, wydajność, program szkolenia.

В последнее время все более частыми и масштабными становятся различного рода катаклизмы и катастрофы природного и, особенно, техногенного происхождения. Возрастает экологическая составляющая их последствий. Соответственно, растут требования к качеству, многообразию и всесторонности подготовки работников аварийно-спасательных и иных служб, которые должны быть на уровне развития техники и технологий.

Высокая концентрация энергопотребляющих отраслей тяжелой промышленности (металлургической, химической, нефтеперерабатывающей, цементной и т.д.), мобильной и быстро перестраивающейся в условиях рынка легкой промышленности, использование потенциально опасных веществ химического и биологического происхождения и радионуклидов, зарождение новых “высоких” технологий (техногенные опасности которых пока еще не распознаны и не изучены в достаточной мере) — это характерные черты обновляющегося промышленного облика не только нашей страны, но и значительного числа государств планеты.

Это приводит к рискам возникновения техногенных ситуаций совершенно нового, доселе не встречающегося типа, когда знания и умения человека (специалиста и обычного жителя) просто не успевают обновляться и сильно отстают от требований времени. Уже сейчас чрезвычайные ситуации происходят в основном из-за недостатка необходимой информации, знаний, квалификации и населения, и работников аварийно-спасательных служб.

Сложность техники, конструкций, строений, аппаратуры обслуживания и самих технологических процессов приводит к повышению сложности и многоплановости проблем, с которыми сталкиваются персонал предприятий и (в случае ЧП) практические работники ГСЧС. Им приходится решать задачи по предупреждению чрезвычайных ситуаций техногенного и комбинированного характера, принимать ответственные решения по работе в труднопредсказуемых условиях ЧС, а также активно и оперативно действовать при ликвидации последствий ЧС.

Все это требует огромных знаний в различных областях жизнедеятельности человека, умения глубоко и системно анализировать информацию и тесно взаимодействовать со специалистами совершенно незнакомого ранее профиля, и технического, и гуманитарного; учитывать взаимосвязи между далекими отраслями деятельности человека, когда такие кооперации, возможно, ранее не имели места; принимать во внимание и делать умозаключения в принципиально отличных областях

знаний в условиях дефицита времени и экстремальных режимов, а также груза большой ответственности, когда сильно вырастает цена ошибки.

В этих ситуациях нужны глубокие знания во многих областях науки и техники. Однако нет никакой гарантии, что эти знания не устареют раньше, чем их сможет применить специалист на практике. Сюда следует добавить жесткие требования по умению быстро принимать решения в экстремальной обстановке.

На наш взгляд, одним из путей решения данной проблемы является развитие умения четко логически мыслить у студентов и курсантов соответствующего профиля, т.е. приблизить аппарат и процедуры науки логики к практике аварийно-спасательных задач. Это будет способствовать развитию у будущего специалиста не только рационального мышления и коммуникативных способностей, но и вооружит его эффективными логическими навыками решения профессиональных проблем.

Сегодня логика не только является неотъемлемой частью системы наук, но и выполняет вместе с тем многогранные функции в обществе. Ее роль и значение обусловлены особенностями развития самого общества, которые требуют осмысления новых сложных экономических и социальных процессов, что, в свою очередь, нуждается в развитии логического мышления. В связи с переходом науки и техники на более высокий уровень своего развития усиливается значение абстрактного мышления, чем и обуславливается повышения интереса к логике, исследующей структуру, формы и такого мышления.

Следует отметить, что вместе с наращиванием темпов развития экономики с помощью новых технологий эволюционирует и информация, которая не только усложняется, но и приобретает качественно новые функции, охватывая все сферы жизни человека, и тем самым отводит новую роль знаниям во всех видах человеческой деятельности. Информационная революция имеет существенную антропологическую составляющую, предполагая совершенствование не только техники или технологии, но и самого человека, и прежде всего его мышления [1]. “Очень важно понять, что технические достижения — это не просто различные комбинации машин и технологий. Значение новых изобретений в том, что они предполагают абсолютно новые решения социальных, философских, даже личных проблем. Они перекраивают интеллектуальное окружение человека — то, как он думает и смотрит на мир” [2, с. 25].

Таким образом, обоснование значимости логического мышления, как актуальной образовательной проблемы, вытекает из фундаментальной трансформации самого способа жизни человека. Поскольку возрастание значимости методов работы со все более усложняющимися информационными потоками не только посредством искусственных средств, но

и средств самосовершенствующегося естественного интеллекта является актуальным, то обучение логическому мышлению можно рассматривать как одну из базовых форм подготовки к успешной жизнедеятельности.

Понимание новой незнакомой терминологии (филология), экономическая обоснованность действий (экономика), влияние на окружающую среду (экология), взаимодействие с людьми различного характера, подготовки и этнотипа в экстремальной ситуации (психология), работа с неизвестной техникой и т.д. — разные и достаточно далекие области знаний. Только объединив все это воедино и правильно используя, можно ожидать высокой эффективности деятельности специалиста-спасателя. Улучшить результативность работы здесь поможет использование элементов логики.

Необходимость увязать события в четкую логическую цепь (схему), вычленить главное, определить слабое звено, с тем чтобы его укрепить (профилактика), — важный момент в повышении эффективности образовательной и специальной подготовки специалиста-спасателя. Дополнительным аргументом в пользу более глубокого обучения (изучения) логическому мышлению (логике) является возможность связать воедино информацию, полученную из разных источников, из разных областей человеческой деятельности, разных видов профессий, которую другими методами трудно объединить и обобщить. Наконец, обучение логическим процедурам, правилам, законам (основным законам логики, умозаключению, доказательству и опровержению и пр.) позволит повысить эффективность и точность оценки ситуации, дискриминировать ошибочные выводы и прогнозы, а значит, снизить риски принятия неправильных решений при ликвидации ЧС (не только техногенного характера) и их последствий. Очень важным является умение, например, быстро и грамотно оценить версии определения причин пожара, возможное развитие ЧС в условиях скученности предприятий разного профиля и масштаба, спрогнозировать действия и последствия в сложной урбанистической обстановке и т.п.

Спасательные подразделения на практике часто имеют дело с различными видами энергии — химической, механической, тепловой, электрической и т.д. Каждый из видов обладает своими особенностями, в т.ч. переноса, воздействия, трансформации и управления. Например, пожарно-спасательные службы на практике часто ликвидируют чрезвычайные ситуации, вызванные различными проявлениями и воздействиями электричества. Специальные знания пожарным спасателям нужны для быстрой оценки соответствующей ситуации, возможного прогнозирования действий и учета последствий воздействия электрического тока различного происхождения и мощности. Руководитель ликвидации ЧС вряд ли знает все параметры движения электронов в различных средах

(включая живые клетки организма) и характеристики электромагнитных полей на макро- и микроуровнях для принятия необходимых мер. Однако он обязан принять оптимальное решение по ликвидации последствий, принять и реализовать все необходимые мероприятия для безопасного проведения аварийно-спасательных работ, предусмотреть и предупредить поражения электрическим током населения и своих работников-спасателей, а также учитывать возможность наступления иных форс-мажорных обстоятельств, природного, технического и гуманитарного происхождения.

Следовательно, программа обучения курсантов и студентов спасательных служб должна предусматривать подготовку к динамике изменений, непредсказуемости, сложности, отсутствию одного выделенного направления, одним словом — привнести новые стандарты строгости в мышление, с тем чтобы помочь им выработать такую же строгость и точность в действиях.

Исходя из сказанного, целесообразно ввести в образовательную программу подготовки спасателей изучение логики, в частности теоретических званий об основных формах мышления, таких как понятие, суждение, умозаключение; о логических ошибках или уловках, путях их выявления, критики и исправления; об основных законах правильного мышления — законе тождества, законе непротиворечия, законе исключенного третьего, законе достаточного основания.

Необходимо выработать практические навыки, а именно: правильно анализировать имеющуюся информацию; выдвигать правдоподобные гипотезы (версии) и проверять их; критиковать и исправлять различные ошибки; принимать логически обоснованные решения.

Следует понимать также, что знание логических операций и процедур не является панацеей и совсем необязательно поможет работнику спасательных служб принять правильное и конструктивное решение, однако оно безусловно поможет избежать принятия неверных решений и неправильных, ошибочных действий в условиях ЧС.

Резюмируя, можно сказать, что использование элементов логики позволит работникам спасательных служб более грамотно и четко управлять своими действиями, действиями подчиненных и населения, уменьшить риск принятия ошибочных решений, более адекватно реагировать на изменяющуюся обстановку в районе чрезвычайной ситуации.

В этой связи есть смысл рассмотреть возможность дополнить (скорректировать) программу обучения курсантов и студентов, ввести изучение логики (либо отдельных ее разделов, например фрагментов булевой алгебры и пр.) в курсы специальных дисциплин.

Литература

[1] Тягло А. В., Критическое мышление: проблема мирового образования XXI века / А. В. Тягло, Т. С. Воропай. - Харьков, 1999.
[2] Тоффлер А., Футурошок / А. Тоффлер., СПб., 1997.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 147–153

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.12

Jarosław Krzywański
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa
e-mail: j.krzywanski@ajd.czest.pl

ZMIENNOŚĆ ZAGROŻEŃ A WYMOGI BEZPIECZEŃSTWA PRACY

Streszczenie. W artykule zaprezentowano przegląd i analizę wybranych regulacji prawnych dotyczących bezpieczeństwa pracy w aspekcie zmienności zagrożeń w środowisku pracy. Celem artykułu jest poddanie dyskusji właściwych sposobów oraz zasad postępowania, pozwalających na zapobieganie sytuacjom awaryjnym.
Słowa kluczowe: bezpieczeństwo pracy, środki bezpieczeństwa, zagrożenia zdrowia.

THE VARIABILITY OF THREATS AND THE WORK SAFETY

Abstract. The paper presents an overview and analysis of the selected regulations concerning work safety associated with the variability of threats in the work environment. The aim of the study is to discuss proper ways and rules allowing for coping with emergencies.
Keywords: work safety, security measures, health hazards.

Wstęp

Ustalenie wymogów bezpieczeństwa i higieny pracy dla normalnego, niezaburzonego toku pracy zwykle nie nastręcza dużych trudności. Szereg istniejących i funkcjonujących w życiu przepisów oraz zasad bezpieczeństwa i higieny pracy pozwala, niekiedy bardzo precyzyjnie, sformułować wymagania bhp przy wykonywaniu poszczególnych prac, z ich kolejnością włącznie.

Inaczej wygląda sytuacja, gdy w toku zwykłego cyklu procesu pracy dochodzi do pojawienia się tzw. sytuacji awaryjnej. Zgodnie z definicją, podaną w słowniku języka polskiego, awaria jest to uszkodzenie maszyny lub innego urządzenia technicznego.

Zgodnie z definicją podaną w PN-N-18002 dotyczącą systemów zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy i ogólnych wytycznych do oceny ryzyka zawodowego, awaria to zdarzenie powstałe w wyniku niekontrolowanego rozwoju sytuacji w czasie eksploatacji materiałów, urządzeń lub instalacji, prowadzące do powstania, natychmiast lub z opóźnieniem, na terenie organizacji lub poza jej terenem, poważnego zagrożenia dla zdrowia ludzkiego lub środowiska, takiego jak: duża emisja substancji szkodliwych lub niebezpiecznych, pożar, wybuch itp.

Z założenia więc w sytuacjach awaryjnych mamy do czynienia z możliwością pojawienia się szeregu dodatkowych i nieprzewidywalnych, a zarazem zmiennych stanów środowiska pracy, mogących skutkować aktywizacją nowych zagrożeń wypadkowych dla osób wykonujących pracę.

Zmienność zagrożeń można więc rozpatrywać w kontekście sytuacji awaryjnych, jakie dość często w różnej skali pojawiają się w procesach pracy. Przez zmienność zagrożeń należy rozumieć zmienność stanów środowiska pracy, mogących spowodować wypadek lub chorobę, z uwagi na dużą ich ilość, która może się pojawić, szczególnie w sytuacjach awaryjnych, uzasadnia to potrzebę opracowania niezbędnych procedur bezpieczeństwa.

Podstawowe wyzwanie, jakiemu należy sprostać w obliczu pojawiającej się sytuacji awaryjnej, zasadza się na właściwym ustaleniu prawidłowego sposobu zachowania się i postępowania, adekwatnego do charakteru zagrożeń.

Na pomoc przy realizacji tego zadania spieszy nam szereg obowiązujących regulacji prawnych. Unormowania te przede wszystkim skupiają się na eliminacji – ewentualnie ograniczeniu – zagrożeń, ale dotyczą też informowania pracowników co do sposobów postępowania w sytuacjach awaryjnych.

Publikacja ma na celu dokonanie przeglądu zagadnień i regulacji prawnych, funkcjonujących w obszarze przepisów oraz zasad bhp, odnoszących się do sytuacji awaryjnych, traktowanych jako źródło zmienności zagrożeń.

Przepisy prawa materialnego

Omawiając problematykę zmienności zagrożeń, nie sposób wymienić wszystkich opracowań, sklasyfikowanych w szerokim obszarze nauki i techniki. Liczne publikacje, różniące się tematyką i profilem, prześcigają się w wielorakich analizach i propozycjach rozwiązań, ostatecznie służących poprawie warunków i bezpieczeństwa pracy [1-10].

Tego rodzaju materiały, w zależności od konkretnej sytuacji, mogą być traktowane jak zasady bhp. Obok nich istnieje jednak dość szeroki obszar przepisów prawa materialnego, odnoszący się do zagadnień bezpieczeństwa.

Podstawowym aktem prawnym w tym zakresie jest rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów

bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. z 2003 r. Nr 169, poz. 1650 ze zmianami oraz z 2011 r. Nr 173, poz. 1034), zwane dalej „ogólnymi przepisami bhp" [11].

Przepis ten w kilku miejscach podejmuje problematykę sytuacji awaryjnych. Precyzuje m.in. obowiązek uwzględnienia zasad postępowania w sytuacjach awaryjnych, stwarzających zagrożenia dla życia lub zdrowia pracowników, w informacjach bezpieczeństwa i higieny pracy udostępnianych pracownikom do stałego korzystania.

Inny wymóg zawarto § 43 pkt 1 ogólnych przepisów bhp [1]. Zgodnie z przepisem, w sytuacjach gdy w pomieszczeniu pracy, w którym zatrudniona jest jedna osoba, istnieje możliwość wystąpienia zagrożeń dla zdrowia lub życia pracowników, w szczególności zagrożeń pożarowych, wybuchowych, porażenia prądem elektrycznym, wydzielania się gazów lub par substancji sklasyfikowanych jako niebezpieczne, pracodawca winien wprowadzić zasadę meldowania się tej osoby w ustalony sposób o oznaczonych porach.

W obszarze zagadnień związanych bezpośrednio z obsługą i stosowaniem maszyn, narzędzi i innych urządzeń technicznych, ustawodawca nałożył obowiązek instalowania urządzeń zatrzymania awaryjnego w przypadkach, gdy jest to konieczne w związku z zagrożeniami, jakie stwarza maszyna, oraz jej nominalnym czasem zatrzymania się.

Interesujący zapis znajduje się w § 18 ust. 3 rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dn. 1 października 1993 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy w oczyszczalniach ścieków (Dz. U. z dnia 15 października 1993 r.) [12]. Zgodnie z tym przepisem, każda oczyszczalnia ścieków powinna być wyposażona w dostarczone przez użytkownika instrukcje stanowiskowe obsługi maszyn, urządzeń, instalacji, zarówno technologiczne, ale też i służące zapobieganiu lub usuwaniu skutków awarii. Nieprawidłowy bowiem sposób usuwania awarii urządzeń czy instalacji, szczególnie w miejscach cechujących się licznymi zagrożeniami, może doprowadzić do pojawienia się zdarzeń wypadkowych.

Zwróćmy uwagę na osobny rodzaj prac, jakim są prace szczególnie niebezpieczne. Zgodnie z § 80 ogólnych przepisów bhp [11] przez takie prace rozumie się:

- roboty budowlane, rozbiórkowe, remontowe i montażowe prowadzone bez wstrzymania ruchu zakładu pracy lub jego części,
- prace w zbiornikach, kanałach, wnętrzach urządzeń technicznych i w innych niebezpiecznych przestrzeniach zamkniętych,
- prace przy użyciu materiałów niebezpiecznych,
- prace na wysokości,
- prace określone jako szczególnie niebezpieczne w innych przepisach bhp lub w instrukcjach eksploatacji urządzeń i instalacji, a także inne prace o zwiększonym zagrożeniu lub wykonywane w utrudnionych warunkach, jakie pracodawca uznał za szczególnie niebezpieczne.

Przepis § 81 ogólnych przepisów bhp nakłada na pracodawcę obowiązek określenia szczegółowych wymagań bezpieczeństwa i higieny pracy przy wykonywaniu prac szczególnie niebezpiecznych. Pracodawca w szczególności powinien zapewnić: bezpośredni nadzór nad tymi pracami wyznaczonych w tym celu osób, odpowiednie środki zabezpieczające, instruktaż pracowników obejmujący m.in. imienny podział pracy, kolejność wykonywania zadań, wymagania bezpieczeństwa i higieny pracy przy poszczególnych czynnościach.

Pierwsza spośród ww. kategorii prac szczególnie niebezpiecznych, tj. roboty budowlane, rozbiórkowe, remontowe i montażowe prowadzone bez wstrzymania ruchu zakładu pracy lub jego części, uwzględnia możliwość pojawienia się w strefie zagrożenia osób nie uczestniczących bezpośrednio w realizowanym procesie technologicznym, jak również prowadzenie prac w miejscach działania maszyn i innych urządzeń technicznych, co w naturalny sposób generuje dodatkowe zagrożenia. Stąd zawarty w § 82 ogólnych przepisów bhp [11] obowiązek zapewnienia takiej organizacji pracy, aby nie narażać pracowników na niebezpieczeństwa i uciążliwości wynikające z prowadzonych robót, z jednoczesnym zastosowaniem szczególnych środków ostrożności. Jego realizacja możliwa jest oczywiście na drodze wzajemnych uzgodnień pomiędzy wykonawcą i zleceniodawcą. Tak więc przed rozpoczęciem robót pracodawca, u którego mają być prowadzone roboty, oraz osoba kierująca pracami, winni ustalić szczegółowe warunki bhp z podziałem obowiązków w tym zakresie, w osobnym, podpisanym protokole. Pracowników przebywających lub mogących przebywać na terenie prowadzenia robót lub w jego sąsiedztwie należy poinformować o realizowanych pracach oraz o niezbędnych środkach bezpieczeństwa, jakie należy przedsięwziąć w czasie trwania robót. Teren prowadzenia prac należy wydzielić i zabezpieczyć przed skutkami zagrożeń oraz oznakować znakami informującymi o zagrożeniach.

Innym rodzajem prac szczególnie niebezpiecznych są prace przy użyciu materiałów niebezpiecznych. Zgodnie z § 91 ogólnych przepisów bhp są to w szczególności substancje i preparaty chemiczne sklasyfikowane jako niebezpieczne, zgodnie z przepisami o substancjach i preparatach chemicznych, ale też i materiały zawierające szkodliwe czynniki biologiczne zakwalifikowane do 3 lub 4 grupy zagrożenia. Pracodawca jest obowiązany informować pracowników o właściwościach fizycznych, chemicznych i biologicznych stosowanych w zakładzie pracy materiałów, półfabrykatów i wyrobów gotowych oraz o ryzyku dla zdrowia i bezpieczeństwa pracowników związanym z ich stosowaniem, a także o sposobach bezpiecznego ich stosowania oraz postępowania z nimi w sytuacjach awaryjnych. Stąd dla przykładu w myśl rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (Dz. U. z dnia 11 maja 2005 r.) [13] pracodawca ma obowiązek sporządzić plan postępowania na wypadek awarii

z udziałem szkodliwego czynnika biologicznego zakwalifikowanego do grupy 3 lub 4 zagrożenia.

Z uwagi na zagrożenia, jakie mogą stanowić czynniki biologiczne zakwalifikowane do grupy zagrożenia 3 lub 4, pracodawca ma dodatkowo obowiązek prowadzenia rejestrów: prac narażających pracowników na działanie szkodliwego czynnika biologicznego zakwalifikowanego do grupy 3 lub 4 zagrożenia oraz rejestru pracowników narażonych na działanie szkodliwych czynników biologicznych zakwalifikowanych do grupy 3 lub 4 zagrożenia.

Ryzyko zawodowe

Z omawianym tematem wiąże się pojęcie ryzyka zawodowego. Definicja ryzyka zawodowego podana została m.in. w ogólnych przepisach bhp [11]. Ryzyko zawodowe rozumiane jest tam jako prawdopodobieństwo wystąpienia niepożądanych zdarzeń związanych z wykonywaną pracą, powodujących straty, w szczególności wystąpienia u pracowników niekorzystnych skutków zdrowotnych w wyniku zagrożeń zawodowych występujących w środowisku pracy albo też sposobu wykonywania pracy.

Przez zagrożenie rozumie się zaś stan środowiska pracy mogący spowodować wypadek lub chorobę.

Zgodnie z art. 226 Kodeku pracy pracodawca winien ocenić i udokumentować ryzyko zawodowe związane z wykonywaną pracą oraz zastosować niezbędne środki profilaktyczne. Kolejnym etapem ograniczenia ryzyka zawodowego jest poinformowanie pracowników o ryzyku zawodowym, jakie wiąże się z wykonywaną pracą, oraz o zasadach ochrony przed zagrożeniami.

Oczywistym jest więc fakt, iż ocena ryzyka winna, na ile jest to możliwe, uwzględniać zagrożenia, do aktywizacji których dojść może w sytuacjach awaryjnych. Stąd tak istotnym etapem oceny ryzyka zawodowego jest właściwa i pełna identyfikacja możliwych zagrożeń wypadkowych.

Zmienność zagrożeń a szkolenie w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy

Z uwagi na istniejący w art. 226 Kodeku pracy obowiązek informowania pracowników o ryzyku zawodowym, jakie wiąże się z wykonywaną pracą, przyjrzyjmy się krótko zagadnieniom z zakresu szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy. Problematyka ta została uregulowana w rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 27 lipca 2004 r. w sprawie szkolenia

w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. Nr 180, poz. 1860 ze zmianami oraz z 2007 r. Nr 196, poz. 1420) [14].

Zgodnie z § 3 rozporządzenia [14] szkolenie zapewnia uczestnikom m.in. zaznajomienie się z czynnikami środowiska, mogącymi stanowić źródło zagrożeń dla bezpieczeństwa i zdrowia pracowników podczas pracy, oraz z procedurami zapobiegawczymi.

Celem szkolenia bhp jest też nabycie przez pracowników umiejętności wykonywania pracy w sposób bezpieczny dla siebie i innych osób, postępowania w sytuacjach awaryjnych oraz udzielenia pomocy.

Szkolenie w dziedzinie bhp organizowane jest jako szkolenie wstępne i okresowe. Wstępne szkolenie bhp obejmuje instruktaż ogólny i stanowiskowy. Instruktaż ogólny ma za zadanie zapoznać jego uczestników z podstawowymi przepisami bhp, w tym przepisami i zasadami bhp obowiązującymi w danym zakładzie pracy, oraz z zasadami udzielania pierwszej pomocy.

Zadaniem instruktażu stanowiskowego jest zapoznanie pracowników z czynnikami środowiska pracy, występującymi na ich stanowiskach pracy, oraz z ryzykiem zawodowym związanym z wykonywana pracą, sposobami ochrony przed zagrożeniami i metodami bezpiecznego wykonywania pracy na tych stanowiskach.

Okresowe szkolenie bhp ma zaś na celu aktualizację oraz ugruntowanie wiedzy i umiejętności w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy. Ma ono również za zadanie zaznajomienie uczestników szkolenia z nowymi rozwiązaniami techniczno-organizacyjnymi w tym zakresie.

Szkolenie w dziedzinie bhp, zwłaszcza instruktaż stanowiskowy, jak również informacja o ryzyku zawodowym, jakie wiąże się z wykonywaną pracą, i o sposobach ochrony przed zagrożeniami, to jedna z podstawowych metod profilaktyki wypadkowej. Od jakości wdrażania tychże metod niejednokrotnie zależy przestrzeganie w zakładzie niezbędnych procedur bezpieczeństwa, zwłaszcza w obliczu wystąpienia zmienności zagrożeń.

Podsumowanie

Z przedstawionej analizy wyłania się dość jasno wniosek, iż na każdym etapie organizacji stanowisk pracy pamiętać należy o możliwości pojawienia się sytuacji awaryjnych. Dotyczy to nie tylko etapu projektowania, ale też i zwykłej eksploatacji maszyn czy urządzeń technicznych.

Tylko takie podejście umożliwia ustalenie prawidłowych zasad postępowania w sytuacjach awaryjnych, dokonanie właściwego doboru technicznych systemów bezpieczeństwa oraz wdrożenie adekwatnego zakresu i formy szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy, z uwzględnieniem metod bezpiecznego wykonywania pracy.

Literatura

[1] Michalik J.S., Gajek A., Słomka L., Poważne awarie w transporcie drogowym niebezpiecznych chemikaliów (2) – ocena skutków, Bezpieczeństwo Pracy - nauka i praktyka, 2011, Nr 4, s. 6-8.
[2] Michalik J.S., Zagrożenia poważnymi awariami w Polsce - stan aktualny, Bezpieczeństwo Pracy - nauka i praktyka, 2007, Nr 5, 14-18.
[3] Krzywański J., Prace w niebezpiecznych przestrzeniach zamkniętych, Kadry i Płace w Administracji, 2014, Nr 4, s. 62-64.
[4] Kozajda A., Szadkowska-Stańczyk I., Ochrona pracowników medycznych laboratoriów diagnostycznych przed narażeniem na czynniki biologiczne, Medycyna Pracy, 2011, Nr 62 (3), s. 291-295.
[5] Prauzner T., Zakłócenia elektromagnetyczne w elektronicznych systemach alarmowych. Przegląd Elektrotechniczny, 2012 Nr 12b, s. 205-208, ISSN 0033-2097.
[6] Ptak P., Prauzner T., Badania czujników detekcji zagrożeń w systemach alarmowych. Przegląd Elektrotechniczny, 2013 Nr 10, s. 274-276, ISSN 0033-2097.
[7] Łabanowski W., Bezpieczeństwo użytkowania maszyn, Główny Inspektorat Pracy, 2012, www.pip.gov.pl.
[8] Prauzner T., Systemy monitoringu w inteligentnym budynku, Prace Naukowe AJD. Edukacja Techniczna i Informatyczna, 2012, s. 113-124, ISSN 1897-4058, ISBN 978-83-7455-298-1.
[9] Ptak P., Borowik L., Diagnostyka zabezpieczeń antykorozyjnych na potrzeby elektroenergetyki. Przegląd Elektrotechniczny, 2012 nr 09a, s. 142-145, ISSN 0033-2097.
[10] Grausz T.W., Nanomateriały. Bezpiecznie w pracy, Główny Inspektorat Pracy, 2013, www.pip.gov.pl.
[11] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 26 września 1997 r. w sprawie ogólnych przepisów bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. z 2003 r. Nr 169, poz. 1650 ze zmianami oraz z 2011 r. Nr 173, poz. 1034).
[12] Rozporządzenia Ministra Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa z dn. 1 października 1993r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy w oczyszczalniach ścieków (Dz. U. z dnia 15 października 1993 r.).
[13] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (Dz. U. Nr 81, poz. 716 ze zmianami z 2008 r. Nr 48, poz. 288).
[14] Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 27 lipca 2004 r. w sprawie szkolenia w dziedzinie bezpieczeństwa i higieny pracy (Dz. U. Nr 180, poz. 1860 ze zmianami oraz z 2007 r. Nr 196, poz. 1420).

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 155–164

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.13

Katarína Lestyánszka Škůrková[1], Robert Ulewicz[2]
[1] Faculty of Materials Science and Technology in Trnava
Paulinska 16, 917 27 Trnava
[2] Czestochowa University of Technology
al Armii Krajowej 19 B, 42-200 Częstochowa
e-mail: katarina.skurkova@stuba.sk, ulewicz@zim.pcz.pl

PROCESS CAPABILITY STUDY BY PRODUCTION OF HYDRAULIC COMPONENTS

Abstract. This study focuses on ISO evaluation of process capability in the production of hydraulic components according to ISO 9001: 2008 Quality Management Systems requirements. Statistical process control is analysed on the basis of normality and stability of the process, and cutting process capability indices C_p and C_{pk} are calculated. The values obtained for indices are $C_p = 3.29$ and $C_{pk} = 0.73$. Therefore, it can be considered the process is capable.
Keywords: serial production, control charts, process capability, C_p and C_{pk} indices, process stability.

BADANIE ZDOLNOŚCI JAKOŚCIOWEJ PROCESU PRODUKCJI ELEMENTÓW HYDRAULICZNYCH

Streszczenie. Przedstawione badania dotyczą analizy zdolności jakościowej procesu produkcji elementów hydraulicznych zgodnie z normą ISO 9001: 2008 (Wymagania dotyczące systemów zarządzania jakością). Statystyczna kontrola procesu cięcia jest analizowana na podstawie rozkładu normalnego i analizy zdolności jakościowej procesu w oparciu o współczynniki C_p i C_{pk}. Uzyskane wyniki *współczynników* wynoszą odpowiednio $C_p = 3{,}29$ i $C_{pk} = 0{,}73$. W oparciu o uzyskane wyniki możemy uznać, że proces jest statystycznie uregulowany, ale przesunięty względem wartości nominalnej.
Słowa kluczowe: produkcji seryjna, karty kontrolne, zdolność jakościowa procesu, współczynniki C_p, C_{pk}, uregulowanie statystyczne procesu.

Introduction

The manufacturing organization is situated in Middle Slovakia and deals with the manufacturing of hydraulic and electronic components. It was discovered by the observations that qualitative errors arise in the manufacturing process. Therefore, it was necessary to implement the statistical control into the manufacturing process, and the chosen product was one component on axial hydroelectric generator, presented in Figure 1.

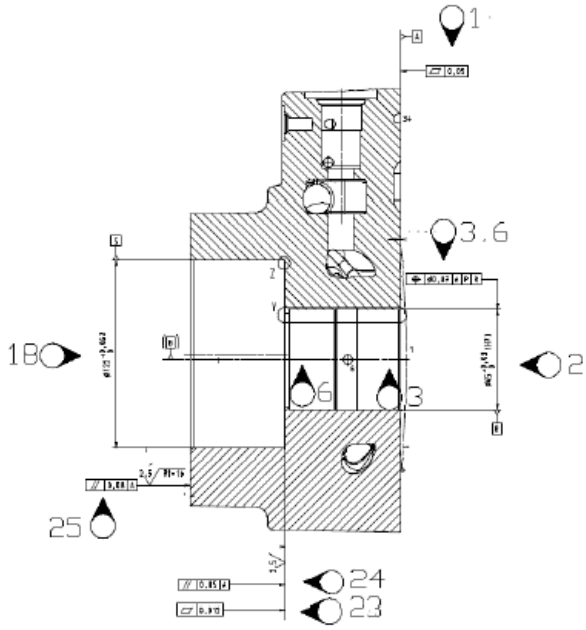


Fig. 1. Cut through the component / component technical documentation (own source)

In practice, the important group of statistic methods is formed by analyzing of qualification of measures, production equipment and qualification of process. From statistic methods mentioned above the mostly used is one examination of process qualification. By the term „process qualification“ we mean ability of the process to observe when technical parameters required value and tolerance limits. By finding of the process capability we can isolate estimate process capability (before starting the production) and permanent process capability. The main distinction is in time span, in quantity of obtained values and in the form of obtaining. These information present the fact for the customer about expected fulfilment his requirements.

We can say that the process is capable if C_p a C_{pk} indicates are higher than 1.33.

Between input data belong:

- definitive conditions series production,
- convenient and able measuring equipment accuracy,
- able production facilities,
- statistically encompassment process through the quality control charts,
- test on assumed division,
- technical and others specification correctly expressive customer's request.

Materials and methods

Description of the process:
Operating step: Drilling
Mark: mean of the hole
Rating value: 65.000 +0.030 mm
Lower Specification limit (LSL): 65.000 mm
Upper Specification limit (USL): 65.030 mm
Check centre: Zeiss
Volume of subgroup: N = 115
Measure of subgroup: n = 5
Interval of taking: every 30 minutes
Number of subgroups: k = 23

Criteria for evaluation competence are Cp and Cpk indexes. From specification products as critical point of viewer we consider the mean of the hole 65.000 +0.030 mm. This is the key sign for the component. The key sign in the company is defined as a sign, where the expected normal variability of the process influences the product´s functioning and customer´s satisfaction. We suppose normal division of the process and suitability of applications partitions we appreciate through the histogram. For regulation of the drilling process we shall use regulating schema control chart for average and span ($\overline{X}$, R).

Calculation of specification limits

Plotting and evaluation of control charts for average $\overline{X}$ and range *R*

Values calculated are used for plotting the control charts for average and range, which are analysed and evaluated after that. The drilling process is statistically controlled only when its variability is caused by random causes. If the drilling process is affected by definable causes, it is necessary to determine the reason of negative effects and correct measure witch leads leading to the achievement of process stability.

average range in subgroups

$$\overline{X_i} = \frac{1}{n}\sum_{j=1}^{n} X_{ij} \tag{1}$$

i = 1, 2 ....k and j = 1, 2 ...n,
X_{ij} – measured value in i- subgroups
j –serial number of measured value in i- subgroups
k –number of subgroups
n –file size

span in subgroups

$$R_i = MAX(X_{ij}) - MIN(X_{ij}) \tag{2}$$

i = 1, 2 ... k and j = 1, 2 ...n
MAX (X_{ij}) and MIN(X_{ij}) is maximum and minimum value in i-th subgroup.

average of process:

$$\overline{\overline{X}} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} \overline{X_i} \tag{3}$$

$\overline{X_i}$ - average of j – th subgroup

Average of span:

$$\overline{R} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} R_i \tag{4}$$

R_iX_i are spans and averages in *i*-th subgroups (*i*=1, 2, ...*k*). $\overline{R}$ and $\overline{\overline{X}}$ in quality control charts are central lines (*CL*).

Calculation of specification limits:

$$UCL_R = D_4 \cdot \overline{R} \tag{5}$$

$$LCL_R = D_3 \cdot \overline{R} \tag{6}$$

$$UCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} + A_2 \cdot \overline{R} \tag{7}$$

$$LCL_{\overline{X}} = \overline{\overline{X}} - A_2 \cdot \overline{R} \tag{8}$$

D_4 ,D_3 and A_2 are constants moving in dependence on volume of subgroups *n* in our case n = 5: $D_3 = 0.000$, $D_4 = 2.114$, $A_2 = 0.577$.

Qualification of drilling process

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\hat{\sigma}} = \frac{T}{6\hat{\sigma}} \tag{9}$$

$$C_{PK} = \frac{USL - \overline{\overline{X}}}{3\hat{\sigma}} \tag{10}$$

$$C_{PK} = \frac{\overline{\overline{X}} - LSL}{3\hat{\sigma}} \tag{11}$$

USL – Upper Specification limit
LSL – Lower Specification limit

Production process capability
It is possible to evaluate the drilling process capability if the following conditions are met:

- process is statistically controlled (stable),
- measured values of the process are characterised by normal distribution,
- technical and other specifications are defined by customer requirements,
- nominal value is located in the centre of tolerance range.

Values of drilling process capability are expressed by the capability indices C_p and C_{pk}. Before starting to calculate the process capability indices, process standard deviation needsw to be estimated:

- estimation of process standard deviation:

$$\hat{\sigma} = \frac{\overline{R}}{d_2} \tag{12}$$

where:
$\overline{R}$ – average range in subgroups,
d_2 – constant of a central line, changing according to subgroup size from 2 to 25, the value $d_2 = 2.326$ corresponds to $n = 5$.

The resulting drilling process indices must meet the previously specified condition ($C_p \geq 1.33$ and $C_{pk} \geq 1.33$), which can be corrected by the given organization according to internal requirements (cannot be lower).

Results and discussion

In the drilling process we obtained by measuring 115 values, which were divided into 23 sub-groups with a range of 5 products in one sub-group (Tab. 1).

Table. 1. Measured data (own source)

Subgroup	Product				
1	65,0294	65,0284	65,0273	65,0274	65,0278
2	65,0285	65,0294	65,0284	65,0268	65,0290
3	65,0280	65,0289	65,0264	65,0271	65,0274
4	65,0270	65,0286	65,0276	65,0264	65,0249
5	65,0260	65,0267	65,0254	65,0247	65,0254
6	65,0252	65,0254	65,0248	65,0241	65,0239
7	65,0235	65,0243	65,0248	65,0253	65,0249
8	65,0252	65,0250	65,0259	65,0260	65,0260
9	65,0262	65,0252	65,0256	65,0251	65,0238
10	65,0255	65,0251	65,0243	65,0239	65,0284
11	65,0287	65,0260	65,0284	65,0285	65,0286
12	65,0280	65,0293	65,0289	65,0290	65,0261
13	65,0281	65,0287	65,0299	65,0276	65,0281
14	65,0256	65,0282	65,0240	65,0286	65,0299
15	65,0274	65,0290	65,0287	65,0295	65,0283
16	65,0284	65,0257	65,0290	65,0257	65,0284
17	65,0277	65,0283	65,0292	65,0289	65,0261
18	65,0276	65,0278	65,0291	65,0272	65,0273
19	65,0280	65,0291	65,0263	65,0250	65,0270
20	65,0280	65,0265	65,0266	65,0259	65,0287
21	65,0249	65,0261	65,0266	65,0260	65,0240
22	65,0259	65,0259	65,0261	65,0264	65,0264
23	65,0243	65,0244	65,0230	65,0264	65,0286

The measured values presented in the histogram show that the process isn´t in statistical control (Figure 2).

The dispersion of the process is very small comparing tolerance zones, but the whole process is shifted to the upper tolerance zone. Histogram has two top peaks, which are probably affected by tool changing. For a correction action it is necessary to move the process into the middle of tolerance zones.

For quality ($\overline{X}, R$) control charts were calculated central limits:

UCL_X= 65.02844 mm

LCL_X= 65.02522 mm

$\overline{\overline{X}}$ =65.02680 mm

UCL_R = 0.0059 mm

$\overline{R}$ =0.0028mm

Based on the calculated values there were plotted control charts for span R (Figure 3) and average $\overline{X}$ (Figure 4).

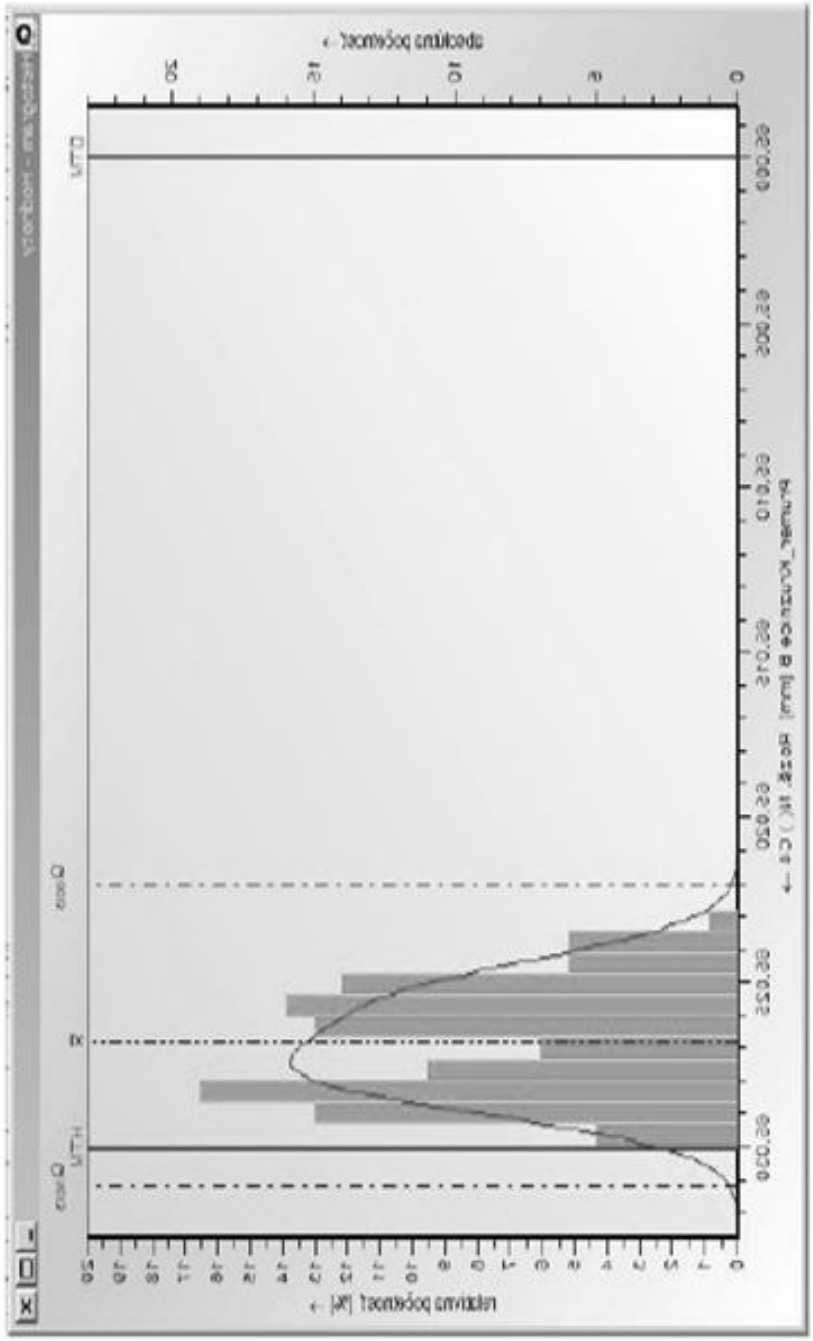


Fig. 2. Histogram of the measured data (own source)

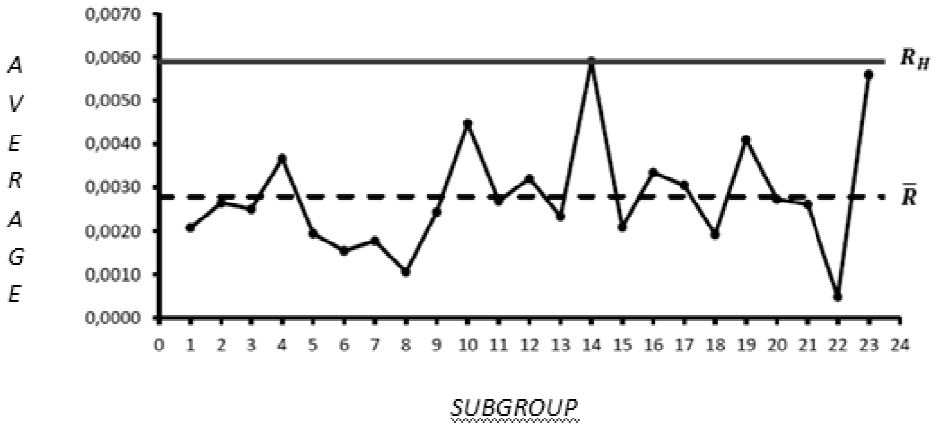


Fig. 3. Control chart for span R (own source)

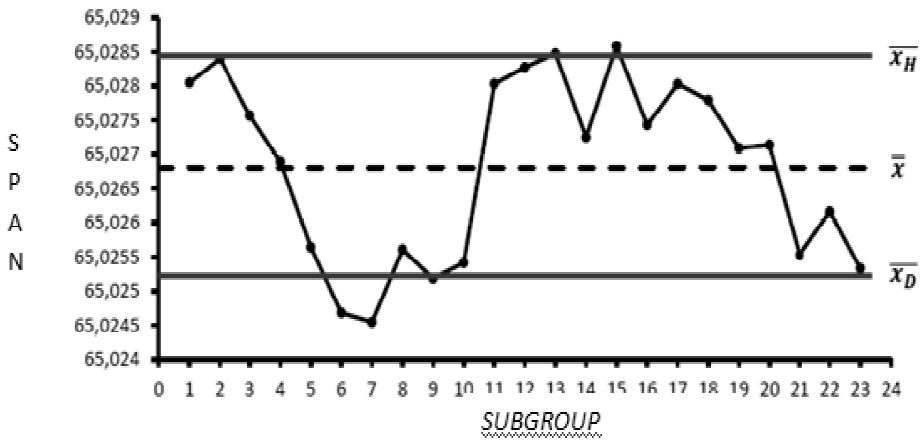


Fig. 4. Control chart for average $\overline{X}$ (own source)

As we can see in the Figure 3, each measured values in subgroups are within the control limits, only one is located on the upper control limit. In the Figure 4 is plotted control chart for average. We can see, that subgroups 6, 7 and 15 are located out of control limits and subgroups 9 and 13 are located on the control limits. So therefore we can consider this process unstable.

We also calculated the indices C_p and C_{pk}. The calculated values are $C_p = 3.29$ and $C_{pk} = 0.73$.

Based on these values, we can consider the drilling process unstable because the critical value is lower than 1.33 and therefore it is necessary to suggest the corrective actions.

Summary

The methods of statistical process control and evaluation of drilling process capability verify an inability of the process to meet the defined requirements of product quality. Drilling process is influenced by definable causes, therefore we should suggest the corrective actions. We calculated following values: the indices C_p = 3.29 and C_{pk} = 0.73. As the most important factor was given the tool – reamer. The reamer is used to hole making. This tool was produced on the upper level of the tolerance: +0.027 till 0.029. The reason was the durability. If the tool was worn-downed in some microns, it was still able to produce the required dimension. The inaccuracy of the tool ficture and of the machine spindle is main reason, that the reamer produce the dimension on the highest tolerance, in some cases out of tolerance.

Therefore it is necessary to produce the reamer with less nominal size about 0.01 mm.

Acknowledgement

This paper was prepared with the support of the project VEGA No 1/0448/13 'Transformation of ergonomic programme into management structure through integration and utilization of QMS, EMS, HSMS'.

References

[1] Andrássyová Z., Pauliček T., Pichňa P., Kotus M., Improving quality of statistical process by dealing with non-normal data in the automotive industry. Management systems in production engineering. No. 3 (2012).
[2] Girmanová L., Šolc M. et all., Nástroje a metódy manažérstva kvality, 1. vyd. Košice: HF TU 2009.
[3] Hrubec J., Riadenie kvality. ES SPU. Nitra 2001.
[4] Konstanciak M., Analysis of technological strategies on the example of the production of the tramway wheels. In: Archives of Materials Science and Engineering 2012 Vol.57 Iss.2.
[5] Korenko M., Manažérstvo kvality procesov. Nitra: SUA in Nitra 2012.
[6] Škůrková K., Šesták M., The capability of turning process by screws production. In Production Engineering. Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk 2009.

[7] Ulewicz R., Kruzel R., Chapter 14. Use of Criteria Standards in Quality Assurance Process, Production Engineering, Ed.and Scientific Elaboration Stanisław Borkowski, Robert Ulewicz. 2009
[8] Valková J., Application of statistical control in the manufacturing process of Rear cover- Hytron H1P. (Bachelor thesis) 2013. MTF STU so sídlom v Trnave
[9] STN EN ISO 8258: 1995 (010271). Shewhart control charts.
[10] STN EN ISO 9001: 2009. Quality management systems. Requirements.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 165–174

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.14

Radosław Mandecki[1], Sylwia Mandecka[1], Edmund Paweł Golis[2], Jacek Filipecki[2]
[1]Wojewódzki Szpital Specjalistyczny im. NMP
ul. Bialska 104/118, 42-200 Częstochowa
[2]Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa
e-mail: j.filipecki@ajd.czest.pl

WPŁYW NOWOCZESNYCH TECHNIK NAPROMIENIENIA NA BEZPIECZEŃSTWO RADIOLOGICZNE W RADIOTERAPII

Streszczenie. We współczesnej radioterapii nowotworów duży nacisk stawia się na bezpieczeństwo radiologiczne oraz implementację nowoczesnych technik napromieniania, co ma duży wpływ na ograniczenia dawki w narządach krytycznych napromienianego obszaru. W niniejszej pracy skupimy się na przedstawieniu rozkładu dawek w narządach krytycznych, przy zastosowaniu dwóch technik napromieniania, konformalnej radioterapii 3DCRT oraz modulacji intensywności dawki IMRT/VMAT, jak również charakterystyk samych wiązek terapeutycznych, uwzględniając ochronę radiologiczną.
Słowa kluczowe: radioterapia, techniki napromieniania, bezpieczeństwo radiologiczne.

THE IMPACT OF MODERN RADIATION TECHNIQUES FOR RADIATION SAFETY IN RADIOTHERAPY

Abstract. In modern radiotherapy puts emphasis on radiation safety and the implementation of modern techniques of irradiation. This has a major influence on dose-limiting organ critical irradiated area. In this paper, we will focus on presentation of the dose distribution in the critical organs. Two irradiation techniques: conformal radiotherapy 3DCRT and dose intensity modulation IMRT were used. Also presented taking into account the characteristics of the therapeutic beam radiation safety.
Keywords: radiotherapy, irradiation techniques, radiological safety.

Wprowadzenie

Promieniowanie jonizujące wykorzystywane w medycynie stosowane jest głównie w celach diagnostycznych, jak i terapeutycznych. W każdej dziedzinie medycyny, gdzie wykorzystuje się promieniowanie jonizujące – w radiologii, medycynie nuklearnej, radioterapii – stosuje się zasady ochrony radiologicznej. Oczywiście pod pojęciem ochrony radiologicznej kryje się ochrona nie tylko pacjenta, ale także personelu, który jest również narażony na bezpośrednie działanie promieniowania jonizującego. Przestrzega się zasad ochrony radiologicznej, które zapobiegają przekroczeniu dawek granicznych [1].

Pojęcie ochrony radiologicznej oznacza ochronę przed promieniowaniem korpuskularnym (alfa, beta, neutronowe) i elektromagnetycznym (X, gamma). Stosując zasady ochrony radiologicznej, posługujemy się [2]:

- akty prawne (ustawy, rozporządzenia),
- procedury medyczne,
- procedury wewnętrzne,
- system kontroli jakości,
- szkolenia.

Procedury medyczne z zastosowaniem promieniowania jonizującego stosuje się zgodnie z zasadą ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), czyli zasadą optymalizacji (zysk musi być zawsze większy od straty) [3].

Głównym celem radioterapii jest zniszczenie komórek nowotworowych promieniowaniem jonizującym. Podczas tego procesu niszczymy również tkanki zdrowe. Planując rozkład dawki w napromienianym obszarze, powinniśmy zminimalizować uszkodzenia zdrowych komórek, przy jednoczesnym dostarczeniu dużej dawki do zmiany nowotworowej [4]. Mówiąc o komórkach zdrowych, mamy na myśli narządy krytyczne, np.: soczewki, pień mózgu, płuca, nerki itp. (*OAR - Organ At Risk*), których uszkodzenie może pogorszyć jakość życia lub doprowadzić do zgonu pacjenta.

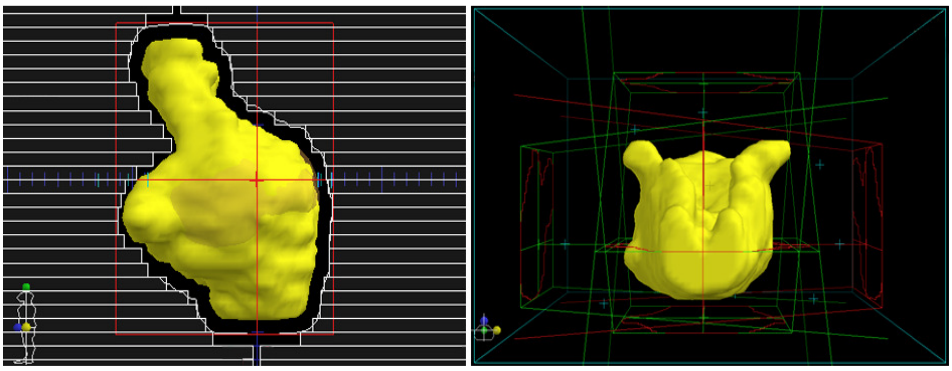
Rodzaje technik napromienienia

Standardową techniką planowania leczenia jest radioterapia konformalna 3DCRT (*CRT - Conformal Radiotherapy*), czyli technika dostosowania kształtu pewnej wartości dawki lub mocy dawki (*Izodozy)* do objętości napromienianego obszaru. Stosując technikę modulowanej intensywności dawki IMRT/VMAT (*Intensity Modulated Radiation Therapy/Volumetric Modulated Arc Therapy*), możemy ograniczyć dawki w narządach krytycznych, co ma bardzo duży wpływ na jakość życia po radioterapii. Praktycznie w każdej lokalizacji stosuje

się technikę IMRT/VMAT, ale najczęściej są to nowotwory głowy i szyi oraz prostaty.

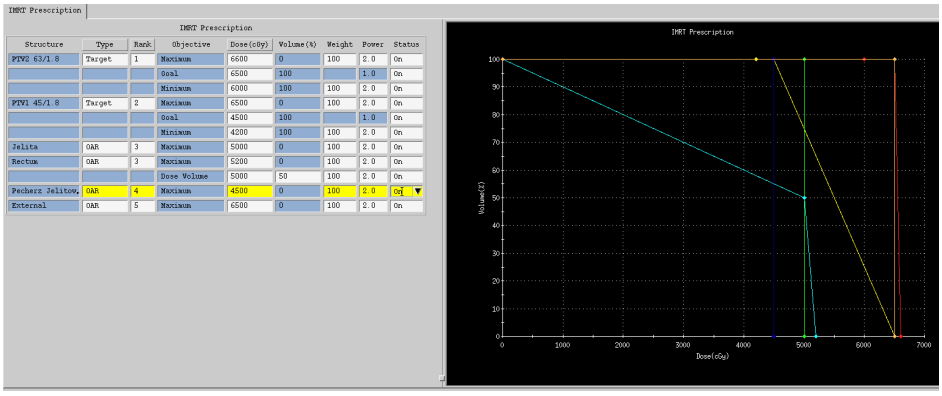
W radioterapii konformalnej 3DCRT, w procesie planowania leczenia stosuje się standardowe statyczne pola modyfikowane kolimatorem wielolistkowym MLC (*Multi Leaf Collimators*), który precyzyjnie dostosowuje się do kształtu guza nowotworowego (Rys. 1) [4]. Stosuje się również inne modyfikatory, takie jak filtry klinowane oraz osłony indywidualne.

W zmianach nowotworowych znajdujących się w obszarze miednicy stosuje się od 3 do 8 wiązek terapeutycznych. Jest to optymalna liczba wiązek do uzyskania jednorodnego rozkładu dawki, stosowana w tej technice napromienienia dla tej konkretnej lokalizacji nowotworu.

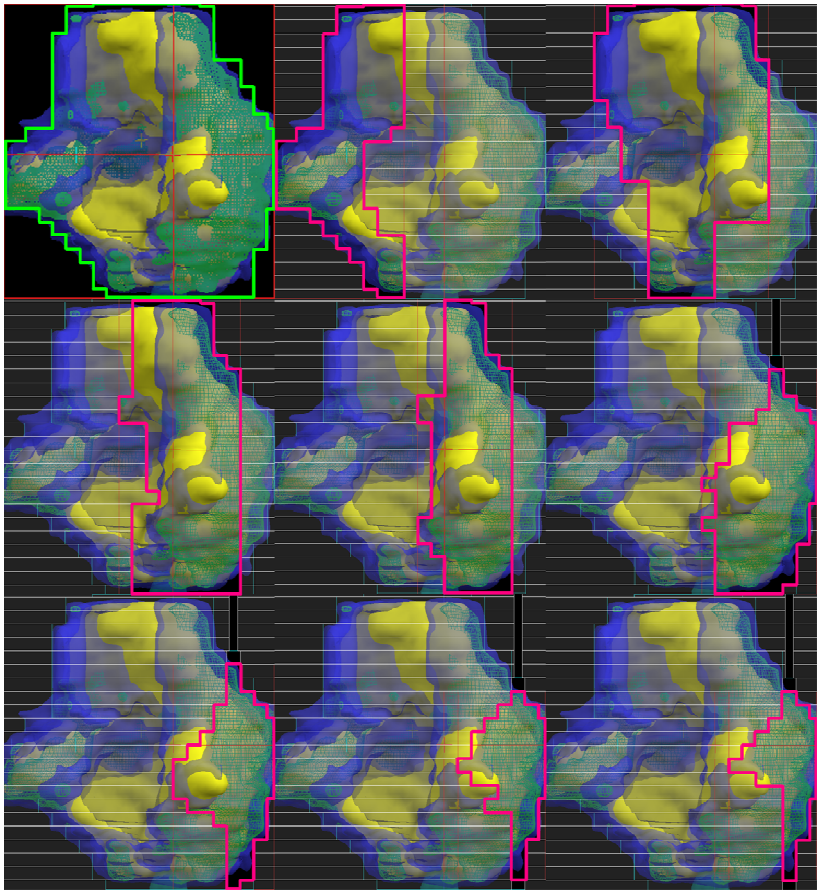


Rys. 1. Kształt pola modyfikowanego listkami (MLC) w standardowej konformalnej technice 3DCRT oraz układ czterech wiązek (box), stosowany w lokalizacji miednicy

Jedną z nowocześniejszych technik konformalnej radioterapii jest naświetlanie metodą IMRT/VMAT. Metoda ta polega na zmianie kształtu pola napromienianego obszaru w czasie seansu radioterapeutycznego, dlatego zwana jest techniką dynamiczną [5]. W metodzie VMAT natomiast dodatkowo wprowadzono w czasie seansu terapeutycznego ruch obrotem ramienia akceleratora, co ma za zadanie skrócić czas naświetlania. Różnice między konformalnymi technikami 3DCRT i IMRT/VMAT polegają między innymi na metodzie planowania leczenia. W komputerowym systemie planowania leczenia (*SPL*) wykorzystuje się proces odwrotnego planowania (*Inverse Planning*). Podawanymi w tym procesie danymi są geometria i liczba wiązek oraz energia promieniowania. Uwzględnia się ograniczenia dawki – objętość oraz parametry dawki (*minimum, maksimum i dawka średnia*), wszystkie interesujące struktury anatomiczne, wraz z obszarami nowotworowymi (Rys. 2). Pole MLC podzielone jest na mniejsze segmenty, które napromieniane są sekwencyjnie. Dzięki temu jest możliwe przysłanianie tkanek zdrowych (Rys. 3).



Rys. 2. Okno modułu definiowania dawki/objętości oraz optymalizacji w technice konformalnej IMRT



Rys. 3. Pole podzielone na segmenty w technice konformalnej radioterapii IMRT

Obszar, w którym założono podanie mniejszych dawek, jest dłużej przysłaniany listkami kolimatora MLC w czasie naświetlania od obszarów z zaplanowaną wyższą dawką [4]. W technice dynamicznej IMRT wyróżnia się kilka metod napromieniania: Step and Shoot, Sliding Window.

Metoda Step and Shoot polega na podziale pola MLC na mniejsze subpola, zwane inaczej segmentami. Listki MLC kształtują segment, każdy z nich ma inny kształt. Emisja promieniowania następuje po ustawieniu kąta głowicy akceleratora i poszczególnego segmentu. Metoda ta może być nazwaną metodą statyczną, gdyż emisja promieniowania następuje dopiero po ustawieniu i zafiksowaniu kąta głowicy i pola MLC.

Metoda Sliding Window polega na przesuwaniu naprzeciwległych listków MLC, co wiąże się z formowaniem różnej wielkości pola. Listki mogą poruszać się z różną prędkością co ma decydujący wpływ na rozkład dawki. Emisja promieniowania następuje w czasie ruchu listków (kształtowania pola). Metoda ta jest często nazywana dynamicznym MLC (*DMLC - Dynamic MLC*) [6].

Tolerancja dawek w organach krytycznych

W procesie planowania leczenia i bezpieczeństwa pacjenta bardzo ważnym elementem jest określenie dawek granicznych w organach krytycznych. Jak już wcześniej wspomniano, pojawiającym się problemem jest dostarczenie wysokiej dawki do objętości docelowej, a jednocześnie zminimalizowanie dawki w tkankach zdrowych. Zostały więc opracowane dane kliniczne oraz stworzone tabele z tolerancjami poszczególnych narządów krytycznych [7].

Pierwsze dane zalecanych dawek tolerancji opublikował P. Rubin, G. Casarett w 1968 roku Wprowadzono pojęcia TD 5/5 i TD 50/5, czyli NTCP 5% i 50%, czyli prawdopodobieństwo 5% i 50% wystąpienia powikłań w ciągu 5 lat po radioterapii [8].

W kolejnych latach pojęcie TD 5/5 i TD 50/5 zostało zmodyfikowane. Dawki tolerancji tkanki zostały określone po $^{1}/_{3}$, $^{2}/_{3}$, $^{3}/_{3}$ wielkości cząstkowych organów (Tab. 1). Np. organ krytyczny pęcherz (*Bladder*) może zaabsorbować dawkę promieniowania jonizującego wynoszącą 6500cGy dla objętości 3/3, czyli całego organu krytycznego.

W roku 2010 zostały przedstawione przez grupę ekspertów normy tolerancji tkanek na działanie promieniowania (*QUANTEC - QUantatative Analysis of Normal Tissue Effects in the Clinic*) [10-12].

Organ	TD 5/5 volume[a] 1/3	2/3	3/3	TD 50/5 volume[a] 1/3	2/3	3/3	Selected end point
Kidneys	5,000	3,000[b]	2,300		4,000[b]	2,800	Clinical nephritis
Bladder		8,000	6,500		8,500	8,000	Symptomatic bladder contracture and volume loss
Bone							
Femoral head			5,200			6,500	Necrosis
TMJ	6,500	6,000	6,000	7,700	7,200	7,200	Marked limitatio of joint function
Rib cage	5,000			6,500			Pathologic fractur
Skin			100 cm^2 / 5,000			100 cm^2 / 6,500	Telangiectasis
Skin	10 cm^2 / 7,000	30 cm^2 / 6,000	100 cm^2 / 5,500			100 cm^2 / 7,000	Necrosis/ulceratic
Oral mucosa			50 cm^3 / 6,000			50 cm^3 / 7,500	Ulcer/fibrosis
Brain	6,000	5,000	4,500	7,500	6,500	6,000	Necrosis/infarctic
Brainstem	6,000	5,300	5,000			6,500	Necrosis/infarctic
Optic nerve			5,000			6,600	Blindness
Chiasma			5,000			6,500	Blindness
Spinal cord	5 cm / 5,000	10 cm / 5,000	20 cm / 4,700	5 cm / 7,000	10 cm / 7,000		Myelitis/necrosis
Cauda equina			6,000			7,500	Clinically appare nerve damage
Brachial plexus	6,200	6,100	6,000	7,700	7,600	7,500	Clinically appare nerve damage
Eyes (lens)			1,000			1,800	Cataract requirir intervention
Eyes (retina)			4,500			6,500	Blindness
Ears (middle/ external)	3,000	3,000	3,000[b]	4,000	4,000	4,000[b]	Acute serous oti
Ears (middle/ external)	5,500	5,500	5,500[b]	6,500	6,500	6,500[b]	Chronic serous otitis

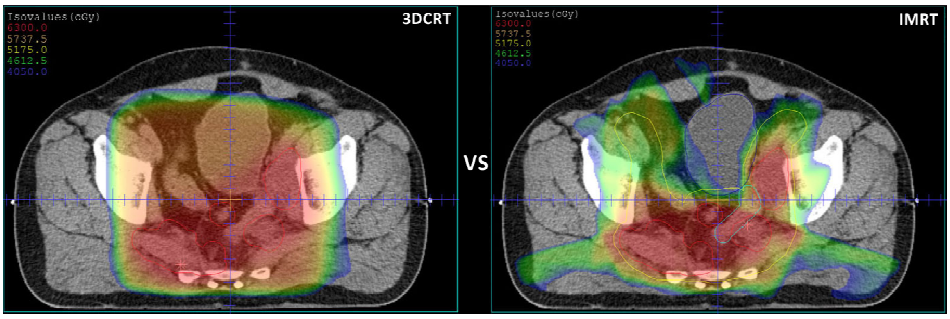
Organ	TD 5/5 volume[a] 1/3	2/3	3/3	TD 50/5 volume[a] 1/3	2/3	3/3	Selected end point
Parotid[b]		3,200[b]	3,200[b]		4,600[b]	4,600[b]	Xerostomia
Larynx	7,900[b]	7,000[b]	7,000[b]	9,000[b]	8,000[b]	8,000[b]	Cartilage necrosis
Larynx		4,500	4,500[b]			8,000[b]	Laryngeal edema
Lungs	4,500	3,000	1,750	6,500	4,000	2,450	Pneumonitis
Heart	6,000	4,500	4,000	7,000	5,500	5,000	Pericarditis
Esophagus	6,000	5,800	5,500	7,200	7,000	6,800	Clinical stricture/ perforation
Stomach	6,000	5,500	5,000	7,000	6,700	6,500	Ulceration/ perforation
Small intestine	5,000		4,000[b]	6,000		5,500	Obstruction/ perforation/fistula
Colon	5,500		4,500	6,500		5,500	Obstruction/ perforation/ ulceration/fistula
Rectum			6,000			8,000	Severe proctits/ necrosis/fistula/ stenosis
Liver	5,000	3,500	3,000	5,500	4,500	4,000	Liver failure
Testes			± 500			2,000	Sterility
Ovaries			± 300			1,200	Sterility
Vagina			5 cm^3 / 9,000			10,000	Ulcer/fistula
Pituitary			4,500				Hypopituitarism
Thyroid			4,500			7,000	Hypothyroidism
Muscle			5,000				Clinical myositis
Muscle			10,000				Atrophy
Cartilage (child)			1,000			3,000	Growth arrest
Bone (child)			10 cm^3 / 2,000			10 cm^3 / 2,000	Growth arrest

Tab. 1. Tabela przedstawiająca dawki tolerancji dla poszczególnych narządów krytycznych (TD5/5, TD50/5) [9]

Rozkład dawki w technice 3DCRT i IMRT

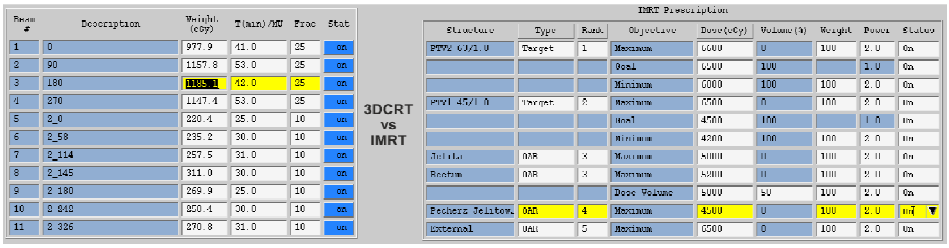
Plan leczenia pacjenta wykonano i porównano w dwóch technikach konformalnych 3DCRT i IMRT. Obszar napromienienia to nowotwór pęcherza moczowego. Dawka całkowita podana na obszar guza nowotworowego (*PTV - Target Planning Volume, CTV – Clinical Target Volume, GTV - Gross Tumor Volume*) to 66Gy.

W technice 3DCRT plan leczenia wykonano klasycznie etapowo, czyli podzielono na dwa etapy leczenia. W pierwszym etapie leczenia napromieniamy obszar guza i układu chłonnego, (*PTV*) dawką 45Gy w 25 frakcjach. Natomiast w kolejnym, drugim etapie napromieniamy sam obszar guza, dawką 18Gy w 10 frakcjach. W obu etapach zastosowano metodę czterech wiązek. Widmo przedstawiające rozkład wysokich dawek obejmuje narządy krytyczne, a w szczególności widać to w zastępczym pęcherzu jelitowym (Rys. 4). Dawka w tym narządzie krytycznym powinna być zminimalizowana do możliwie najniższej dawki, jak to tylko możliwe.



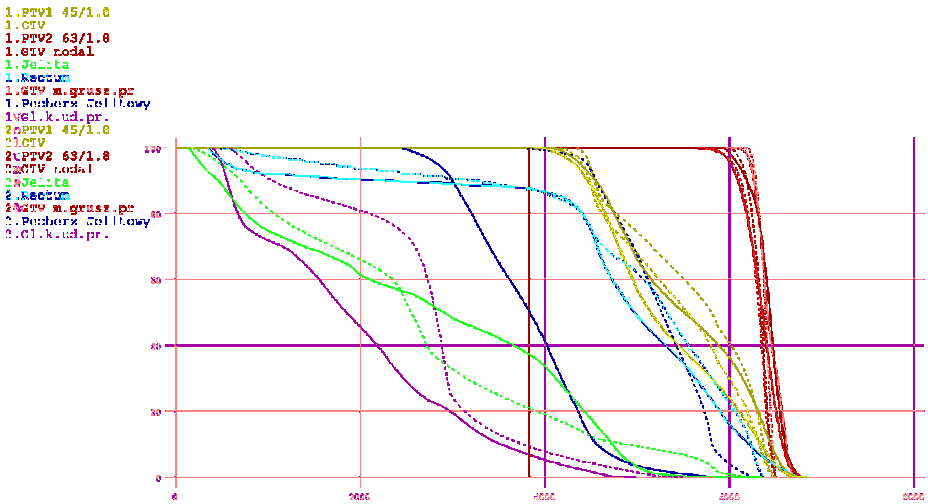
Rys. 4. Izodozy przedstawiające rozkład wysokich dawek w konformalnych technikach 3DCRT i IMRT

W technice IMRT plan leczenia wykonano jednoetapowo, tzn. metodą boostu symultanicznego (*SIB - Simultaneous Integrated Boost*), gdzie podano dawkę 66Gy. Plan leczenia składa się z pięciu wiązek, a każda wiązka z kilku segmentów. W każdym z obszarów określa się ograniczenia, dzięki czemu system planowania tak optymalizuje plan, aby dostarczyć 100% dawki do obszarów nowotworowych, a w pozostałych narządach krytycznych uzyskać duży gradient dawki w celu ich ochrony (Rys. 5). Parametrów zmiennych jest bardzo dużo i zmiana któregokolwiek z nich ma bardzo duży wpływ na końcowy rozkład dawki.



Rys. 5. Metoda przypisywania dawki dla techniki 3DCRT oraz przypisanie dawki - objętość w technice IMRT/VMAT

Analizując histogram (*DVH - Dose Volume Histogram*), czyli nasz wynik planowania leczenia, w którym oceniana jest zależność dawka-objętość. Na osi odciętych jest wartość dawki, natomiast na osi rzędnych objętość struktury. Porównując przykładowe zależności planów leczenia techniką 3DCRT (linie przerywane) i IMRT (linie ciągłe), zauważamy duże różnice w rozkładach dawek między narządami krytycznymi oraz niewielkie różnice w obszarach guza nowotworowego (*obszary PTV, CTV i GTV*) (Rys. 7).



Rys. 7. Histogram w postaci graficznej. Linią przerywaną prezentowany jest rozkład dawki techniką 3DCRT a linią ciągłą IMRT

Akceptacja planu leczenia zostaje przeprowadzona, zgodnie z raportami wydawanymi przez organizację ICRU (*International Commission of Radiation Units and Measurements*) [13-15]. Raporty te dokładnie opisują parametry rozkładów dawek dla poszczególnych technik napromienienia. W technikach konformalnych zaplanowana dawka całkowita powinna zawierać się w przedziale

95% - 107%. W niektórych przypadkach nie ma możliwości akceptacji planu leczenia zgodnie z raportami ICRU. Przyczyn może być wiele, np. sama lokalizacja guza nowotworowego, która uniemożliwia osiągnięcie pożądanego rozkładu dawki.

Podsumowanie

Na podanym przykładzie, porównując oba plany leczenia, zauważamy przewagę techniki dynamicznej IMRT nad techniką 3DCRT. Należy wspomnieć, iż w przypadku stosowania zaawansowanych technik dynamicznych, takich jak IMRT, sam proces planowania leczenia wydłuża się ze względu na wykonanie dodatkowych nierozerwalnych czynności, między innymi weryfikacji dwiema różnymi metodami. Sam proces weryfikacji może okazać się czasochłonny, także ewentualna poprawa planu leczenia. Wiąże się to z dodatkowym czasem, jaki musimy na to przeznaczyć. Należy pamiętać, że w niektórych przypadkach i lokalizacjach pożądane jest zastosowanie techniki 3DCRT ze względu na prostotę w planowaniu i realizacji.

Zastosowanie technik dynamicznych, takich jak IMRT/VMAT, na pewno w dużej mierze doprowadziło do poprawy ochrony narządów krytycznych podczas leczenia nowotworów promieniowaniem jonizującym.

Literatura

[1] Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 18 stycznia 2005 r. w sprawie dawek granicznych promieniowania jonizującego. (Dz. U. 2005 nr 20. poz. 168).

[2] Ustawa Prawo atomowe, Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie warunków bezpiecznego stosowania promieniowani jonizującego dla wszystkich rodzajów ekspozycji medycznej.

[3] B. Gostkowska, Wielkości, jednostki i obliczenia, Poradnik dla inspektorów ochrony radiologicznej, Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej, Warszawa 2010.

[4] K. Ślosarek, Podstawy planowania leczenia w radioterapii, na podstawie: Skryptu kursu „Praktyczne aspekty współczesnej radioterapii", Polskie Towarzystwo Onkologiczne Oddział Śląski, Gliwice 2007.

[5] K. Ślosarek, K. Składowski, A. Rembielak, A. Grządziel, B. Maciejewski, Technika napromienienia. Modulacja intensywności wiązki w radioterapii (IMRT) – opis techniki, Nowotwory Journal of Oncology, 2001, volume 51, numer 6, 614-618

[6] P.C. Williams, BSc, MSc, PhD, IMRT: delivery techniques and quality assurance, The British Journal of Radiology, 76 (2003), 766-776, DOI: http://dx.doi.org/10.1259/bjr/12907222
[7] B. Emami, J. Lyman, A. Brown, L. Coia, M. Goitein, J.E. Munzenrider, B. Shank, L.J. Solin, M. Wesson, Fitting of normal tissue tolerance data to an analytic function, International Journal of Radiation Oncology, Biology Physycis, 1991 May 15, 2, 109-22, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/0360-3016(91)90171-Y
[8] P. Rubin, G. Carasett, Clinical Radiation Pathology, Philadelphia 1968.
[9] N. Nicos, MD, Prevention and Management of Radiation Toxicity, CancerNetwork home of the journal oncology, July 01, 2007.
[10] E.C. Halperin, D.E. Wazer, C.A. Perez, L.W. Brady, Principles and Practice of Radiation Oncology, Sixth Edition, Lippincott Williams & Wilkins a Wolters Kluwer Business, Philadelphia PA 19103 USA, 2013.
[11] International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics (Red Journal supplement vol. 76, No. 3).
[12] Lawrence B. Marks, M.D., Predicting Normal Tissue Injury in the Modern era: A Review of QUANTEC, University of North Carolina at Chapel Hill, NC.
[13] ICRU Report 50. International Commission on Radiation Units and Measurements. Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy, Bethesda 1993, MD.
[14] ICRU Report 62. International Commission on Radiation Units and Measurements. Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Report 50), Bethesda 1999, MD.
[15] ICRU Report 83. International Commission on Radiation Units and Measurements. Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Intensity Modulated Radiation Therapy (IMRT), Oxford University Press, Oxford 2010.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 175–189

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.15

Алексей Александрович Михайлов
Shuya branch of federal state budgetary educational institution
of higher professional education "Ivanovo State University"
155908, Ivanovo region, Shuya, ul. Cooperative St., 24
e-mail: sgpu@tpi.ru

РАБОТА УЧИТЕЛЯ ОБЖ ПО ПРОФИЛАКТИКЕ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ

Аннотация. В статье приведены рекомендации для студентов и преподавателей в деле профилактики пожаров и организации противопожарной защиты в образовательных организациях. Описаны общие требования по пожарной безопасности, знаки пожарной безопасности, инструкции по пожарной безопасности, обеспечение эвакуации и действия в случае пожара.
Ключевые слова: безопасность жизнедеятельности, пожарная безопасность, противопожарная защита, план эвакуации, профилактика пожаров.

PRACA NAUCZYCIELA PODSTAW BEZPIECZEŃSTWA ŻYCIA DOTYCZĄCA PREWENCJI BEZPIECZEŃSTWA POŻAROWEGO W JEDNOSTKACH EDUKACYJNYCH

Streszczenie. Artykuł zapewnia rekomendacje dotyczące uczniów i nauczycieli w zakresie zapobiegania pożarom i organizacji ochrony przeciwpożarowej w jednostkach edukacyjnych. Opisano ogólne wymagania dotyczące bezpieczeństwa pożarowego, znaków bezpieczeństwa pożarowego, instrukcje bezpieczeństwa pożarowego, zapewnienie ewakuacji i działań w przypadku pożaru.
Słowa kluczowe: bezpieczeństwo życia, bezpieczeństwo pożarowe, ochrona przeciwpożarowa, plan ewakuacji, zapobieganie pożarom.

Введение

Действенным средством предотвращения возникновения пожаров дома, на различных объектах экономики, на транспорте и природе является формирование у населения определенной культуры безопасности жизнедеятельности в социуме.

Под культурой безопасности жизнедеятельности в социуме мы понимаем такое состояние личности, которое характеризуется осознанным отношением к вопросам личной безопасности и безопасности окружающих, практической деятельностью по снижению социальных рисков, развитостью психологических и духовно-нравственных качеств, владение нормами безопасного и продуктивного поведения в социуме, ведение здорового образа жизни, умение пользоваться информацией [5].

Мы считаем, что важной составляющей культуры безопасности жизнедеятельности в социуме является культура пожарной безопасности. Значимая роль при этом при этом принадлежит школе, так именно в ней происходит становление личности будущего гражданина. При этом главным действующим лицом в процессе формирования компонентов культуры пожарной безопасности является педагог. В школах Российской Федерации координатором данной работы является учитель предмета «Основы безопасности жизнедеятельности» (ОБЖ) [4,5]. Именно от того, какие знания будут усвоены на его уроках детьми, во многом будет зависеть их дальнейшая безопасная жизнедеятельность. Кроме этого, учитель ОБЖ является координатором в вопросах профилактики пожарной безопасности в образовательных учреждениях (гимназиях, школах, лицеях). В своей профессиональной деятельности он руководствуется рядом документов, а также накопленным за годы истории опытом профилактики пожаров и правилами пожарной безопасности (ППБ).

Для студентов, которые получают профессию учитель безопасности жизнедеятельности, нами подготовлено учебное пособие «Пожарная безопасность», одобренное учебно-методическим объединением при Министерстве образования РФ [3]. В нем мы даем рекомендации студентам и учителям по организации профилактики пожаров в образовательных организациях.

Общие требования по пожарной безопасности

Вековой опыт борьбы с огнем определяет следующие основные правила борьбы с пожарами: необходимо применять все возможные меры для предупреждения возникновения пожара – меры пожарной профи-

лактики; если пожар уже возник, выполняются необходимые мероприятия для его локализации и полного прекращения (ликвидации) пожара – меры пожарной обороны или репрессии.

Эти правила обязательны и для борьбы с пожарами в образовательных организациях. В силу особенностей объекта для противопожарной защиты должны быть выработаны и продуманы специальные мероприятия и способы борьбы.

В правилах пожарной безопасности №01-03 изложены следующие *требования пожарной безопасности к территориям:*

- не разводить костры;
- не использовать открытый огонь;
- курить только в отведенных местах;
- не ставить автомобили ближе чем на 15 м от здания, так как они могут мешать подъезду пожарной техники.

По окончании рабочего дня необходимо проводить *осмотр помещения.* При осмотре следует особо обращать внимание на выполнение следующих *требований:*

- в помещениях произведена уборка;
- корзины для сбора мусора должны быть пусты;
- все электроприборы должны быть обесточены (штепсельные вилки вынуты из розеток);
- окна и форточки должны быть плотно закрыты;
- проходы и пространство у выходов из помещений должны быть свободны;
- электроосвещение должно быть отключено;
- входные двери должны быть закрыты на ключ;
- автоматическая сигнализация должна быть включена и исправна;
- первичные средства пожаротушения должны находиться в специально отведенных для них местах, доступ к ним должен быть свободен.

С целью предупреждения пожара в помещениях *запрещается:*

- пользоваться нагревательными электроприборами для отопления помещений;
- пользоваться электроприборами (электрочайниками, электрообогревателями и т. п.), потребляемая мощность которых превышает допустимую потребляемую мощность электросети;
- включать в электросеть одновременно несколько электроприборов, суммарная потребляемая мощность которых превышает допустимую;
- оставлять без присмотра по окончании рабочего дня любые электроприборы и устройства, находящиеся под напряжением;

- включать электроприборы без стандартных штепсельных подключающих устройств;
- пользоваться неисправными выключателями, розетками и штепсельными вилками (с разбитыми корпусами, обгоревшими и закороченными контактами, с незакрепленными искрящими и нагревающимися в месте контакта проводами);
- производить монтаж и перемонтаж электросетей без соблюдения требований пожарной безопасности. Эти работы должны выполняться специалистами, имеющими допуск к работе с устройствами, находящимися под напряжением;
- подключать к электросети неисправные электроприборы;
- использовать для защиты электросети некалиброванные плавкие вставки или автоматические выключатели, ток срабатывания которых превышает максимально допустимое для данной электросети значение;
- курить в рабочих кабинетах, учебных классах, туалетах, коридорах, производственных и складских помещениях, на лестницах, в учебных корпусах, на балконах общежитий; курение разрешается только в специально отведенных помещениях;
- бросать на пол, в урны и мусоросборники непогашенные сигареты и спички;
- приносить, хранить и использовать горючие и легковоспламеняющиеся жидкости, огнеопасные предметы и материалы, горючие газы;
- хранить емкости с горючими, легковоспламеняющимися жидкостями, баллоны с горючими газами, горючие предметы на путях эвакуации (в коридорах, на лестничных клетках, в вестибюле, в тамбурах эвакуационных выходов), а также в подвалах, на чердаках, в технических помещениях (электрощитовых, вентиляционных камерах и т. п.);
- загромождать мебелью, материалами и оборудованием пути эвакуации (коридоры, лестничные клетки, вестибюли, тамбуры эвакуационных выходов из здания), доступ к первичным средствам пожаротушения, электрораспределительным щитам и отключающим устройствам;
- закрывать на трудно открываемые запоры двери эвакуационных выходов в период нахождения людей в здании;
- использовать имеющиеся средства пожаротушения не по прямому назначению.

Для проведения *мероприятий с массовыми скоплениями людей* допускается использовать только помещения с не менее чем двумя

эвакуационными выходами, без решеток на окнах. Ответственные за мероприятие обязаны не допускать заполнения помещений людьми сверх установленной нормы. При проведении мероприятий на сцене и в помещениях для зрителей должно быть организовано дежурство ответственных лиц, членов добровольной пожарной дружины или работников пожарной охраны предприятия.

Все образовательные организации подлежат *автоматической противопожарной защите:* оснащение установками автоматической пожарной сигнализации, автоматического пожаротушения, дымоудаления.

Знаки пожарной безопасности

В образовательной организации необходимо использовать установленные *знаки пожарной безопасности* (рис. 1).

Рис. 1. Знаки пожарной безопасности

Рис. 2. Запрещающие знаки: «Запрещается курить», «Запрещается пользоваться открытым огнем», «Запрещается тушить водой», «Запрещается загромождать проходы»

Рис. 3. Предупреждающие знаки: «Пожароопасно. Легковоспламеняющиеся вещества», «Пожароопасно. Окислитель», «Взрывоопасно: взрывоопасная среда», «Осторожно. Электрическое напряжение»

Рис. 4. Предписывающие знаки

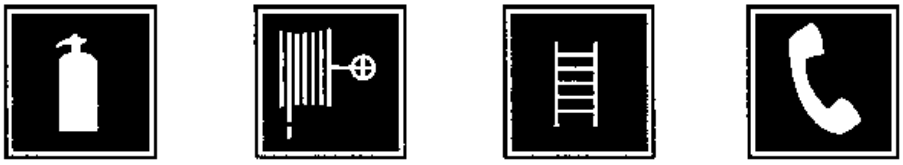


Рис. 5. Указательные знаки: «Огнетушитель», «Пожарный кран», «Пожарная лестница», «Телефон для использования при пожаре»

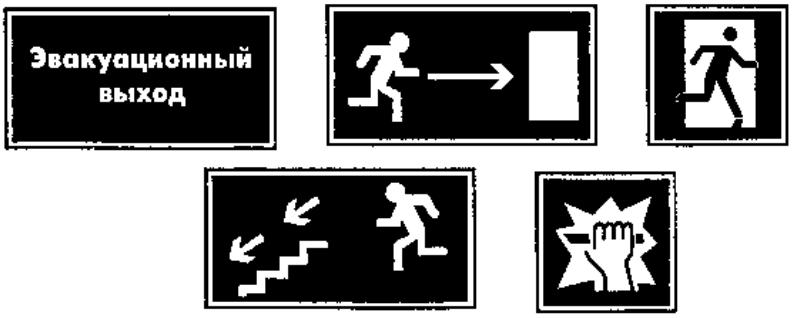


Рис. 6. Указательные знаки: «Эвакуационный (запасный) выход», «Направление к эвакуационному выходу», «Дверь эвакуационного выхода», «Направление к эвакуационному выходу (по лестнице вниз)», «Разбей стекло»

Эвакуационные знаки устанавливаются в положениях, соответствующих направлению движения к эвакуационному выходу. Из-за отсутствия таких знаков человек может не найти эвакуационного выхода, что может привести к печальным последствиям.

Таблица 1. Знаки пожарной безопасности

№ п/п	Вид знака		Ряд типоразмеров, мм	Варианты исполнения
	Изображение	Назначение, цвет		
1		Запрещающий (круг с контуром по окружности и наклонной диагональной полосой). Красный на белом фоне	Диаметр круга: 50, 100, 150, 200, 300, 350, 400	Допускается применять поясняющую надпись черного цвета; при этом полоса не наносится
2		Предупреждающий (равносторонний треугольник с контуром по периметру). Желтый	Сторона треугольника: 50, 100, 150, 200, 300, 350, 400	Допускается на желтом фоне применять поясняющую надпись черного цвета
3		Предписывающий (круг). Синий	Диаметр круга: 50, 100, 150, 200, 300, 350, 400	Допускается на синем фоне применять поясняющую надпись белого цвета
4		Указательный (квадрат или прямоугольник). Зеленый	Сторона квадрата: 50, 100, 150, 200, 300, 350, 400 Стороны прямоугольника: 100×300, 150×300, 200×400, 300×600	Для указания места нахождения пожарно-технической продукции фон знака – красный; для целей эвакуации фон знака – зеленый

Противопожарные инструкции в образовательном учреждении

Согласно Правилам пожарной безопасности все работники организаций должны допускаться к работе только после прохождения противопожарного инструктажа, а при изменении специфики работы проходить дополнительное обучение по предупреждению и тушению возможных пожаров в порядке, установленном руководителем организации.

Для изучения правил пожарной безопасности все работники образовательных учреждений должны проходить *противопожарный инструктаж:* вводный, первичный и повторный.

При проведении *вводного инструктажа* инструктируемые должны быть ознакомлены со следующими темами:

- общие меры пожарной безопасности;
- возможные причины возникновения пожаров и меры по их предотвращению;
- практические действия в случае возникновения пожара.

Вводный инструктаж допускается проводить одновременно с инструктажем по охране труда (технике безопасности). О проведении вводного противопожарного инструктажа и поверке знаний производится запись в журнале регистрации вводного инструктажа с обязательными подписями инструктировавшего и инструктируемого.

Первичный инструктаж проводится непосредственно на рабочем месте. При этом инструктируемые должны быть ознакомлены:

- с планом эвакуации и порядком действий в случае возникновения пожара;
- с образцами всех имеющихся в образовательном учреждении первичных средств пожаротушения, оповещения людей о пожаре, а также со знаками безопасности, пожарной сигнализации и связи.

Повторный инструктаж все работники должны проходить не реже одного раза в шесть месяцев.

О проведении первичного и повторного инструктажей делается запись в журнале регистрации инструктажей по охране труда (технике безопасности).

Проведение противопожарного инструктажа в обязательном порядке должно сопровождаться практическим показом способов использования имеющихся средств пожаротушения.

Обеспечение эвакуации при пожаре

Для предотвращения воздействия на людей отравляющих веществ, образуемых при горении, для организованного движения людей при эвакуации и выносе материальных ценностей в зданиях предусматриваются эвакуационные пути и выходы. Для каждого этажа издания составляется план эвакуации людей и материальных ценностей. Количество эвакуационных выходов из зданий, помещений и с каждого этажа зданий принимается на основании расчетов; обычно оно должно быть не менее двух. При составлении плана эвакуации принимается во внимание необходимое время эвакуации, категория производства и объем помещения. Требования к устройству путей эвакуации и эвакуационных выходов из зданий и помещений изложены в соответствующих СНиП. После утверждения плана эвакуации необходимо отработать его практически, включая подачу команд, вызов пожарных подразделений, оповещение о пожаре, открывание выходов и вывод людей из помещений.

В каждом образовательном учреждении разрабатывается и вывешивается на видном месте *план эвакуации* людей при пожаре.

В плане эвакуации должны быть отражены:

- способы быстрого оповещения всех педагогов и учащихся о пожаре;
- пути выхода школьников из горящих или находящихся под угрозой огня и дыма помещений;
- запасные и основные выходы.

План эвакуации состоит из двух частей – графической и текстовой. В графической части показывается планировка этажей здания. Планы можно упрощать, изображая конструкции в одну линию, исключать небольшие помещения, не связанные с пребыванием людей. Но все эвакуационные пути и выходы должны быть обязательно показаны на плане.

Наименование помещений обозначают непосредственно на планах этажей либо все помещения нумеруют и прилагают пояснение к плану. Эвакуационные выходы и лестницы нумеруют. Это позволяет сохранить и упростить пояснительную записку к плану эвакуации. Двери на плане эвакуации показывают в открытом виде. Если при эксплуатации отдельные выходы закрыты, на плане эвакуации дверной проем изображают закрытым и отмечают местонахождение ключей с надписью: «Ящик с ключом от наружной двери».

На план наносят стрелки, указывающие маршруты движения людей исходя из наименьшего времени выхода и наибольшей надежности путей эвакуации.

Пути эвакуации делят на основные, которые обозначают сплошными зелеными линиями со стрелками, и резервные, которые обозначают пунктирными линиями со стрелками.

Практика показывает, что при пожаре не всегда удается вывести людей наружу через лестницы. Нередко люди спасаются, выходя на кровлю и в другие воздушные зоны. Если такие зоны имеются, то выходы на них показывают на плане эвакуации как резервные.

Кроме маршрутов движения, обозначают места нахождения ручных пожарных извещателей, огнетушителей, пожарных кранов, телефонов и другого пожарно-технического оборудования.

Графическую часть плана эвакуации в рамке под стеклом вывешивают на видном месте, обычно при входе на этаж. Текстовая часть плана эвакуации утверждается руководителем объекта и представляет собой таблицу, содержащую перечень действий при пожаре, порядок и последовательность действий, должности и фамилии исполнителей. Предписываемые действия должны быть тщательно продуманы и указаны конкретно.

Первое действие – *вызов пожарной охраны.* Для того чтобы вызов был четким, приводят текст вызова. Второе действие – *объявление об эвакуации.* Объявление должно делаться спокойно, но внушительным и повелительным тоном. Это может происходить по громкоговорящей системе оповещения, при этом по всему зданию транслируется заранее подготовленный текст.

При *эвакуации учащихся* из учреждения преподаватели обязаны:

- подготовить детей к эвакуации: прекратить занятия, игры, прием пищи; при необходимости быстро одеть детей;
- объявить порядок, направление движения и место сбора;
- открыть двери в направлении движения в соответствии с планом эвакуации;
- вывести детей;
- закрыть дверь после вывода детей в целях уменьшения скорости распространения пожара по зданию;
- собрать всех детей в предусмотренном планом эвакуации месте;
- оказать при необходимости первую помощь пострадавшим;
- проверить наличие детей по списку, результаты доложить руководителю образовательного учреждения, командиру прибывшего пожарного подразделения или руководителю тушения пожара.

До прибытия пожарных учащихся старших классов можно привлекать для оказания помощи учителям в организации эвакуации малышей: помочь их одеть, отвести в теплое помещение, вызвать «скорую

помощь» для оказания медицинской помощи пострадавшим, выполнять другие отдельные поручения.

Каждое школьное здание должно иметь не менее двух эвакуационных выходов. В случае если один из них отрезан огнем, для спасения людей и имущества используется второй.

Двери на путях эвакуации должны открываться свободно и по направлению к выходу из здания. Запоры на дверях эвакуационных выходов должны обеспечивать людям, находящимся внутри здания, возможность их свободного открывания изнутри без ключа.

По согласованию с Государственной противопожарной службой МЧС России допускается закрывать запасные эвакуационные выходы на внутренний механический замок. В этом случае на каждом этаже здания назначается ответственный дежурный из числа обслуживающего персонала, у которого постоянно имеется при себе комплект ключей от всех замков на дверях эвакуационных выходов. Другой комплект ключей должен храниться в помещении дежурного по зданию. Каждый ключ в обоих комплектах должен иметь обозначение о принадлежности соответствующему замку.

Действия при пожаре

Исход любого пожара во многом зависит от того, насколько своевременно была вызвана *пожарная помощь* и приняты меры по *эвакуации людей,* от готовности всего обслуживающего персонала к действиям по тушению пожара. Поэтому каждый учитель, воспитатель должен хорошо знать и четко выполнять свои обязанности при возникновении пожара.

В практике не единичны случаи, когда пожар в первоначальной стадии бывает никем не замечен, огонь распространяется на большой площади, и тогда справиться с ним очень трудно. Бывает, что признаки горения или даже небольшой очаг пожара, т. е. пожар в начальной стадии его возникновения, обнаружены, но пожарную помощь не вызывают, а пытаются справиться с очагом возгорания своими силами при помощи первичных средств пожаротушения. Это не всегда удается, и пожар может принять большие размеры. Нередко пожарную помощь вызывают со значительным опозданием, затрачивая дорогое время на выяснение причины задымления или места возникновения пожара.

Во всех случаях независимо от размера пожара или загорания и даже при обнаружении хотя бы признаков горения (дыма, запаха горения резиновой изоляции проводов), необходимо немедленно вызвать пожарную помощь. Для этого следует подать сигнал тревоги для

добровольной пожарной дружины (при ее отсутствии – позвонить в соседнюю дружину) и обязательно сообщить в *ближайшую пожарную часть.*

При вызове пожарной помощи по телефону необходимо четко назвать адрес учреждения, по возможности – место возникновения пожара, что горит и чему пожар угрожает (главным образом, какая угроза создается для людей), а также сообщить свою фамилию.

Вызвать пожарную охрану необходимо даже в том случае, когда пожар потушен своими силами, так как огонь может остаться незамеченным в скрытых местах (в пустотах деревянных перегородок, под полом и т. п.) и через некоторое время может разгореться вновь в еще больших размерах. Поэтому место пожара должно быть обязательно осмотрено специалистами пожарной охраны, которые подтверждает, что пожар действительно полностью ликвидирован.

После вызова пожарной помощи обеспечивается *встреча пожарного подразделения.* Для встречи пожарных выделяется специальное лицо из персонала учреждения. Встречающий должен четко проинформировать пожарных о сложившейся обстановке (все ли учащиеся и взрослые эвакуированы из горящего здания, если нет, то о степени угрозы учащимся и взрослым, сколько их осталось в здании, где они находятся, на каком этаже и в каких помещениях, как в эти помещения быстрее проникнуть). К моменту прибытия пожарной помощи желательно найти копию плана эвакуации или поэтажный план здания и передать его руководителю пожарного подразделения.

Кроме того, следует сказать, какие помещения охвачены огнем и куда огонь распространяется, а также о местах размещения наиболее ценного имущества, которое необходимо эвакуировать в первую очередь.

Одновременно с вызовом пожарной помощи необходимо без промедления приступить к подготовке, а в случае прямой угрозы – к непосредственной *эвакуации людей* из помещения.

При возникновении пожара в деревянном здании, где находятся учащиеся, эвакуация должна производиться немедленно из всего здания независимо от места и размера пожара в соответствии с заранее разработанным планом и особенностями развития пожара. Делать это нужно быстро и спокойно, принимая все меры для *предотвращения паники.*

При этом необходимо учитывать, что порядок вывода учащихся намечается в зависимости от места возникновения пожара и расположения выхода. В первую очередь эвакуация проводится из помещений, где в условиях возникшего пожара находиться опасно для жизни, а также из верхних этажей, причем первыми выводятся дети младших возрастов.

При эвакуации нельзя допускать массового скопления ребят у выходов, а также возникновения паники.

Во время эвакуации нужно призывать к спокойствию. Все эвакуированные должны находиться под неослабным надзором. Для эвакуации надо использовать все выходы, в том числе не забывать о запасных, которыми в обычное время редко пользуются. В первую очередь для эвакуации с верхних этажей необходимо использовать лестничные клетки. Если лестница задымлена, надо быстро раскрыть или выбить стекла в окнах, находящихся на лестничной клетке, и дать приток свежему воздуху; двери помещений, откуда дым проникает на лестницу, плотно закрыть.

Если на внутренние лестницы проникает пламя или они уже охвачены огнем или очень задымлены, необходимо спасать учащихся через боковые окна и балконы с помощью стационарных и приставных лестниц. При этом следует плотно закрыть все неиспользованные для эвакуации балконные двери и окна, чтобы в помещение не проникал воздух, усиливающий огонь и направляющий дым в это помещение. Двери, ведущие в соседние помещения и коридор из помещения, где находятся учащиеся, во избежание проникновения дыма рекомендуется плотно закрыть, а щели в притворе и снизу двери заткнуть подручным материалом (шторы и т. п.), предварительно смочив их в воде.

Из задымленного помещения надо двигаться пригнувшись или ползком и держать голову ближе к полу, так как дым поднимается вверх, а внизу дыма меньше и легче дышать. Входя в сильно задымленное помещение, необходимо придерживаться стен и запоминать предметы по пути движения. Ориентироваться в задымленном помещении помогают направление настила досок и паркета пола, расположение окон, дверей и т. п.

По окончании эвакуации необходимо убедиться, что все учащиеся удалены из горящих и находящихся под угрозой огня помещений. Для этого нужно тщательно осмотреть все помещения, особенно задымленные, помня о том, что дети от испуга часто прячутся в укромные места (в темные углы, под столы, в шкафы, за шкафами и т. п.). Лица, ответственные за эвакуацию, должны лично убедиться в наличии полного состава каждой эвакуированной группы путем переклички по списку, выяснив тем самым, все ли спасены. Около выведенных из зданий учеников должен неотлучно находиться руководитель или учитель. Учащихся необходимо быстрее удалить от горящего здания в безопасное место, в установленный и заранее определенный пункт сбора. Это может быть клуб, столовая, административное здание, общежитие обслуживавшего персонала и т. п. Во всех случаях при тушении пожара необходимо действовать быстро, использовать все имеющиеся первичные средства пожаротушения, строго соблюдать правила безопасности.

Выводы

Таким образом, важным звеном в деле профилактики пожаров в образовательной организации выступает учитель. На нем же лежит ответственность в деле формирования у подрастающего поколения культуры безопасности жизнедеятельности в социуме, важным элементом которой выступает культура пожарной безопасности. Знание основ пожарной безопасности, поведение всех участников образовательного процесса, направленное на недопущение пожаров – вот основной фундамент пожарной безопасности в образовательных организациях.

Литература

[1] Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб.пособие для вузов / П. П. Кукин, В. Л. Лапин, Н. Л. Пономарев и др. – М.: Высш. шк., 2001. – 319 с.

[2] Михайлов А.А. Проблемы подготовки будущих учителей безопасности жизнедеятельности в современных условиях: Монография / А.А. Михайлов. – Тула: Изд-во «Папирус», 2010. -231 с.

[3] Михайлов А.А., Петров С.В., Гинко В.И. Пожарная безопасность: Учебное пособие / А.А. Михайлов, С.В. Петров, В.И Гинко. – Москва: Изд-во «Русский журнал», 2014. – 151 с.

[4] Михайлов А.А. Дидактическая система подготовки учителей безопасности жизнедеятельности в педагогическом вузе // Экономика образования. – 2011. - №3. –С.217-221.

[5] Михайлов А.А. Формирование компонентов культуры безопасности жизнедеятельности в социуме у студентов педагогического вуза // Политематический сетевой журнал Кубанского аграрного университета. -2011. - №68. – URL: http:// ej.kubagro.ru/2011/04/pdf/29.pdf

[6] Петрова М. С., Петров С. В., Вольхин С. Н. Охрана труда на производстве и в учебном процессе: Учебное пособие. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2006. – 232 с.

[7] Пожарная безопасность: Научно-технический журнал. – М.: ООО «Информост», 2001-2002.

[8] Порядок обучения по охране труда и проверки знаний требований охраны труда работников организаций (приложение к Постановлению Минтруда России и Минобразования России от 13 января 2003 г. № 2/29). – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. – 16 с.

[9] Пособие по охране труда для работников органов управления. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 32 с.
[10] Межотраслевые правила по охране труда (Правила безопасности) при эксплуатации электроустановок в вопросах и ответах: Пособие для изучения и подготовки к проверке знаний. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2004. – 120 с.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 191–197

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.16

Andrii Moskaliuk[1], Pavlo Teslenko[2]
[1]Odessa National Polytechnic University
Shevchenko avenue, 1, Odessa, Ukraine, 65086, Andreum@mail.ru
[2]Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture
Didrikhsona str., 4, Odessa, Ukraine, 65029, p_a_t@ukr.net

PROJECT APPROACH TO INDUSTRIAL FACILITY SAFETY MANAGEMENT

Abstract. The article describes the industrial facility safety management system. The importance of the project`s safety management implementation is shown in order to achieve the required safety level. The authors propose to implement safety issues as separate projects. The most important is to choose the proper safety project. The project`s start up time is determined based on an assessment of the current state of entire safety issues. Mamdani method is used to form the fuzzy decision of the needs to initiate the safety projects of industrial facility.
Keywords: labor safety, project management, project.

PROJEKTOWE PODEJŚCIE DO ZARZĄDZANIA SYSTEMEM BEZPIECZEŃSTWA PRZEDSIĘBIORSTWA PRZEMYSŁOWEGO

Streszczenie. W artykule rozpatrzony jest system bezpieczeństwa przedsiębiorstwa przemysłowego. Pokazana jest konieczność stosowania zarządzania projektowego w celu osiągnięcia pożądanego poziomu bezpieczeństwa. Autorzy proponują realizować przedsięwzięcia z ochrony pracy jako projekty. Aktualne jest pytanie dotyczące wyboru stosownego projektu. Czas jego początku lub inicjowanie wyznacza się na podstawie oceny potocznego stanu bezpieczeństwa przedsiębiorstwa. Wykorzystana jest metoda Mamdani'ego w celu utworzenia niewyraźnego wniosku o konieczności inicjowania projektów zapewnienia bezpieczeństwa przedsiębiorstwa przemysłowego.
Słowa kluczowe: ochrona pracy, zarządzanie projektami, projekt.

Introduction Safe working conditions at an industrial enterprise's workplaces are ensured by its safety system which makes an integral part of the overall management system. To completely disclose the enterprise's staff labor potential we need to create safe and comfortable working conditions.

The security system of every industrial enterprise is a subject to both external and internal factors' constant changes.

Safety measures have specific with their pronounced "project character" i.e. they do bear all the characteristics and properties of a project, being initiated, planned, executed and monitored through the safety management system.

According to Ukrainian legislation, the occupational safety is guaranteed by the labor safety measures complex, representing a system of legal, socio-economic, organizational, technical, medical, preventive and other activities aimed at preserving human life and health while professional activity at workplace [6].

The project management embodies an effective tool able to create and maintain the required safety level at industrial enterprise. That is clearly evident from the recommendations of the International Labor Organization (ILO) [2], as well as chapters on safety ensuring found at project management standards. They refer to such knowledge fields as the occupational health and safety, technological processes safety, environmental safety, social protection, etc. [3, 4].

The project-oriented management is implemented out through occupational health and safety projects (Project OHS (P_{OHS})), aimed at creating not only safe, but the optimal working environment.

From a systematic viewpoint the occupational health and safety project P_{OHS} can be described with such variables' chain:

$$P_{OHS} = (MIS, OBJ, CR, IR, X, Y, CS, PM, RM, STM, T)$$

where: *MIS* – project mission, *OBJ* – project goal, *CR* – criteria of the project's success, *IR* – project information resources, *X* and *Y* – input and output data of P_{OHS} project measures, *CS* – project current status, *PM* – project management, *RM* – resources management, *STM* – management strategy (project's importance, urgency, priority), *T* – time.

As the project represents a provisional arrangement within an enterprise, the optimal choice of its starting time does essentially determine its success. Therefore, choosing the instance of occupational health and safety project (P_{OHS}) initiation is an important task for the industrial enterprise's system of industrial safety within the project-oriented management at overall Business Management System frame.

This research is aimed at substantiating the feasibility of project approach to the industrial enterprise safety system management.

Research description. The working environment at real industry workplaces does appear as a complex set of interlaced and interacting factors of indus-

trial production environment parameters. Such environment can cause an additional (not due to nature or specificity of work), the body burden of the employee.

The working environment can represent a direct hazard as to the life and health of the worker, appearing as a single traumatic impact entailing an irreversible disability either as an incremental accumulating hazard, which, certain period elapsed, would manifest as an occupational disease. The timely initiation of an occupational health and safety project will not only ensure safety at workplaces, but will also create the optimal and favorable labor conditions for the staff.

The right moment of occupational health and safety project's initiation depends onto the whole enterprise condition as well as the labor conditions at particular workplaces.

The industrial enterprise safety system project-oriented management includes the enterprise's current state monitoring for the purposes of data collection and analysis by the decision support system for P_{OHS} initiation scheduled to specific calendar dates.

The source [5] exposes that the time of P_{OHS} initiation at an enterprise is determined by the enterprise's current state. This problem is characterized with a high uncertainty degree because the enterprise's current safety level parameters are different by their nature and effect, as they describe various physical values, processes, etc.

Experts in the field of safety ensuring allocate several basic groups of factors: legal, social economical, administrative and technological, sanitary hygienic, health safety and prophylactic, psychophysiological, rehabilitative ones etc. Every of these groups can be subdivided into subcategories, which include lists of respective parameters.

These parameters are characterized by quantitative values, Boolean indicators, expert estimations, verbal descriptions.

The collected data complexity and heterogeneity do imply these data primary transformation including data sorting and aggregation.

Thus, for collected data secondary transformation with the aim of safety level assessing, the authors propose to use the Lotfi Zadeh fuzzy logic and Mamdani algorithm [6] for fuzzy inference as to the moment of labor safety projects initiation.

As an example, let we consider a group of microclimatic parameters to evaluate working conditions at the workplace. This group is described by the following variables: temperature (t, ºC), humidity (φ,%), the air flow speed (u, m / s) and the level of radiant heat (e, W/m2).

To assess the safety level, linguistic variables are presented as a tuple [6]: <β, T, X, G, M>, where β - the linguistic variable denomination; T - its values (terms) set; X - the fuzzy variables universum; G - syntactic process of new terms formation; M - semantic procedure, forming the fuzzy sets for each of the linguistic variable terms. For the microclimatic parameters group variable G and

M will be similar. Therefore, for the microclimatic parameters tuple a group of linguistic variables will appear as follows:

Temperature: <t, T, X>, where t – temperature value, ºC; T_t –{«low temperature», «optimum temperature», «high temperature»}; X – [12; 38].

Humidity: <φ, T, X>, where φ – relative humidity value; T – {«low humidity», «normal humidity», «high humidity»}; X – [0; 100].

Air flow speed <u, T, X, G, M>, where u – velocity of air movement; T – {«low wind speed», «normal wind speed», «high wind speed»}; X – [0; 1].

Heat radiation: <E, T, X ,G, M>, where w – value of heat radiation level; T – {«allowed heat radiation», «intolerable heat radiation»»}; X – [0; 350].

The process of fuzzy inference represents a fuzzy algorithm for obtaining, using fuzzy logic, some conclusions.

This process departs from the membership as to the temperature, humidity, air velocity and thermal radiation (Fig. 1-2), [7, 8].

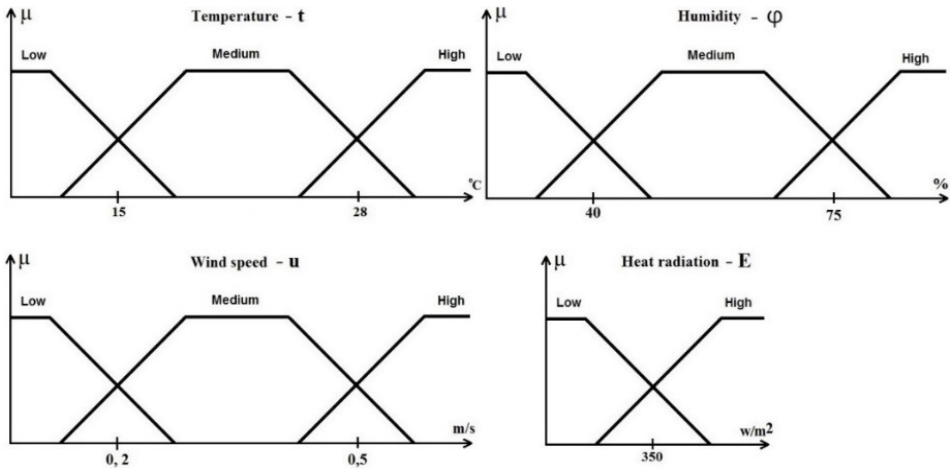


Fig. 1 Graphical representation of the membership function for a group of micro climatic parameters

We apply to the fuzzy inference mechanism and elaborated set of fuzzy rules for evaluating labor conditions at the workplace:

1. if (**t** is mid) and (**φ** is mid) and (**u** is lo) and (**E** is lo) then conditions of work are optimal
2. if (**t** is lo) and (**φ** is lo) and (**u** is mid) and (**E** is hi) then conditions of work are tolerated
3. if (**t** is hi) and (**φ** is hi) and (**u** is mid) and (**E** is lo) then conditions of work are harmful
4. if (**t** is lo) and (**φ** is hi) and (**u** is hi) and (**E** is lo) then conditions of work are harmful

5. if (**t** is hi) and (**φ** is hi) and (**u** is hi) and (**E** is hi) then conditions of work are dangerous
6. if (**t** is hi) and (**φ** is hi) and (**u** is hi) and (**E** is lo) then conditions of work are dangerous
7. etc.

Let we consider a workplace specific with the following set of parameters: temperature 19^0C, humidity 45%, wind speed 0.3 m/s, thermal radiation level 400 W/m^2.

This example embodies a graphical representation of the following rule to comply:

*if **t** mid and **φ** mid and **u** mid and **E** hi, then* conditions of work is harmful

When we introduce the fuzzification for given values of microclimate, the result appears as shown at the Fig. 2.

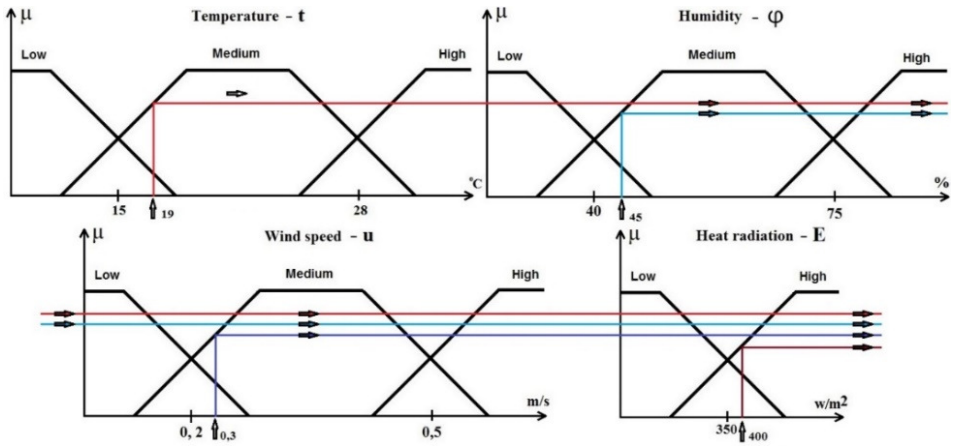


Fig. 2. Bringing to fuzzification

Using the rule of minimum we determine the truncation levels for each rule of work environment conditions. For the given parameters set and the considered rule the result will appear as shown at Fig.3.

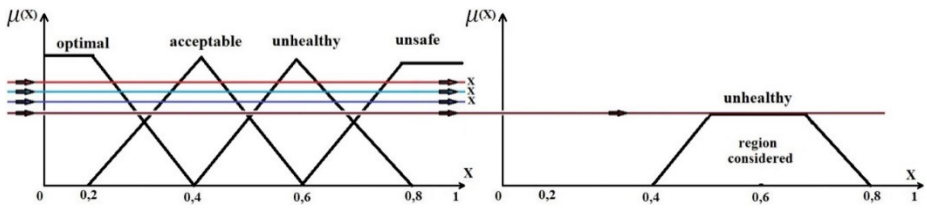


Fig. 3. Truncated function of the considered evaluation rule

Similar truncated functions have been obtained for each of above described rules. Combining the resulting truncated functions we get the total fuzzy subset. The resulting truncated total membership function's projection of the found gravity centre onto *0X* axis allows us to assess the enterprise's safety level by the microclimatic features group Z_1 (Fig. 4.)

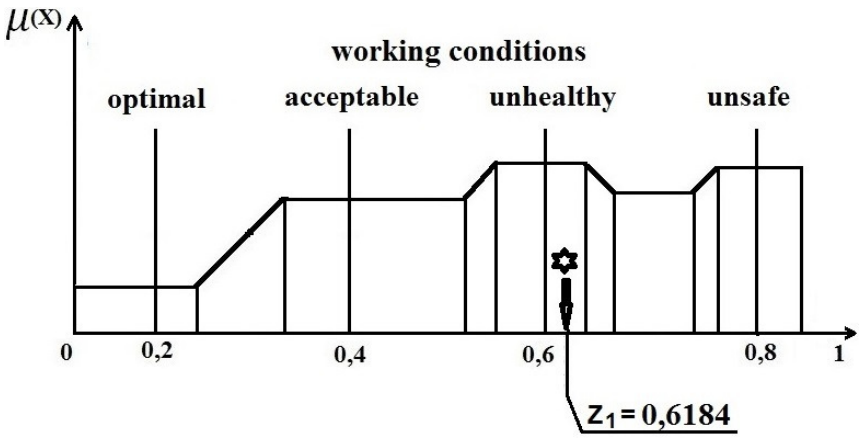


Fig. 4. Total truncated membership function

The enterprise safety management information system therefore will be based onto computational procedure implemented within Matlab environment using the $evalfis$ functions for the given parameters set:

$$Z_1 = evalfis\ ([19\ 45\ 0.3\ 400], mik).$$

By fuzzy inference using Mamdani algorithm we can assess the working conditions by other parameters thus determining (when needed) the time of occupational health and safety project initiation at the enterprise.

Fuzzy logic allows evaluating various parameters with respect to their mutual influence and actual health impact.

The summarising fuzzy inference about the hazard level for the enterprise's personnel will appear as:

$$Z_{\Sigma} = evalfis\ ([Z_n], P_{OHS});$$

where Z_n – an enterprise's safety assessment by various groups of parameters describing the workplace safety condition, P_{OHS} – occupational health and safety project.

Conclusions. Elaborated is a complex technique for fuzzy assessment of an industrial enterprise's current safety system condition. This methodology serves to initiate the occupational health and safety projects for implementing the

effective safety system management at the given enterprise. Therefore we get an opportunity to completely control the enterprise's working environment at the same time that to improve the taken decisions' feasibility and promptitude.

The proposed methods can be extended up to enveloping the social-and-economical as well as organizational and administrative, technical objects and facilities, whose development management is based on their current status assessment. The proposed methodology adaptation will consist in the identification of significant measurable parameters necessary to assess the object condition for management decisions making.

References

[1] Law of Ukraine "Occupational safety" http://zakon4.rada.gov.ua/laws/show/2694-12 (in Ukrainian)

[2] International Labour Organization. ILO DWT and Country for Eastern Europe and Central Asia http://www.ilo.org/public/english/region/eurpro/moscow/index.htm

[3] A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Fifth Edition (PMBOK® Guide). An American National Standard ANSI/PMI 00 – 001 – 2013. – 615 pp.

[4] ISO 14001:1996. Environmental management systems – Specification with guidance for use.

[5] Moskaliuk Andrii Y. Finding the project initialization time on machinery production factory / A. Moskaliuk, P. Teslenko, V. Purich // East European Journal of advanced technologies. – 2013. № 10 (61), pp. 209-213.

[6] Zadeh L. Fuzzy Sets// Information and Control. – 1965. – Vol.8. – P. 338-353.

[7] Guide on Hygienic Assessment of Factors of Working Environment and Work Load. Criteria and Classification of Working Conditions 128 pp.

[8] Kopylov A. V., Moskovtsev A. V. The Model of Assessment of Strategic Resources of Industrial Enterprise on the Basis of Fuzzy Set Theory // World Applied Sciences Journal. 2013.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 199–209

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.17

Urszula Nowacka[1], Aleksandra Dróżdż[2]
[1] *Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie*
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa, e. mail: nowackau@interia.pl
[2] *MIALDRO Michał Dróżdż*
al. 11 Listopada 14/25, 42-200 Częstochowa, e-mail:mialdro@wp.pl

SZACOWANIE KOSZTÓW WYPADKÓW PRZY PRACY – ANALIZA BŁĘDÓW

Streszczenie. Artykuł jest próbą analizy kosztów wypadków przy pracy (w wybranym przedsiębiorstwie). Dokonano opisu składowych kosztów wypadków, zwracając uwagę na specyfikę wybranego przedsiębiorstwa oraz potrzebę głębszej analizy poniesionych faktycznie kosztów w związku z zaistniałymi wypadkami. Zwrócono uwagę na koszty zdarzeń potencjalnie wypadkowych, nie powodujących urazów, a jedynie straty materialne. Szacowanie kosztów wypadków przy pracy może być bardzo przydatne w planowaniu nakładów finansowych związanych z bezpieczeństwem i zdrowiem pracowników, w szczególności wysokości nakładów na działania profilaktyczne, przyczyniając się tym samym do zapewnienia większego bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie.
Słowa kluczowe: bezpieczeństwo pracy, wypadki przy pracy, działania prewencyjne.

ESTIMATING THE COST OF ACCIDENTS AT WORK - ANALYSIS OF ERRORS

Abstract. The article is an attempt to analyze the costs of accidents at work (in selected company). The article describes components of accident costs, paying attention to the specifics of the company and the need for a deeper analysis of the costs actually incurred in connection with the accident-existing. Drew attention to the cost of potentially accidental events that do not cause injuries, but property damage only. Estimating the cost of accidents at work can be very useful in planning financial outlays related to the safety and health of workers, in particular the amount of spending on preventive measures, thereby contributing to ensure greater security in the enterprise.
Keywords: safety, accidents at work, prevention.

Wprowadzenie

Szacowanie kosztów wypadków przy pracy to trudne i pracochłonne zadanie. Brak danych, brak wiedzy na ten temat wśród przedsiębiorców, brak analiz pokazujących zależność pomiędzy zaangażowaniem pieniędzy w działania prewencyjne a widocznym spadkiem wydatków związanych z wypadkami przy pracy – to częsta rzeczywistość w polskich przedsiębiorstwach.

Jak wynika z danych statystycznych dotyczących wypadków przy pracy osób pracujących w całej gospodarce narodowej w 2013 roku, opublikowanych przez GUS, liczba wypadków była znacznie niższa niż w latach ubiegłych. Liczba wypadków była niższa o 2 733 w porównaniu z rokiem 2012 i wyniosła 88 267. O ponad 15% mniej było również wypadków śmiertelnych i ciężkich (805 wypadków), natomiast wypadków lekkich było 87 462. Branże najbardziej wypadkowe to: dostawa wody, gospodarowanie ściekami i odpadami, górnictwo, przetwórstwo przemysłowe oraz opieka zdrowotna i pomoc społeczna [1].

Podczas wypadków zaobserwowano 17 092 przyczyn prowadzących do wydarzeń powodujących uraz. Należy zauważyć, że wypadek przy pracy jest wynikiem najczęściej kilku przyczyn. Najczęstszą przyczyną wypadku było nieprawidłowe zachowanie pracownika, niewłaściwy stan czynnika materialnego (np. wady materiałowe, konstrukcyjne lub niewłaściwa eksploatacja). Biorąc pod uwagę liczbę wypadków w poszczególnych województwach, przoduje województwo śląskie (ze względu na dużą koncentrację zakładów przemysłowych, w których występuje duże ryzyko zawodowe) oraz województwa wielkopolskie, mazowieckie i dolnośląskie [2].

Wypadki przy pracy i choroby zawodowe pracowników mogą powodować znaczny wzrost kosztów w przedsiębiorstwie, szczególnie w przypadku małych przedsiębiorstw.

Składniki kosztów wypadków przy pracy

Można rozważać w praktyce dwa rodzaje ocen związanych z wypadkami przy pracy i prewencją wypadkową:

- ocena kosztów pojedynczego wypadku przy pracy lub sumy wypadków w danym okresie (zwykle oceny takie przeprowadza się po fakcie);
- ocena wpływu ekonomicznego podjętych działań prewencyjnych lub zapobiegania wypadkom (zwykle w celu określenia wykonalności danej inwestycji lub wyboru pomiędzy różnymi rozwiązaniami) [3].

W artykule skupiono się na ocenie kosztów wypadków przy pracy ponoszonych przez przedsiębiorstwo w danym okresie.

Do obliczania wypadków przy pracy w przedsiębiorstwie wykorzystano metodę opracowaną w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy w Warszawie. Wszystkie składniki kosztów wypadków przy pracy w tej metodzie są wyrażone w formie pieniężnej. Obliczane tą metodą koszty wypadków przy pracy w firmie powinny być zestawiane i analizowane w rocznych okresach jako jeden z elementów kosztów BHP.

Aby dokonać oszacowania kosztu wypadku przy pracy w danym przedsiębiorstwie, można skorzystać z następującego wzoru [4]:

$$K_{ZO} = (K_{CS} + K_{PMiT} + K_N + K_Z + K_{ZP} + K_{SM} + K_{NP} + K_{OW} + K_I) - O$$

gdzie:
K_{ZO} – koszt wypadku ogółem ponoszony przez przedsiębiorstwo
K_{CS} – koszt czasu straconego
K_{PMiT} – koszt pomocy medycznej i transportu
K_N – koszt nadgodzin
K_Z – koszt zastępstw
K_{ZP} – koszt zakłóceń w produkcji
K_{SM} – koszt strat materialnych
K_{NP} – koszt napraw
K_{OW} – koszt odszkodowań finansowych ze środków własnych
K_I – koszty inne
O – odszkodowania otrzymane z instytucji ubezpieczeniowych.

Należy podkreślić, że bardzo rzadko przeprowadza się pełną ocenę kosztów wypadku przy pracy, z uwagi na brak szacunkowych strat, szczególnie jeśli chodzi o koszt czasu straconego, koszt zakłóceń w produkcji oraz koszty inne.

Koszt czasu straconego (K_{CS}) obejmuje zarówno czas utracony w dniu wypadku przy pracy, jak również czas stracony w dniach absencji przez osobę poszkodowaną oraz czas stracony przez osoby organizujące pierwszą pomoc i organizujące ponownie pracę. Jest to również czas stracony w wyniku dochodzenia powypadkowego i zaplanowanie działań zapobiegawczych np. kierownika i pracownika działu BHP, pracownika nadzoru, świadków wypadku, społecznego inspektora pracy.

Koszt pomocy medycznej i transportu (K_{PMiT}) to suma koszów związanych z transportem poszkodowanego do domu lub/i lekarza, materiałami opatrunkowymi i lekarstwami zużytymi w ambulatorium zakładowym, oraz kosztów związanych z płatną pomocą lekarską udzieloną poza zakładem pracy. Do tego można dodać koszt wynikający z czasu pracy personelu medycznego w ambulatorium zakładowym i przy udzielaniu pierwszej pomocy przy wypadku.

Koszt nadgodzin (K_N) to koszt nadgodzin w dniu wypadku przy pracy, jak i w dniach absencji, wynikający z dodatkowej pracy związanej z koniecznością zastąpienia pracy pracownika poszkodowanego na danym stanowisku pracy.

Koszt zastępstw (K_Z) obejmuje koszt zastępstw w dniu wypadku oraz w dniach absencji i wynika z nieobecności pracownika na danym stanowisku pracy.

Koszt zakłóceń w produkcji (K_{ZP}) związany jest z przerwami w produkcji w miejscu wypadku przy pracy oraz na innych wydziałach w firmie. Przyjmują one formę pieniężną, wynikającą z pomnożenia czasu trwania zakłócenia, wyrażonego w godzinach pracy, oraz kosztu jednej godziny zakłócenia, np. godzinowego kosztu pracy linii technologicznej.

Koszt strat materialnych (K_{SM}) zawiera w sobie wartość zniszczonych surowców, półfabrykatów, wyrobów gotowych oraz utraconą wartość maszyn i urządzeń, jak również koszt związany z zakupem nowych maszyn i urządzeń. Koszt ten wyrażany jest oczywiście w formie pieniężnej.

Koszt napraw (K_{NP}), który uwzględnia wartość wszystkich napraw związanych z zaistniałym wypadkiem przy pracy, wyraża się zarówno w formie pieniężnej (koszty księgowe – faktury wystawiane przez przedsiębiorstwa zewnętrzne za usługi napraw lub dodatkowe wynagrodzenie dla pracowników firmy za naprawy związane z wypadkiem), jak i w formie niepieniężnej (koszty alternatywne – w przypadku wykonania napraw przez pracowników firmy w ramach swojej pracy, jako iloczyn liczby osób wykonujących naprawy, czasu ich pracy w godzinach oraz przeciętnej stawki godzinowej pracy tych osób).

Koszt odszkodowań finansowych ze środków własnych (K_{OW}) wynika z odszkodowań przysługujących na podstawie Kodeksu pracy (koszty dodatku wyrównawczego, wypłacanego przez okres nie dłuższy niż sześć miesięcy, jeżeli przeniesienie poszkodowanego pracownika do innej pracy spowodowało obniżenie wynagrodzenia, oraz koszty odszkodowania za utratę lub uszkodzenie związane z wypadkiem przy pracy przedmiotów osobistego użytku oraz przedmiotów niezbędnych do wykonywania pracy), jak również z odszkodowań zarządzonych przez sąd z powództwa cywilnego (odszkodowania za poniesione rzeczywiste straty spowodowane wypadkiem oraz zadośćuczynienie pieniężne za doznaną krzywdę, jak również renta wyrównawcza).

Koszty inne (K_I) związane są np. z kosztami przeprowadzonej akcji ratowniczej, kar umownych poniesionych przez firmę na skutek wystąpienia wypadku, z powodu niewywiązania się z umowy, kosztami opinii biegłych sądowych, kosztami spraw sądowych.

Odszkodowania otrzymane z instytucji ubezpieczeniowych (O) to zwrot zasiłku chorobowego z ZUS oraz inne odszkodowania związane np. ze zniszczonym składnikiem majątku firmy, które były ubezpieczone.

Koszty wypadku ponoszone przez przedsiębiorstwo należy rozumieć jako „teoretyczną wartość zwiększającą koszty własne przedsiębiorstwa, o którą w związku z zaistniałym wypadkiem zmniejsza się wysokość zysków lub powiększa wysokość ponoszonych strat" [5, s. 98.]. Koszty te można określić jako koszty kontrolowane (na które przedsiębiorstwo ma wpływ i może je ograniczyć poprzez profilaktykę, tj. część kosztów składki na społeczne ubezpieczenia wypadkowe, na które wpływa poziom bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwie, wszystkie nieubezpieczone koszty wypadków) oraz koszty niekontrolowane (które nie zależą od liczby wypadków, np. stałe składki ubezpieczeniowe). Tak zdefiniowane koszty powinny być powiększone o poniesione w wyniku pogorszenia wizerunku firmy straty wynikające z występowania wypadków przy pracy. Dodatkowo powinno się rozważyć uwzględnienie również kosztów zdarzeń potencjalnie wypadkowych, które mimo że nie powodują urazów, wywołują straty materialne wynikające również z braku bezpieczeństwa.

Szacowanie kosztów wypadków przy pracy wymaga odpowiedniego systemu rejestracji danych związanych z wypadkami przy pracy. Takim dokumentem jest statystyczna karta wypadku, którą sporządza się na podstawie zatwierdzonego protokołu ustalenia okoliczności i przyczyn wypadku przy pracy albo na podstawie karty wypadku, w których stwierdzono, że wypadek jest wypadkiem przy pracy lub wypadkiem traktowanym na równi z wypadkiem przy pracy. Wzór statystycznej karty wypadku zawarty jest w rozporządzeniu Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 8 grudnia 2004 r. w sprawie statystycznej karty wypadku przy pracy (Dz. U. 04.269.2672). Wypełnienie statystycznej karty wypadku przy pracy wymaga zebrania informacji dotyczących: zakładu pracy, w którym wydarzył się wypadek, poszkodowanego, ogólnej informacji o wypadku, skutków wypadku, przyczyn i okoliczności zaistniałego wypadku oraz szacunkowych kosztów poniesionych wskutek wypadku. Ponieważ w dokumentacji powypadkowej znajduje się najwięcej potrzebnych informacji, dlatego też obliczania kosztów związanych z wypadkiem przy pracy powinny dokonywać pracownicy działu BHP w przedsiębiorstwie.

Istotnym składnikiem kosztów związanych z bezpieczeństwem i higieną pracy w przedsiębiorstwie, mającym wpływ na przyszłe koszty związane z wypadkami przy pracy, są koszty działań prewencyjnych. Wynikają one z uwarunkowań prawnych i wymuszają zapewnienie bezpieczeństwa i ochrony zdrowia pracowników na poziomie co najmniej wynikającym z tych uwarunkowań. Do kosztów tych można zaliczyć koszty związane z zatrudnieniem pracowników służb BHP (lub koszty obsługi w tym zakresie przez firmy zewnętrzne), monitorowania stanu bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie, związane z zakupem środków ochrony zbiorowej i indywidualnej (w tym koszty urządzeń i usprawnień związanych z poprawą bezpieczeństwa i ochroną zdrowia), zakupu i prania odzieży roboczej i zakupu środków czystości, związane z oceną ryzyka

zawodowego, szkoleń BHP (w tym koszty kursu oraz koszty czasu na szkolenia pracowników), audytów, badań lekarskich, utrzymania służb ratowniczych, promocji bezpieczeństwa i inne [6].

Ocena kosztów wypadków przy pracy dla wybranego przedsiębiorstwa

Firma ROSA Europe projektuje i produkuje części techniczne z tworzyw sztucznych dla klientów firm elektrotechnicznych, przemysłu motoryzacyjnego, budowy maszyn i sprzętu gospodarstwa domowego. Główna siedziba firmy zlokalizowana jest we Włoszech, ale spółka posiada trzy zakłady produkcyjne w Polsce – w Siewierzu, w Oławie i w Radomsku. Spółka posiada nowoczesny park maszynowy składający się z wtryskarek – firmy Engel oraz Arburg oraz zgrzewarek firmy Branson.

W największym w Polsce oddziale w Siewierzu zatrudnionych jest ponad 200 pracowników na stanowiskach: pracownik produkcji (wtrysk plus montaż), ustawiacz wtryskarek, pracownik utrzymania ruchu, pracownik logistyki (w tym operator wózków widłowych), młynarz, pracownik biurowy.

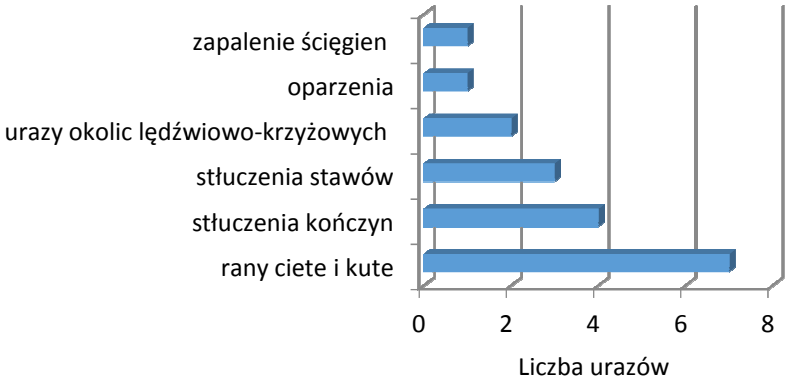
Praca dotychczas odbywała się w systemie trzyzmianowym. Corocznie na przełomie czerwca/lipca firma zmienia system pracy z trzyzmianowego na czterozmianowy, w związku ze zwiększonymi zamówieniami kontrahentów na produkty.

Dane, które uzyskano z firmy, potwierdzają wcześniej postawioną tezę, że nie dokonuje się analizy wszystkich faktycznie ponoszonych kosztów związanych z wypadkami przy pracy. Brak jest danych na temat kosztów zakłóceń, przerw w produkcji czy też kosztów zastępstw. Dlatego też koszty wypadków przedstawione poniżej dla tego przedsiębiorstwa są znacznie niższe niż w rzeczywistości.

W 2013 r. wypadkom przy pracy w prezentowanym przedsiębiorstwie uległo 18 osób (12 kobiet, 6 mężczyzn). Wykres 1 przedstawia liczbę wypadków przy pracy w przedsiębiorstwie, którym ulegli pracownicy w roku 2013 w zależności od zajmowanego stanowiska.

Rys. 1. Liczba wypadków przy pracy w przedsiębiorstwie, którym ulegli pracownicy w roku 2013 w zależności od zajmowanego stanowiska (opracowanie własne na podstawie danych z Firmy ROSA Europe)

Pracownicy przedsiębiorstwa w 2013 roku doznali następujących urazów:



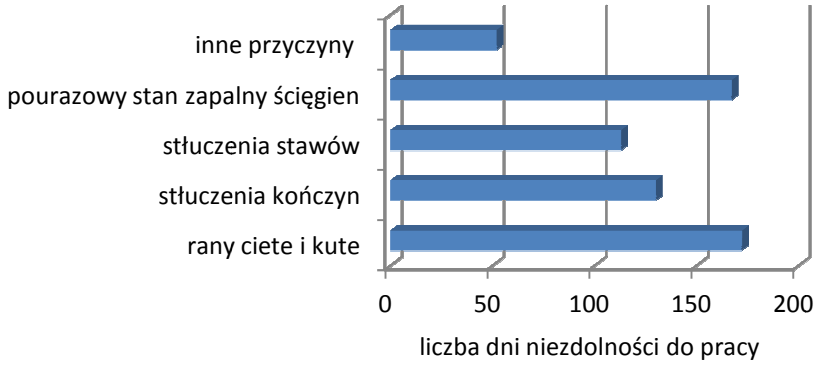
Rys. 2. Rodzaje urazów doznanych przez pracowników przedsiębiorstwa w roku 2013 (opracowanie własne na podstawie danych z Firmy ROSA Europe)

Z powodu niezachowanej dostatecznej uwagi i ostrożności podczas pracy wystąpiło 83,8% wypadków. W pozostałych przypadkach wypadek przy pracy nastąpił z powodu niezastosowania przydzielonych pracownikowi środków ochrony indywidualnej oraz niestosowania się do przepisów i zasad bhp. Pracodawca zapewnił niezbędne środki ochrony indywidualnej, lecz pracownik nie używał przydzielonych środków.

Liczba godzin (dla osiemnastu osób) przepracowanych od podjęcia pracy do chwili wypadku – 71 godzin, co stanowi 49,3% ze 144 godzin, jakie powinni przepracować w danym dniu. Szacując średnią stawkę za godzinę pracy na po-

ziomie 25 złotych, koszt czasu straconego związany z absencją w dniach wypadku wynosi 1825 złotych.

Liczba dni niezdolności do pracy z tytułu wypadków przy pracy wynosi 634 dni. Wykres poniżej przedstawia podział tych dni w zależności od przyczyny wypadku.



Rys. 3. Liczba dni niezdolności do pracy z tytułu wypadków przy pracy w zależności od przyczyn wypadku w roku 2013(opracowanie własne na podstawie danych z Firmy ROSA Europe)

Szacunkowy koszt czasu straconego związany z absencją w tych dniach wynosi 126 800 złotych (przyjmując ośmiogodzinny dzień pracy i stawkę 25 złotych za godzinę).

Poszkodowani transportowani byli do placówek służby zdrowia, celem specjalistycznej opieki medycznej, samochodem służbowym, prywatnym oraz w jednym przypadku karetką pogotowia. Koszty z tym związane niestety nie zostały oszacowane.

W roku 2013 firma wydała 62 198,74 złotych na: zakup środków ochrony indywidualnej (rękawice ochronne, zatyczki do uszu itp.), odzieży roboczej oraz wyposażenia apteczek (jest to znacznie więcej niż w latach poprzednich). Apteczki zaopatrywane są w zakładzie według potrzeb, nie rzadziej niż raz w miesiącu, przybliżony koszt zużytych materiałów opatrunkowych w 2013 roku to 1700 złotych.

Z powodu wypadku przy pracy, jakim ulegli pracownicy w zakładzie, nie następowały poważne zakłócenia. Kierownik zmiany na dane stanowisko za osobę poszkodowaną wyznaczał innego pracownika spośród obecnych na zmianie pracowników danego działu. Przerw w produkcji, strat materialnych w związku z zaistniałymi wypadkami nie stwierdzono. Nie oszacowano kosztu związanego z utraconą korzyścią związaną z przekierowaniem pracowników na stanowiska pracy poszkodowanych.

Zakład Ubezpieczeń Społecznych w roku 2013 wypłacił pracownikom jednorazowe odszkodowania z tytułu wypadków przy pracy w łącznej liczbie 7 na łączną kwotę 13 184 złote.

Podsumowanie

Wyodrębnienie poszczególnych kosztów wypadków przy pracy jest często utrudnione, ponieważ związki poszczególnych elementów z warunkami pracy nie są do końca ustalone. Należy jednak zauważyć, że każdej działalności przedsiębiorstwa powinna towarzyszyć analiza ekonomiczna, w tym analiza kosztów podejmowanych działań związanych z bezpieczeństwem i ochroną zdrowia oraz płynących – z określonych w tym zakresie decyzji – korzyści.

Wprowadzenie ustawy o ubezpieczeniu społecznym z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych z dnia 30 października 2002 roku [7] (obowiązującej od 1 stycznia 2003 roku) doprowadziło do znacznego zmniejszenia ogólnych kosztów wypadków przy pracy ponoszonych przez przedsiębiorstwa, z uwagi na fakt, że główne składniki wypadków przy pracy, które wcześniej obciążały przedsiębiorstwo, np. koszty absencji chorobowej oraz koszty jednorazowych odszkodowań, obecnie obciążają fundusz ubezpieczenia wypadkowego ZUS.

Dla prawidłowego szacowania kosztów wypadków przy pracy największe znaczenie ma system rejestracji danych związanych z wypadkami przy pracy, który powinien uwzględniać nie tylko wypadki przy pracy, ale również zdarzenia potencjalnie wypadkowe niepowodujące urazów. Należy dokonać szacowania wszystkich pozycji kosztów i nie zapominać również o kosztach wynikających z utraty wizerunku firmy (w przypadku dużej wypadkowości). Brak uwzględniania w analizie wszystkich składowych powoduje znaczne zaniżenie kosztów ponoszonych przez firmę i w efekcie prowadzi do błędnej oceny nakładów ponoszonych na działania profilaktyczne.

Prawidłowo prowadzona rejestracja pozycji kosztów wypadków przy pracy może stać się więc przydatnym narzędziem systemu zarządzania bezpieczeństwem i higieną pracy i umożliwi wyznaczenie właściwych proporcji pomiędzy nakładami finansowymi związanymi z działaniami prewencyjnymi a kosztami powstałymi w wyniku zdarzeń wypadkowych (i zdarzeń potencjalnie wypadkowych).

Obecny system rejestracji danych o wypadkach przy pracy, mimo że pozwala na określenie kosztów związanych z absencją poszkodowanego pracownika, kosztów wynikających z konieczności zastąpienia poszkodowanego w pracy, czy też kosztów prowadzenia dochodzenia powypadkowego, nie jest w przedsiębiorstwach właściwie prowadzony (dlatego też koszty te są często nieuwzględniane w przeprowadzanych analizach kosztów wypadku przy pracy). Aby ta sytu-

acja się zmieniała, należy wdrożyć właściwe procedury rejestrowania potrzebnych informacji, także skuteczne sposoby motywowania pracowników do zgłaszania wypadków i zdarzeń potencjalnie wypadkowych (bezurazowych).

Powszechnie występuje przekonanie, że nakłady finansowe związane z zapewnieniem pracownikom właściwych warunków pracy nie dają wymiernych korzyści (uwidocznionych w rachunku wyników), a ponadto korzyści te nie są na ogół obliczane. Oczywiście przedsiębiorstwa starają się spełnić minimalne wymagania wynikające z obowiązujących przepisów prawa, ale nie starają się doprowadzić do poprawy istniejących warunków, co nie zapewnia skutecznego rozwiązywania istniejących problemów w badanym zakresie [8].

Niewątpliwie sytuacja ta ulega powoli zmianie, chociażby ze względu na wprowadzenie zróżnicowanej składki na ubezpieczenia społeczne z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych, która wpływa motywująco na pracodawców w celu zwiększenia poziomu bezpieczeństwa (a w konsekwencji prowadzi do obniżenia kosztów składki na ubezpieczenia wypadkowe). Kwestie społeczne związane z wypadkami przy pracy nie zawsze odpowiednio oddziałują na pracodawców, ale dobrze przeprowadzona analiza ekonomiczna (ukazująca korzyści) może być argumentem przemawiającym za podjęciem działań prewencyjnych, które poprawią poziom bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwie.

Literatura

[1] GUS podsumował dane o wypadkach przy pracy osób pracujących w całej gospodarce narodowej w 2013 r. www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/PW_wypadki_przy_pracy_14kw_2013.pdf (data dostępu: 10.05.2014 r.)

[2] B. Opar, Ile wypadków przy pracy zdarzyło się w 2013 roku?, http://www.bibliotekakp.pl/news.aid,2842,Ile_wypadkow_przy_pracy_zdarzylo_sie_w_2013_roku_.html (data dostępu: 05.06.2014 r.)

[3] Ocena ekonomiczna korzyści z zapobiegania wypadkom przy pracy na szczeblu przedsiębiorstwa [w:] FACTS nr. 28, Europejska Agencja Bezpieczeństwa i Zdrowia w Pracy, http:/osha.europa.eu (data dostępu: 05.05.2014 r.)

[4] J. Repecki, Społeczne koszty wypadków przy pracy [w:] Bezpieczeństwo pracy 05/2012, Wyd. Centralny Instytut Ochrony Pracy-PIB, Warszawa 2012, s. 20-23.

[5] Z. Pawłowska (red.), Podstawy prewencji wypadkowej, Wyd. CIOP-PIB, Warszawa 2008.

[6] Ekonomiczne aspekty kształtowania warunków pracy, CIOP-PIB, http://rop.sejm.gov.pl/1_0ld/opracowania/pdf/ekonom2007.pdf (data dostępu: 02.05.2013 r.)

[7] Ustawa o ubezpieczeniu społecznym z tytułu wypadków przy pracy i chorób zawodowych z dnia 30 października 2002 roku (Dz.U. nr 199, poz. 1673).
[8] U. Nowacka, A. Gil, A. Idzikowski, Ekonomiczne uwarunkowania bezpieczeństwa pracy i ochrony zdrowia pracowników, [w:] Inżynieria bezpieczeństwa a zagrożenie cywilizacyjne – wyzwania dla bezpieczeństwa, red. A. Gil, U. Nowacka, M. Chmiel, Wydawca: CSPSP w Częstochowie, Częstochowa 2013.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 211–222

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.18

Mariusz Ożóg
e-mail: maozog@wp.pl

ANALIZA ZAGROŻEŃ ŻYCIA I ZDROWIA STUDENTÓW NA PRZYKŁADZIE SYNTEZ Z OKSIRANAMI PROWADZONYCH NA WYDZIALE CHEMICZNYM UCZELNI X

Streszczenie. Czy można na wyższej uczelni w Polsce narażać życie studentów? Okazuje się, że tak. Od co najmniej kilkunastu lat w Zakładzie Chemii Organicznej Wydziału Chemicznego uczelni X prowadzone są reakcje z oksiranami, takimi jak tlenek etylenu, tlenek propylenu oraz epichlorohydryna, w sposób stanowiący zagrożenie ciężkimi obrażeniami ciała, a nawet śmiercią. Syntezy te prowadzone są w małych, zakorkowanych butelkach po szampanie ustawionych w zlewkach z wodą na mieszadłach magnetycznych. Szczególnie niebezpieczny jest tlenek etylenu, ponieważ ma temp. wrzenia 10,7°C, jest niestabilny i wysoce reaktywny. Jest skrajnie łatwopalnym gazem (R12). Zbiorniki z tlenkiem etylenu narażone na działanie ognia lub wysokiej temperatury mogą wybuchać. Tworzy mieszaniny wybuchowe z powietrzem (od 3% do 100% tlenku etylenu). Tlenek etylenu jest klasyfikowany jako substancja rakotwórcza kat. 2, mutagenna kat. 2, toksyczna i drażniąca. Energia chemicznego wybuchu tlenku etylenu jest 14 razy większa od energii wybuchu trotylu. Wykonano przybliżone obliczenia symulacyjne. Przy założeniu, że nastąpi rozerwanie 1 reaktora w wyniku wybuchu fizycznego (małej butelki po szampanie pojemności 250 cm^3 wytrzymującej do 18 atm), powstaną odłamki szkła mające ostre krawędzie o tak dużej energii, że mogą spowodować ciężkie obrażenia fizyczne ciała, a nawet śmierć. Prowadzenie takich syntez w opisany powyżej sposób można więc uznać za przestępstwo z art. 160 i 220 kodeksu karnego. Zastanawiająca i bulwersująca jest ignorancja prokuratury wobec tego faktu.
Słowa kluczowe: oksirany, reaktor ciśnieniowy, bhp, narażanie życia, wybuch.

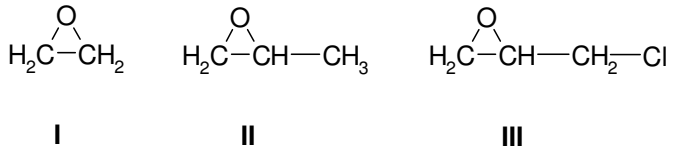
SYNTHESES WITH OXIRANES CARRIED OUT IN THE FACULTY OF CHEMISTRY OF UNIVERSITY X - ANALYSE OF HAZARD

Abstract. Is it possible to risk student's life on an university in Poland? It comes out that, yes, it is possible. At one Chemistry Department of an University syntheses with oxiranes (like ethylene oxide, propylene oxide, epichlorohydrin) are carried out for several years, providing the risk of severe injury or even death. These syntheses are carried out in small, corked champagne bottles placed in beakers with water on magnetic stirrers. Ethylene oxide is particularly dangerous due to the fact that it's boliling point is 10.7ºC only. It is also unstable and extremely reactive, highly flammable (R12). Containers with ethylene oxide may explode if exposed on high temperature or fire. It makes up explosive mixtures with the air at the oxide concentration ranging from 3% to 100%. The force of chemical explosion of ethylene oxide is 14 times stronger than the one of TNT. Moreover, ethylene oxide is carcinogenic and mutagenic, classified as toxic and irritating. The simulation of explosion force was evaluated. The 250 ml champaigne bottle (of nominal internal pressure resistance equal to 18 atm) when used as a reactor may burst out and the small pieces of glass with sharp edges created as a result of the explosion will gain the energy sufficient to causing severe body injuries or even death. Carrying these syntheses out on the described way may be then classified as a crime due to articles 160 and 220 of Polish Penal Code. The prosecutor's ignorance in such case is shocking.
Keywords: oxiranes, high-pressure reactor, job safety, death hazard, explosion.

Wiele syntez prowadzonych przez pracowników naukowych na wyższych uczelniach w ramach badań naukowych wymaga użycia potencjalnie niebezpiecznych substancji chemicznych. Jednymi z takich substancji są oksirany. W niniejszej pracy przedstawiono zagrożenia wynikające z niewłaściwego, niezgodnego z przepisami bhp prowadzenia syntez z oksiranami na jednej z polskich wyższych uczelni.

Właściwości oksiranów

Oksirany są to związki chemiczne zawierające w swojej strukturze pierścień oksiranowy. Pierścień ten z powodu dużych naprężeń wewnętrznych jest mało stabilny i wykazuje dużą reaktywność, zwłaszcza wobec substancji o charakterze kwaśnym lub zasadowym [1]. Oksirany w środowisku kwaśnym lub zasadowym, a także w obecności nadtlenków lub soli niektórych metali mogą ulegać samorzutnej, gwałtownej polimeryzacji przebiegającej w sposób wybuchowy [2-3].



Rys. 1. Wzory oksiranów: I – tlenek etylenu, II – tlenek propylenu, III – epichlorohydryna

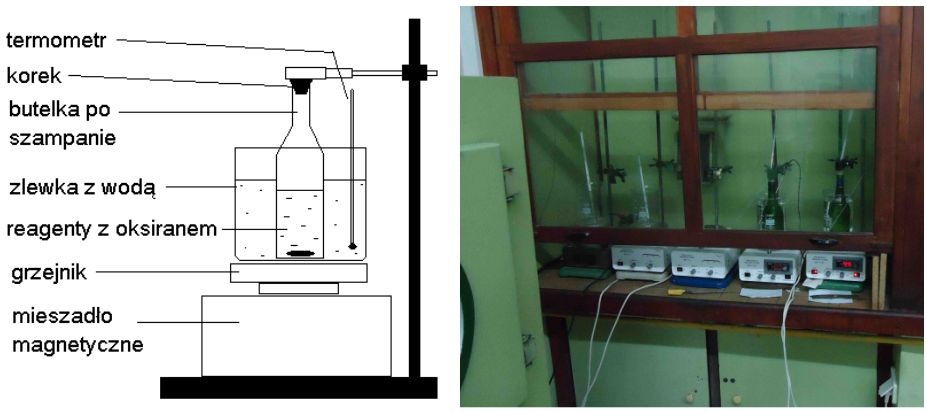
Najprostszym oksiranem jest tlenek etylenu (rys. 1 wzór I). Tlenek etylenu ma niską temperaturę wrzenia 10,7ºC, jest związkiem wybuchowym kl. II B, dolna granica wybuchowości jest bardzo mała (tylko 3% objętościowych), górna granica wybuchowości wynosi 100% objętościowych. Tlenek etylenu jest związkiem palnym II kat. Związek ten nie musi mieć tlenu do palenia się. Tlenek etylenu łatwo ulega samorzutnej polimeryzacji, szczególnie gdy nie jest dostatecznie stabilizowany. Polimeryzacja przebiega wybuchowo, a wydzielające się ciepło przyspiesza proces polimeryzacji [2]. Tlenek etylenu jest klasyfikowany jako substancja rakotwórcza kat. 2, mutagenna kat. 2, toksyczna i drażniąca. Może powodować raka (R45), może powodować dziedziczne wady genetyczne (R46). Również działa toksycznie przez drogi oddechowe (R23), działa drażniąco na oczy, drogi oddechowe i skórę (R36/37/38), a bezpośredni kontakt ze skroplonym gazem może powodować odmrożenia [4].

Tlenek propylenu (rys. 1, wzór II) ma temperaturę wrzenia 34,2ºC i także jest związkiem wybuchowym kl. II B. Dolna granica wybuchowości wynosi 1,9% obj., natomiast górna 36-45% obj. Jest związkiem palnym I kat. [2]. Tlenek propylenu jest skrajnie łatwo palny (R12), działa szkodliwie przez drogi oddechowe, w kontakcie ze skórą i po połknięciu (R20/21/22), działa drażniąco na oczy, drogi oddechowe i skórę (R36/37/38), może powodować raka (R45), może powodować dziedziczne wady genetyczne (R46) [5].

Epichlorohydryna (rys. 1, wzór III) ma temperaturę wrzenia 116,5ºC i jest związkiem wybuchowym kl. II B. Granice wybuchowości: dolna - 3,8% obj., górna - 21% obj. Epichlorohydryna jest cieczą palną II kat. [2]. Podczas pożaru z udziałem epichlorohydryny mogą powstawać tak niebezpieczne gazy, jak: chlor, chlorowodór, a nawet fosgen [2-3]. Epichlorohydryna jest substancją łatwo palną (R10), działa toksycznie przez drogi oddechowe, w kontakcie ze skórą i po połknięciu (R23/24/25), powoduje oparzenia (R34), może powodować uczulenie w kontakcie ze skórą (R43), może powodować raka (R45) [6].

Analiza zagrożeń związanych ze sposobem prowadzenia syntez z oksiranami na Wydziale Chemicznym uczelni X

Od co najmniej kilkunastu lat w Zakładzie Chemii Organicznej Wydziału Chemicznego uczelni X prowadzone są reakcje z oksiranami, takimi jak tlenek etylenu, tlenek propylenu oraz epichlorohydryna, w sposób stanowiący zagrożenie ciężkimi obrażeniami ciała, a nawet śmiercią. Typowy zestaw stosowany w takich reakcjach zobrazowano na rys. 2. Obok znajduje się fotografia takich pracujących zestawów.



Rys. 2. Schemat zestawu do prowadzenia syntez z oksiranami oraz obok fotografia takich zestawów pracujących w laboratorium w zakładzie

Naczyniem używanym do syntezy jest butelka po szampanie pojemności zazwyczaj 250 cm^3. Butelka taka po włożeniu magnesu i napełnieniu reagentami jest ustawiana w zlewce szklanej z wodą na mieszadle magnetycznym. Butelka jest zakorkowana, a korek jest dociskany za pomocą łapy przymocowanej do pręta statywu laboratoryjnego. Dodatkowo w zlewce umieszczany jest rtęciowy termometr laboratoryjny. Butelki są stopniowo ogrzewane do 70ºC w przypadku tlenku etylenu, natomiast z tlenkiem propylenu do 90ºC. Zdjęcie na rys. 2 przedstawia takie zestawy pracujące w komorze dygestorium w laboratorium naukowo-badawczym wydziału chemicznego uczelni X. Zauważmy, że nie ma tutaj jakiegokolwiek wskaźnika pokazującego, jakie jest ciśnienie wewnątrz butelki, w której zachodzi reakcja. Nie ma zaworu bezpieczeństwa, który wypuściłby nadmiar gazu z butelki po przekroczeniu niebezpiecznego ciśnienia. W dodatku układ regulacji ogrzewania mieszadła magnetycznego nie jest układem elektronicznym o dużej niezawodności i może dojść łatwo do rozregulowania ogrzewania, a więc w efekcie może niespodziewanie nastąpić

przegrzanie mieszaniny reakcyjnej. Użyte naczynia są wykonane ze szkła butelkowego, które jest kruche i nieprzystosowane do pracy w podwyższonych temperaturach. Ogrzewanie takiego szkła do temperatury 70-90°C powoduje powstawanie naprężeń zmniejszających wytrzymałość butelki na rozerwanie. Dociskająca łapa od góry także powoduje powstanie naprężeń w butelce zmniejszających jej wytrzymałość. Na zdjęciu widać, że szyba dygestorium jest opuszczona na dół, jednakże nie stanowi to zabezpieczenia, ponieważ szyba ta wykonana jest ze zwykłego szkła okiennego. Na podstawie literatury wiadomo, że butelka szampana wytrzymuje wewnątrz ciśnienie do ok. 18 atmosfer [7]. Po przekroczeniu takiego ciśnienia następuje gwałtowne rozerwanie butelki na wiele małych odłamków szklanych, które mają ostre krawędzie. Odłamki te mają tak dużą energię, że mogą rozbić szybę dygestorium i ciężko poranić osoby znajdujące się w pobliżu. Szyba dygestorium nie tylko nie zmniejszy zagrożenia, ale zwiększy je (nie jest pancerna, tylko zwykła okienna), ponieważ po rozsadzeniu jej na kawałki w wyniku wybuchu powstaną duże kawałki szkła z ostrymi krawędziami, które zwiększą obrażenia u osób przebywających w laboratorium.

Często w syntezach jednorazowo stosowano ilości ok. kilkanaście gramów tlenku etylenu i dwadzieścia kilka gramów tlenku propylenu (na reaktor ciśnieniowy 250 cm^3). W niektórych przypadkach stosowano znacznie większe ilości, np. w opisie jednej z syntez w pracy doktorskiej obronionej na wydziale zastosowano aż 211 gramów tlenku etylenu (!!) na 1 butelkę 250 cm^3. Dla oszacowania wielkości wybuchu załóżmy użycie średnio 11 gramów. Jest to 0,25 mola tlenku etylenu. Odpowiada to ok. 5,6 dm^3 gazu w warunkach normalnych (tj. do objętości ponad 5,6 dm^3 może się rozprężyć ta ilość ciekłego tlenku etylenu w temperaturze pokojowej). W butelce ta objętość musi się zmieścić i ciśnienie w niej wzrasta ponad 20-krotnie. Butelka szampana według normy powinna wytrzymać do 18 atm ciśnienia wewnętrznego. Biorąc pod uwagę obliczone ciśnienie, jakie może powstać, wypada zauważyć, że gdyby tlenek etylenu nie rozpuszczał się w reagentach i nie reagował z nimi, to istniałoby duże ryzyko rozerwania takiej butelki w wyniku wybuchu fizycznego. W przypadku prowadzonych syntez nie można również wykluczyć możliwości wystąpienia wybuchu o charakterze chemicznym, w wyniku np. wybuchowej polimeryzacji tlenku etylenu albo w wyniku zapłonu tlenku etylenu w butelce pod wpływem wyładowania elektrostatycznego (szkło się elektryzuje) czy też w wyniku oddziaływania z innymi reagentami. Przed tym wszystkim (amoniak, aminy, substancje o charakterze katalitycznym, konieczność stosowania reaktorów nie przewodzących elektryczności statycznej, wysoka reaktywność) przestrzega producent tlenku etylenu - firma BASF w karcie charakterystyki tlenku etylenu [8], a także służby krajów cywilizowanych np. kanadyjskiego sanepidu [9]. Dodatkową okolicznością, która powinna uświadomić skalę niebezpieczeństwa wybuchu chemicznego, jest fakt, że energia wybuchu tlenku etylenu jest 14 razy

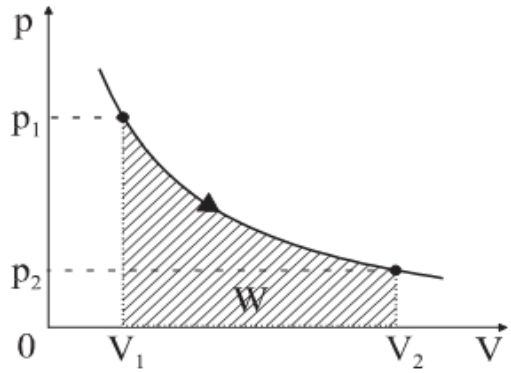
większa od energii wybuchu trotylu [10]. W przypadku tlenku propylenu oraz epichlorohydryny także zachodzi ryzyko wybuchu w wyniku np. gwałtownie przebiegającej polimeryzacji.

Przyjmijmy założenie, że może nastąpić wybuch fizyczny polegający na rozerwaniu butelki z dodatkiem tlenku etylenu w wyniku przekroczenia ciśnienia 18 atm wewnątrz niej. Wybuch fizyczny jest to gwałtowne wyrównanie różnicy ciśnień pomiędzy wnętrzem zbiornika lub naczynia a jego otoczeniem, powodujące rozerwanie jego ścianek [11]. Przybliżamy rzeczywisty proces takiego wybuchu za pomocą nieodwracalnej przemiany adiabatycznej, w której sprężony tlenek etylenu rozpręża się do ciśnienia atmosferycznego.

Do symulacyjnych, uproszczonych obliczeń przyjęto następujące wartości:

- masa butelki poj. 250 cm^3 210 g
- masa tlenku etylenu 11 g (0,25 mol)
- masa pozostałych reagentów 20 g

Przyjęto założenie, że praca wykonana przez gwałtownie rozprężający się tlenek etylenu o masie 11 g od ciśnienia 18 atm do 1 atm będzie równa energii kinetycznej przejętej przez fragmenty rozerwanej butelki z reagentami. Pracę gwałtownie rozprężającego się gazu od ciśnienia p_1 do p_2 przy wzroście objętości od V_1 do V_2 (rys. 3) można określić za pomocą wzoru (1).



Rys. 3. Wykres przedstawiający pracę rozprężającego się gazu

$$W = \int_{V_1}^{V_2} p dV \qquad (1)$$

Ze względu na bardzo szybkie rozprężanie gazu przyjęto, że nie zachodzi wymiana ciepła z otoczeniem. Stąd do obliczeń wzięto wzór opisujący pracę dla nieodwracalnego, adiabatycznego rozprężania gazu (2).

$$W = \frac{p_1 V_1}{\kappa - 1}\left[1 - \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{\kappa - 1}\right] \qquad (2)$$

gdzie:

p_1 – ciśnienie początkowe gazu,
p_2 – ciśnienie końcowe gazu,
V_1 – objętość początkowa gazu,
V_2 – objętość końcowa gazu,
κ – współczynnik adiabaty.

Współczynnik adiabaty κ gazowego tlenku etylenu złożonego z cząsteczek siedmioatomowych wynosi $\kappa = (i+2)/i$, gdzie $i=6$ dla cząsteczek więcej niż dwuatomowych; stąd $\kappa = 8/6 = 4/3 = 1{,}33$.
Po podstawieniu wartości:

$p_1 = 18$ atm $= 18 \cdot 1{,}013 \cdot 10^5$ Pa
$p_2 = 1$ atm $= 1{,}013 \cdot 10^5$ Pa
$V_1 = 230$ cm$^3 = 0{,}23 \cdot 10^{-3}$ m^3
$V_2 = 5{,}6 \cdot 10^{-3}$ m^3
$\kappa = 1{,}33$

do wzoru 2 dostajemy:

$W = 827{,}7$ J

Dla uproszczenia obliczeń przyjęto założenie, że powstanie 50 jednakowych odłamków szkła, każdy średnio o masie $m = 4{,}2$ g.
Stąd energia kinetyczna jednego odłamka szklanego $E_k = 827{,}7/50 = 16{,}6$ J
Szybkość ruchu takiego odłamka ze wzoru:

$$\upsilon = \sqrt{\frac{2E_k}{m}} \qquad (3)$$

wynosi 88,9 m/s.

Odłamek szklany posiadający ostre krawędzie o takiej energii, lecący z tak dużą szybkością może spowodować ciężkie obrażenia ludzkiego ciała.

Oczywiście, w rzeczywistości powstałyby odłamki o różnych masach. Niektóre z nich mogłyby mieć masę nawet kilka razy większą, poza tym woda w zlewce oraz przeszkody, które napotkają odłamki na swej drodze w postaci szklanej zlewki oraz szyby dygestorium, obniżą energię odłamków. Nawet jeśli to zmniejszenie energii odłamków będzie znaczące, to duża liczba takich szklanych, ostrych kawałków po uderzeniu w ludzkie ciało może spowodować rozległe uszkodzenia ciała. Poza tym wybuch na jednym stanowisku może spowodować wybuchy na stanowiskach sąsiednich. W rezultacie może powstać bar-

dzo dużo szybko lecących w różnych kierunkach kawałków szkła posiadających ostre krawędzie. Stanowi to bardzo poważne zagrożenie dla osób znajdujących się w strefie rażenia.

Sposoby zapobiegania opisanym zagrożeniom

Wymienione wyżej właściwości oksiranów oraz duża liczba przypadków wybuchów, zwłaszcza tlenku etylenu w przemyśle chemicznym [12], doprowadziły do ustalenia zasad dobrej praktyki laboratoryjnej, niezbędnej dla zmniejszenia zagrożenia.

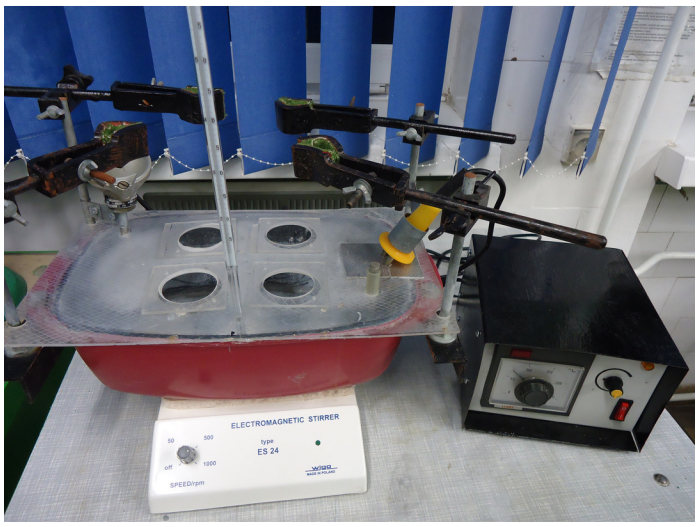
Podstawowym sposobem zapobiegania przedstawionym zagrożeniom związanym z prowadzeniem syntez z oksiranami jest zastosowanie profesjonalnego reaktora ciśnieniowego i prowadzenie takich reakcji zgodnie z bhp. Przykładem takiego reaktora może być wysokociśnieniowy reaktor z serii BR firmy Berghof przedstawiony na rys. 4. Reaktory z tej serii wytrzymują ciśnienie ok. 200 atm.

Ponadto może być potrzebne zbudowanie specjalnego pomieszczenia na uczelni do takich syntez, w którym zastosowano by np. przegrody rozpraszające i pochłaniające energię wybuchu, szyby pancerne, układy regulacji ogrzewania reaktorów ciśnieniowych o dużej niezawodności, itp.

Rys. 4. Przykład profesjonalnego reaktora ciśnieniowego [13]

Autor niniejszej pracy w ramach prowadzonych badań musiał prowadzić syntezy z oksiranami, a jedynymi dostępnymi reaktorami w zakładzie do takich syntez były małe butelki po szampanie poj. 250 cm^3. Autor nie miał środków na

zakupienie drogiego reaktora ciśnieniowego, więc skonstruował specjalny zestaw (rys. 5) do prowadzenia takich syntez, za pomocą którego w bardzo dużym stopniu zmniejszył zagrożenie.



Rys. 5. Skonstruowany przez autora czterostanowiskowy zestaw do prowadzenia syntez z oksiranami

Autor zadał sobie trud zaprojektowania i zbudowania takiego zestawu, ponieważ nie chciał narażać życia i zdrowia swojego oraz osób, które pojawiłyby się w pobliżu. W autorskim zestawie (rys. 5) prawdopodobieństwo rozerwania butelki jest równe niemal zeru, ponieważ łapy blokujące korki są przymocowane do prętów o mniejszej średnicy niż w statywie chemicznym. Pręty te łatwiej się odginają i działają jak zawór bezpieczeństwa. Gdy ciśnienie za bardzo wzrośnie, po prostu odgina się pręt, podnosi się korek i nadmiar gazu ucieka z reaktora bez wybuchu. Takie rozwiązanie pozwala zastosować co najwyżej niewielkie ilości oksiranów. Dodatkowe zabezpieczenie przed ewentualnym poranieniem odłamkami jest takie, że nawet gdyby rozerwało reaktor, to odłamki szkła nie polecą w bok, ale odbiją się od aluminiowej wanny, w której jest ok. 4,5 litra wody, i polecą do góry. Tak duża ilość wody pochłonęłaby dużą część energii odłamków, co dodatkowo w bardzo dużym stopniu zwiększa bezpieczeństwo. Poza tym elektroniczny układ sterowania tego urządzenia ustawiany jest poza komorą dygestorium i ma dobre chłodzenie. Szybko można więc wyłączyć urządzenie, stojąc w bezpiecznej odległości, z boku od tego zestawu. Dodatkowa kwestia dotyczy ogrzewania szklanych reaktorów. W zestawie tym reaktory są równomiernie ogrzewane przez wodę łaźni, której temperatura jest podnoszona stopniowo do zadanej temperatury bez przegrzania.

W układzie sterowania tym procesem jest regulator temperatury typu PID sprzężony z fazowym regulatorem mocy. Zestaw ten nigdy nie wybuchł, nie zawiódł i nie spowodował bezpośredniego zagrożenia życia ani zdrowia.

W przypadku zestawów zakładowych mogło dojść do nierównomiernego ogrzewania butelek, ponieważ ogrzewane były za pomocą grzejników mieszadeł magnetycznych od spodu. Stąd denka tych butelek mogły być ogrzane do wyższej temperatury niż temperatura wody w łaźni, co mogło powodować powstawanie naprężeń w szkle, inicjować np. niepożądane egzotermiczne procesy polimeryzacji prowadzące do zbyt dużego wzrostu temperatury i ciśnienia reagentów w butelce.

Prawne aspekty

Czy butelka po szampanie może być użyta w takich syntezach jako reaktor ciśnieniowy w świetle przepisów **§ 8 ust. 3 rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy na uczelniach (Dz. U. 2007.128.897)?** Trudno jest wykazać zgodność butelki po szampanie z profesjonalnym ciśnieniowym reaktorem do syntez.

Dyplomanci realizujący prace dyplomowe w laboratorium są osobami pozostającymi formalnie pod opieką promotora lub opiekuna pracy dyplomowej. Pracownik dydaktyczny będący promotorem pracy dyplomowej ma obowiązek zapewnić bezpieczeństwo swoim dyplomantom i prowadzenie prac zgodnie z przepisami bhp. Poza tym **kodeks etyki i dobrych obyczajów w nauce w pkt 3.2.6. mówi, że zdrowie, bezpieczeństwo oraz dobro zarówno współpracowników, jak i innych osób niezwiązanych z prowadzonymi badaniami nie mogą być zagrożone**.

Opisany sposób prowadzenia syntez z oksiranami narusza **art. 220 kk - Niedopełnianie obowiązków z zakresu bhp.**

Można tu także rozpatrywać fakt **wielokrotnego, świadomego popełnienia przestępstwa z art. 160 kk ust. 1 i 2 – Narażenie na niebezpieczeństwo pracowników oraz osób pozostających pod opieką** przez pracowników wydziału chemicznego. Dyplomantów realizujących prace dyplomowe można uznać za osoby pozostające pod opieką promotorów lub opiekunów prac dyplomowych.

Autor podjął próby zaangażowania odpowiednich służb do rozwiązania tego bulwersującego problemu. Prokuratura umorzyła postępowanie na etapie przygotowawczym, opierając się na protokole Państwowej Inspekcji Pracy, wydanym w grudniu 2013 r., który był dość pozytywny i nie potwierdzał przedstawionych nieprawidłowości. Jednakże PIP nie badała, jakie reakcje są prowadzone w zakładzie. Ani PIP, ani policja, ani prokuratura nie podjęły próby rzetelnego zbadania tej sprawy! Po kontroli, w zakładzie nadal były prowadzone

w niebezpieczny sposób syntezy z oksiranami. Autor zebrał dowody, opisał zagrożenia i jeszcze raz złożył dokumenty na Komendzie Policji. Miejmy nadzieję, że uda się ukrócić te haniebne praktyki odbywające się na Wydziale Chemicznym uczelni X i wprowadzić sposób prowadzenia prac zgodny z prawem, przepisami bhp i kodeksem etyki w nauce.

Podsumowanie

Pracownicy Zakładu Chemii Organicznej Wydziału Chemicznego uczelni X od co najmniej kilkunastu lat prowadzą niebezpieczne reakcje z oksiranami w szklanych butelkach po szampanie w sposób rażąco niezgodny z przepisami bhp, podczas których butelki może rozerwać wybuch i poranić osoby znajdujące się w laboratorium. Jest to narażenie na bezpośrednie niebezpieczeństwo śmierci lub ciężkiego uszczerbku na zdrowiu, m.in. osób pozostających pod opieką (dyplomantów) oraz niedopełnianie obowiązków z zakresu bhp. Stanowi to czyn zabroniony z **art. 160 par. 1 i 2 kk** oraz **art. 220 kk**. Prokuratura umorzyła postępowanie w tej sprawie na etapie przygotowawczym!

Opisany wyżej stan stoi też w sprzeczności z zapisem kodeksu etyki i dobrych praktyk w nauce. Wstrząsający jest fakt, że na wyższej uczelni technicznej kształcącej kadry inżynierskie dochodzi do tak rażących zaniedbań, które są ignorowane przez szereg pracowników naukowych oraz służby państwowe. Służby może wymagają dokształcenia i zwiększenia świadomości takich zagrożeń, natomiast kadra naukowa nie powinna przyszłych inżynierów nauczać łamania zasad bhp. Gdyby dokształcać służby państwowe, takie jak PIP, policja, prokuratura w kwestii świadomości przedstawionych w niniejszej pracy zagrożeń, wówczas nie doszłoby do tak kuriozalnej sytuacji, w której służby państwowe zobowiązane do szybkiego reagowania wobec opisanych zagrożeń ignorują problem.

Literatura

[1] Mastalerz P., Chemia organiczna, PWN, Warszawa 1984.
[2] Strona internetowa ratownictwa chemicznego: http://www.ratownictwo.chem.pl/t.htm; (data dostępu: 15 maj 2014).
[3] Więsierski T., Chemia i toksykologia epichlorohydryny pod kątem przydatności dla działań straży pożarnych. Podstawy analizy ryzyka, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 2, 2010 (str. 61-72).
[4] Ignatowicz S., Zalety i wady tlenku etylenu; strona internetowa: http://www.anoxia.pl/artykul/zalety-i-wady-tlenku-etylenu; (data dostępu 18 sierpień 2014).

[5] Karta charakterystyki tlenku propylenu pobrana ze strony internetowej: http://www.poch.com.pl/wysw/utworz_pdf.php?nr_karty=1050 (data dostępu: 15 września 2014).
[6] Karta charakterystyki epichlorohydryny pobrana ze strony internetowej: http://www.sigmaaldrich.com/MSDS/MSDS/DisplayMSDSPage.do?country=PL&language=pl&productNumber=E1055&brand=ALDRICH&PageToGoToURL=http%3A%2F%2Fwww.sigmaaldrich.com%2Fcatalog%2Fproduct%2Faldrich%2Fe1055%3Flang%3Dpl (data dostępu: 15 września 2014)
[7] Karwowski P., Krótka rozprawa o szkle i butelce, Winiarz Zielonogóski, 52, 2014, str. 6 ze strony internetowej o adresie: http://www.winiarze.zgora.pl/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=112, (data dostępu 15 wrzesień 2014).
[8] Strona internetowa: http://www.basf.com/group/corporate/en_GB/function/conversions:/publish/content/about-basf/worldwide/northamerica/USA/sustainability/rc/docs/Ethylene_Oxide_Product_Safety_Summary.pdf - (data dostępu: 15 wrzesień 2014).
[9] Strona internetowa: http://www.ccohs.ca/oshanswers/chemicals/chem_profiles/ethylene_oxide.html (data dostępu: 15 wrzesień 2014).
[10] Strona internetowa: http://www02.abb.com/global/plabb/plabb045.nsf/0/2c4247013ee42aa7c12576c500824c3c/$file/13.pdf (data dostępu: 15 wrzesień 2014).
[11] Strona internetowa: http://encyklopedia.eduteka.pl/wiki/Wybuch_fizyczny; (data dostępu 5 maj 2014).
[12] Dokument pokazujący ryzyko związane z tlenkiem etylenu: Ethylene Oxide Product Stewardship Guidance Manual. 5. Hazards of Ethylene Oxide, str. 23-38 pobrany ze strony internetowej: http://www.americanchemistry.com/ProductsTechnology/Ethylene-Oxide/EO-Product-Stewardship-Manual-3rd-edition/EO-Product-Stewardship-Manual-Hazards-of-Ethylene-Oxide.pdf (data dostępu: 25 maj 2014).
[13] Przykład reaktora pochodzi z ulotki reklamowej firmy BERGHOF pobranej ze strony internetowej o adresie: http://www.analityk.com/index.php/produkty/berghof-products-instruments/reaktory-wysokocisnieniowe-br (data dostępu: 20 wrzesień 2014).

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 223–238

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.19

Michał Pałęga, Marcin Knapiński, Wiesław Kulma
Politechnika Częstochowska
al. Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa,
e-mail: mpalega@wip.pcz.pl, knap@wip.pcz.pl, wkulma@onet.pl

ZARZĄDZANIE RYZYKIEM W SYSTEMIE BEZPIECZEŃSTWA INFORMACJI W PRZEDSIĘBIORSTWIE

Streszczenie. Zasoby informacyjne jako jedne z podstawowych aktywów biznesowych przedsiębiorstwa warunkują sukces rynkowy organizacji oraz utrzymanie jej konkurencyjności. Wobec powyższego istnieje potrzeba zbudowania w organizacji odpowiedniego systemu gwarantującego ochronę informacji przed zagrożeniami. Podstawowym elementem w systemie bezpieczeństwa informacji w przedsiębiorstwie jest zarządzanie ryzykiem. W artykule zaprezentowano wyniki analizy ryzyka bezpieczeństwa informacji w wybranym przedsiębiorstwie przemysłowym.
Słowa kluczowe: bezpieczeństwo informacji, zagrożenia, szacowanie ryzyka, zarządzanie ryzykiem.

RISK MANAGEMENT IN THE INFORMATION SECURITY SYSTEM IN THE ENTERPRISE

Abstract. Information resources, as one of the basic assets of enterprises determine a market success of organization and keeping its competitiveness. Therefore, it's necessary to construct appropriate system in organization, which guarantee information security before threats. The fundamental element of the information security system in the enterprise is the risk management. In the article the results of risk analysis of information security in the chosen industrial enterprise was presented.
Keywords: information security, threats, risk assessment, risk management.

Wprowadzenie

Doświadczenia ostatnich lat dowodzą wysokiego znaczenia informacji we współczesnym świecie oraz wskazują na narastanie zjawisk powodujących stany zakłócenia jej bezpieczeństwa, takie jak: zniszczenie, nieautoryzowana modyfikacja, udostępnianie osobom nieupoważnionym, niekontrolowany wyciek, kradzież itp. Wobec powyższego kierownictwo organizacji zmuszone jest do bacznego przyglądania się problematyce zapewnienia racjonalnego poziomu bezpieczeństwa w swojej jednostce oraz wdrażania skutecznych mechanizmów zabezpieczających i profilaktycznych. Funkcje te coraz częściej w przedsiębiorstwie pełni kompleksowy system zarządzania bezpieczeństwem informacji, którego kluczowy element stanowią procesy związane z zarządzaniem ryzykiem bezpieczeństwa informacji.

Ryzyko, zgodnie z normą PN-I-13335-1:1999, (…) *jest prawdopodobieństwem określającym możliwość wykorzystania określonej podatności przez dane zagrożenie w celu spowodowania strat lub zniszczenia zasobu lub grupy zasobów, a przez to negatywnego bezpośredniego lub pośredniego wpłynięcia na instytucję* [7]. Zatem ryzyko jest kombinacją dwóch czynników: prawdopodobieństwa wystąpienia negatywnego zdarzenia (incydentu) i związanych z nim następstw. W kontekście bezpieczeństwa informacji należy rozumieć je jako potencjalne szkody spowodowane utratą poufności, integralności, dostępności, rozliczalności, autentyczności oraz niezawodności informacji [3].

Artykuł podejmuje problematykę zarządzania ryzykiem bezpieczeństwa informacji w przedsiębiorstwie. Omówiono w nim poszczególne etapy zarządzania ryzykiem, a także przedstawiono charakterystykę wybranych metod oceny ryzyka. Zasadniczym punktem niniejszego opracowania jest zaprezentowanie wyników przeprowadzonej analizy ryzyka utraty bezpieczeństwa informacji w wybranym przedsiębiorstwie przemysłowym.

Istota zarządzania ryzkiem bezpieczeństwa informacji i jego etapy

Zarządzanie ryzykiem jest procesem ciągłym ukierunkowanym na identyfikację, ocenę oraz przeciwdziałanie ryzyka. Uwzględniając problematykę bezpieczeństwa informacji, będzie on obejmował swoim zakresem przede wszystkim [11]:

- identyfikację ryzyka związanego z utratą bezpieczeństwa informacji w organizacji;
- ocenę stopnia wpływu ryzyka bezpieczeństwa informacji na wyznaczone przez jednostkę cele oraz kierunki działania;

– wdrożenie odpowiednich środków profilaktycznych, redukujących poziom ryzyka.

Zarządzanie ryzykiem obejmuje kompleksowe działania związane z identyfikacją, kontrolą, eliminacją bądź minimalizacją prawdopodobieństwa wystąpienia negatywnych zdarzeń, które mogą mieć wpływ na zasoby systemu informacyjnego i informatycznego przedsiębiorstwa.

Celem procesu zarządzania ryzykiem jest przede wszystkim ograniczenie ryzyka do poziomu akceptowalnego, co wymaga opracowania właściwego planu postępowania z ryzykiem, który może wiązać się z [6]:

– zastosowaniem właściwych zabezpieczeń, adekwatnych do zagrożeń i poziomu ryzyka;
– zaakceptowaniem ryzyk, w sposób świadomy i obiektywny, przy założeniu, że jasno spełniają warunki określone w polityce bezpieczeństwa oraz kryteria akceptowania ryzyk;
– unikaniem ryzyka;
– transferem ryzyka na inne podmioty, np. ubezpieczycieli, dostawców itp.

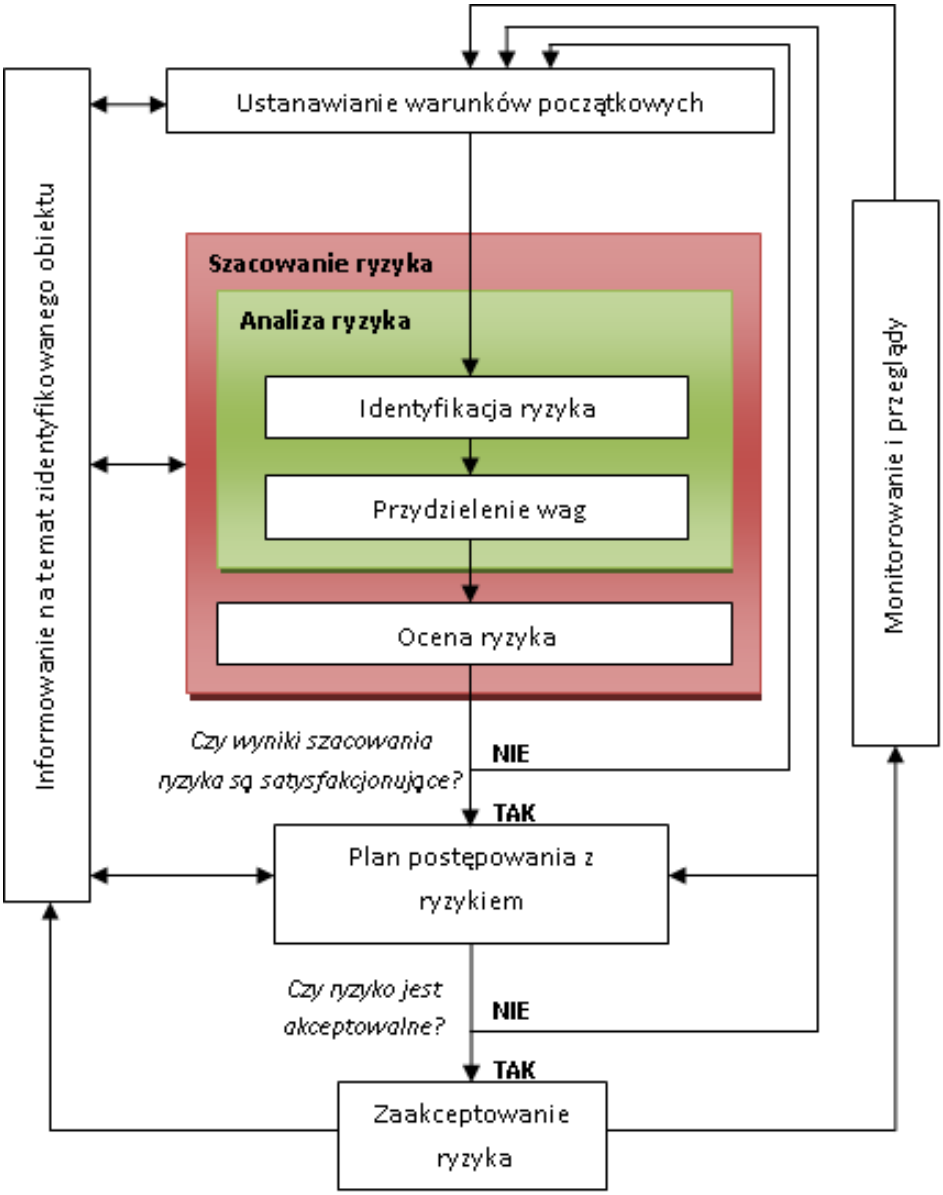
Model zarządzania ryzykiem został przedstawiony w formie graficznej na rys. 1.

Fundamentalne znaczenie w procesie zarządzania ryzykiem ma jego analiza. Pozwala ona na zidentyfikowanie nowych bądź zweryfikowanie istniejących zagrożeń oraz obszarów wymagających wprowadzania działań profilaktycznych i zabezpieczających. Przeprowadzona w sposób rzetelny umożliwia wyznaczyć warunki, jakim musi odpowiadać organizowany i funkcjonujący w przedsiębiorstwie system bezpieczeństwa informacji. Istota analizy ryzyka sprowadza się do określenia prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzenia oraz oszacowania wielkości jego skutków (strat).

Metody szacowania ryzyka

Obecnie w literaturze opisywanych jest kilkadziesiąt metod szacowania i oceny ryzyka, z których duża część stała się powszechnie obowiązującym standardem, znajdującym zastosowanie w praktyce. Najogólniej można wyróżnić trzy podstawowe grupy:

– metody ilościowe;
– metody jakościowe;
– metody mieszane.



Rys. 1. Model zarządzania ryzykiem
Źródło: [8]

Metody ilościowe (kwantyfikatywne) – polegają na zastosowaniu matematycznych obliczeń w celu wyznaczenia wpływu zagrożeń (skutków) na bezpieczeństwo systemu oraz określenia prawdopodobieństwa ich wystąpienia. Skutki te mogą być wyznaczane w oparciu o ocenę wyników zdarzeń bądź przez ekstrapolację, biorąc pod uwagę dane z przeszłości (statystyczne, archiwalne). Wyniki oszacowanego ryzyka mogą być wyrażone w formie procentowej bądź pieniężnej. Wśród zalet opisywanej metodyki szacowania ryzyka można wyróżnić [4]:

- szacowanie oraz wyniki są obiektywne i mogą być ze sobą porównywane;
- wartość informacji wyrażona jest w postaci konkretnej kwoty pieniężnej;
- wyniki oszacowanego ryzyka mają określoną strukturę (postać) finansową bądź procentową.

Do wad metod ilościowych można natomiast zaliczyć [4]:

- wyliczenia dokonywane są kompleksowo, dlatego też wymagają odpowiedniego zrozumienia oraz wytłumaczenia, w przeciwnym przypadku kierownictwo organizacji może nie ufać wynikom oszacowanego ryzyka, uznając je za efekt „czarnej skrzynki”;
- praktyczne oraz skuteczne stosowanie metod ilościowych narzuca konieczność wykorzystywania zautomatyzowanych narzędzi oraz aplikacji informatycznych;
- konieczność gromadzenia informacji odnośnie do środowiska IT, zabezpieczeń oraz zasobów.

Metody jakościowe (kwalifikatywne) – charakteryzują się dość dużym subiektywizmem z uwagi na fakt, iż w procesie szacowania ryzyka wykorzystuje się wiedzę i doświadczenie specjalistów oraz tzw. dobre praktyki [2]. W analizie jakościowej ryzyko oraz potencjalne jego skutki mogą zostać przedstawione w sposób opisowy, przy użyciu różnych wariantów scenariuszy zdarzeń. W praktyce często zawierają one bardzo dużo detali determinujących trafność podejmowanych decyzji w kwestii konkretnych działań oraz wyboru mechanizmów ochronnych (zabezpieczeń). Do opisu zdarzeń i sytuacji używa się różne skale (np. ryzyko małe – 1; ryzyko maksymalne 4).

Zaletami metod jakościowych są [4]:

- brak kalkulacji i obliczeń, a jeżeli one występują, to są zrozumiałe i bardzo proste;
- w większości przypadków nie istnieje konieczność wyceny informacji (jej dostępności, poufności oraz integralności);
- brak jest konieczności ilościowej oceny skutków negatywnych zdarzeń oraz częstotliwości ich występowania;
- nie istnieje potrzeba szacowania kosztów zalecanych zabezpieczeń oraz ewentualnych strat;

– ogólne wskazanie sfer związanych z występowaniem ryzyka, na które należy położyć szczególny nacisk.

Ponadto wśród korzyści z użycia metod jakościowych można wskazać możliwość uwzględniania w procesie szacowania ryzyka takich sfer, jak np. kultura organizacyjna czy wizerunek przedsiębiorstwa. Należy także podkreślić, iż zastosowanie tego rodzaju metod nie wymaga zbierania konkretnych informacji i danych ilościowych, jak w przypadku metod ilościowych [4].

Metody mieszane – stanowią kombinację dwóch wyżej prezentowanych metod (ilościowej i jakościowej). Na etapie identyfikowania wszystkich obszarów ryzyka oraz jego skutków wykorzystuje się metody jakościowe, najczęściej z użyciem narzędzia, jakim jest scenariusz zdarzeń. Analiza ilościowa natomiast służy do oszacowania kosztów skutków wystąpienia ryzyka. Zastosowanie takiego podejścia znacznie zwiększa wiedzę użytkową kierownictwa organizacji w kwestii zachodzących procesów oraz uświadamiania potencjalnego ryzyka [5].

Ocena ryzyka bezpieczeństwa informacji za pomocą metody CRAMM – studium przypadku

1. Ogólne informacje o przedsiębiorstwie

Badane przedsiębiorstwo działa na krajowym i zagranicznym rynku usług budowlanych od wielu lat. W szczególności specjalizuje się w realizacji dużych projektów inwestycyjnych dla samorządów terytorialnych w zakresie budowy oczyszczalni ścieków oraz sieci kanalizacji. Firma swoją pozycję konkurencyjną zawdzięcza przede wszystkim wysoko wykwalifikowanej kadrze technicznej, administracyjnej i wykonawczej oraz profesjonalizmowi, dokładności i terminowości wykonywanych robót. Ponadto przedsiębiorstwo korzysta z własnego zaplecza projektowego oraz laboratorium badawczego, posiadającego akredytację PCA w zakresie normy PN-EN ISO/IEC 17025:2005.

2. Metodologia badań

Do przeprowadzenia analizy ryzyka związanego z bezpieczeństwem informacji dla wybranego przedsiębiorstwo przemysłowego zastosowano metodę CRAMM (Crisis Risk Analysis and Management Method). Prezentowana metoda należy do grupy metod jakościowych i opiera się na dwóch wskaźnikach: prawdopodobieństwie wystąpienia danego zagrożenia oraz wielkości strat spowodowanych zaistnieniem danego zdarzenia. Zależność tę przedstawia następująca formuła:

$$R = S \times P \quad (1)$$

gdzie:
R – wielkość oczekiwane straty związanej z danym ryzykiem;
S – wielkość straty, w przypadku wystąpienia danego zdarzania;
P – prawdopodobieństwo wystąpienia danego zdarzenia.

W tab. 1. zaprezentowano cztery przyjęte poziomy wielkości ryzyka.

Tab. 1. Kategorie ryzyka

Przedział wielkości ryzyka	Kategoria ryzyka
1 – 20	Niskie
21 – 60	Średnie
61 – 80	Wysokie
81 – 100	Maksymalne

Źródło: opracowanie własne na podstawie: [1]

Wskazana metoda zakłada także, iż ryzyko po przekroczeniu wartości 20 wymaga szczegółowej analizy, z kolei po przekroczeniu wartości 60 – bezwzględnej redukcji podatności.

3. Wyniki z przeprowadzonych badań własnych

Zgodnie z założeniami przyjętej metodologii analizy ryzyka, pierwszy jej etap polega na identyfikacji możliwych do wystąpienia w przedsiębiorstwie zagrożeń związanych z bezpieczeństwem informacji oraz zdefiniowaniu, co organizacja rozumie przez dane zagrożenie. Jest to niezbędne działanie, mające na celu zapewnienie poprawnej weryfikacji i oceny niebezpieczeństw (tab. 2).

Tab. 2. Identyfikacja zagrożeń bezpieczeństwa informacji w badanym przedsiębiorstwie

Numer zagrożenia	Nazwa zagrożenia	Opis zagrożenia
ZG-1	Pożar	Niekontrolowane rozprzestrzenianie się ognia
ZG-2	Zalanie	Wydostanie się wody, pary lub innej cieczy w wyniku niedrożnej bądź uszkodzonej instalacji
ZG-3	Klęska żywiołowa	Klęska żywiołowa: sztorm, wichura, trzęsienie ziemi, tornado, tsunami, ekstremalne temperatury
ZG-4	Katastrofa budowlana	Niezamierzone, nagłe zniszczenie obiektu budowlanego, bądź jego części

Numer zagrożenia	Nazwa zagrożenia	Opis zagrożenia
ZG-5	Oddziaływanie elektromagnetyczne	Interferencja fal radiowych, pola magnetyczne, ultrafiolet
ZG-6	Awaria sprzętu	Awaria sprzętu, która może wynikać z wady sprzętu lub pojawić się w trakcie jego użytkowania i narastać do momentu całkowitego zniszczenia
ZG-7	Awaria oprogramowania	Awaria oprogramowania, która może wynikać z wady oprogramowania lub pojawić się w trakcie jego użytkowania i narastać do momentu całkowitego zniszczenia
ZG-8	Przerwy w zasilaniu	Przerwy w zasilaniu
ZG-9	Awaria łączności	Brak lub zaniki transmisji danych pomiędzy lokalizacjami, komputerami. Najczęściej wynika ze zniszczenia, awarii okablowania, lub przeciążeń, zniszczenia urządzeń sieciowych
ZG-10	Uszkodzenie nośników	Uszkodzenie elektronicznych nośników danych, uniemożliwiających odczytywanie, zapisywanie i przetwarzanie danych
ZG-11	Braki organizacyjne	Brak jasno zdefiniowanego zakresu odpowiedzialności (kto za co odpowiada), brak raportowania do kierownictwa, brak działań koordynacyjnych
ZG-12	Przypadkowe działania,błędy użytkowników	Przypadkowy wyciek, zmiana, uszkodzenie, ujawnienie informacji. Przypadkowe wprowadzenie błędnych informacji
ZG-13	Błędy oprogramowania	Błędy występujące w oprogramowaniu, niewynikające z działania użytkownika
ZG-14	Złośliwy kod	Program lub kod zdolny do przenikania do systemów, dysków lub indywidualnych plików, najczęściej bez zgodny i wiedzy użytkownika
ZG-15	Podsłuch	Przechwycenie danych i informacji przekazywanych za pomocą różnych kanałów komunikacyjnych bądź bezpośrednio pomiędzy stronami upoważnionymi do informacji stanowiącymi własność firmy

Numer zagrożenia	Nazwa zagrożenia	Opis zagrożenia
ZG-16	Złamanie hasła	Nieuprawnione wejście w posiadanie haseł dostępu do systemów, wskutek ich odgadnięcia, odszyfrowania
ZG-17	Braki personelu	Nieobecność personelu np. z powodu choroby, zdarzeń losowych, problemów komunikacyjnych
ZG-18	Nieświadomość pracownika	Brak znajomości procedur i regulaminów firmy przez personel
ZG-19	Przekroczenie kompetencji	Działanie pracownika (współpracownika) niezgodne z udzielonym zakresem uprawnień
ZG-20	Niestosowanie się do regulaminów	Postępowanie niezgodne z regulaminami firmy (oraz klientów) – w przypadku, gdy pracownicy zostali z nimi zapoznani i zobligowani do ich przestrzegania
ZG-21	Uchybienia proceduralne	Działanie uprawnionego pracownika firmy, które narusza obowiązujące w organizacji regulaminy i procedury oraz przepisy prawa
ZG-22	Sabotaż	Umyślne niewypełnianie lub wadliwe wypełnianie obowiązków przez personel w celu spowodowania dezorganizacji, szkód i strat
ZG-23	Kradzież	Przywłaszczenie sprzętu, danych, nośników, wyposażenia będących własnością bądź w posiadaniu firmy; w wyniku kradzieży może nastąpić brak dostępu do danych
ZG-24	Wtargnięcie	Wtargniecie nieuprawnionej osoby na teren, do budynku bądź pomieszczenia
ZG-25	Socjotechnika	Oddziaływanie na personel w celu spowodowania określonego działania

Źródło: opracowanie własne na podstawie [5]

W ramach dalszych badań dla każdego zidentyfikowanego zagrożenia określono prawdopodobieństwo jego wystąpienia oraz wielkość strat, jakie organizacja poniesie w związku z jego wystąpieniem. W tym celu posłużono się dziesięciostopniową skalą w zakresie od 1 do 10, gdzie 1 oznacza niski poziom prawdopodobieństwa bądź kosztów, natomiast 10 – bardzo wysoki poziom. Wyniki szacowania ryzyka dla badanego obiektu zostały zawarte w tab. 3.

Tab. 3. Szacowanie ryzyka bezpieczeństwa informacji w badanym przedsiębiorstwie

Numer zagrożenia	Nazwa zagrożenia	Strata	Prawdo-podobieństwo	Miara ryzyka	Kategoria ryzyka
ZG-1	Pożar	8	3	24	Średnie
ZG-2	Zalanie	9	3	27	Średnie
ZG-3	Klęska żywiołowa	5	2	10	Niskie
ZG-4	Katastrofa budowlana	9	1	9	Niskie
ZG-5	Oddziaływanie elektromagnetyczne	8	4	32	Średnie
ZG-6	Awaria sprzętu	7	5	35	Średnie
ZG-7	Awaria oprogramowania	6	5	30	Średnie
ZG-8	Przerwy w zasilaniu	7	7	49	Średnie
ZG-9	Awaria łączności	7	3	21	Średnie
ZG-10	Uszkodzenie nośników	9	7	63	Wysokie
ZG-11	Braki organizacyjne	7	6	42	Średnie
ZG-12	Przypadkowe działania	6	5	30	Średnie
ZG-13	Błędy oprogramowania	7	6	42	Średnie
ZG-14	Złośliwy kod	8	7	56	Średnie
ZG-15	Podsłuch	8	7	56	Średnie
ZG-16	Złamanie hasła	9	5	45	Średnie
ZG-17	Braki personelu	7	7	49	Średnie
ZG-18	Nieświadomość pracownika	9	8	72	Wysokie
ZG-19	Przekroczenie kompetencji	9	5	45	Średnie
ZG-20	Niestosowanie się do regulaminów	8	8	64	Wysokie
ZG-21	Uchybienia proceduralne	7	7	49	Średnie
ZG-22	Sabotaż	9	4	36	Średnie
ZG-23	Kradzież	9	9	81	Maksymalne
ZG-24	Wtargnięcie	9	9	81	Maksymalne
ZG-25	Socjotechnika	8	5	40	Średnie

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych źródłowych przedsiębiorstwa

Przeprowadzona analiza ryzyka wskazuje na podstawowe wymagania w zakresie ochrony informacji przedsiębiorstwa. W oparciu o zaprezentowane w tab. 3 wyniki można stwierdzić, iż największe zagrożenie utraty bezpieczeństwa informacji wiąże się z wtargnięciem oraz kradzieżą dokumentów, sprzętu czy też nośników danych. Wysoki poziom ryzyka oszacowany został dla takich zagrożeń, jak: uszkodzenie nośników, nieświadomość pracowników, niestosowanie się do regulaminów. Z przeprowadzonych badań wynika zatem, że najsłabszym ogniwem w systemie bezpieczeństwa informacji w badanym przedsiębiorstwie jest czynnik ludzki, i to właśnie ten obszar bezpieczeństwa wymaga szczegółowej analizy oraz zaimplementowania działań profilaktycznych i kontrolnych. Dlatego też budowanie skutecznego systemu ochrony informacji wymaga obok wdrażania nowych zabezpieczeń także podnoszenia ogólnej świadomości pracowników w zakresie bezpieczeństwa informacji, np. za pośrednictwem cyklicznie organizowanych szkoleń.

W tabeli 4 zaprezentowano przykładowe rozwiązania techniczne i organizacyjne mające na celu obniżenie wszystkich oszacowanych dla badanego przedsiębiorstwa ryzyk do poziomu akceptowalnego.

Tab. 4. Środki i zabezpieczenia wdrożone w badanym przedsiębiorstwie

Numer zagrożenia	**Nazwa zagrożenia**	**Wdrożone środki i zabezpieczenia**
ZG-1	Pożar	Sprzęt i jego otoczenie powinny zostać należycie zabezpieczone przed rozprzestrzenianiem się ognia; należy wdrożyć środki utrudniające zaprószenie ognia oraz zabezpieczenia przeciwpożarowe (czujki ognia i dymu, alarmy, środki gaszące)
ZG-2	Zalanie	Najważniejsze urządzenia i nośniki danych powinny być zlokalizowane w miejscach, które nie są szczególnie narażone na wyciek wody bądź innych płynów
ZG-3	Klęska żywiołowa	Należy wykonywać kopie zapasowe, które powinny być przechowywane poza terenem przedsiębiorstwa
ZG-4	Katastrofa budowlana	Należy wykonywać kopie zapasowe, które powinny być przechowywane poza terenem przedsiębiorstwa
ZG-5	Oddziaływanie elektromagnetyczne	Należy zastosować właściwe uziemienie, separację urządzeń, ekranowanie okablowania

Numer zagrożenia	Nazwa zagrożenia	Wdrożone środki i zabezpieczenia
ZG-6	Awaria sprzętu	Należy wdrożyć procedury dokonywania okresowych przeglądów i konserwacji sprzętu IT oraz wprowadzić procedury reagowania na incydenty
ZG-7	Awaria oprogramowania	Oprogramowanie przed jego wdrożeniem do eksploatacji powinno zostać poddane dokładnym testom. Należy systematycznie monitorować zmiany oprogramowania oraz raportować osobie odpowiedzialnej wszystkie nieprawidłowe działania oprogramowania
ZG-8	Przerwy w zasilaniu	Należy dokonywać systematycznej konserwacji i przeglądów awaryjnych źródeł zasilania (UPS-ów), mechanizmów zwalniania zwór elektromagnetycznych itp.
ZG-9	Awaria łączności	Należy starannie rozmieścić i rozłożyć okablowanie oraz zastosować zabezpieczenia fizyczne chroniące przed przypadkowym bądź umyślnym uszkodzeniem. W uzasadnionych przypadkach należy zastosować zabezpieczenia przed podsłuchem. Ponadto należy prawidłowo eksploatować i utrzymywać sprzęt sieciowy, aby uniknąć błędów transmisji
ZG-10	Uszkodzenie nośników	Należy przechowywać nośniki pamięci tak, aby uniknąć wpływu szkodliwych czynników środowiskowych oraz czynników zewnętrznych, które mogą spowodować ich uszkodzenie. Należy wprowadzić procedury bezpiecznego przekazywania i zbywania nośników pamięci
ZG-11	Braki organizacyjne	Polityka bezpieczeństwa informacji firmy oraz pozostałe dokumenty związane z bezpieczeństwem powinny być systematycznie monitorowane oraz aktualizowane
ZG-12	Przypadkowe działania, błędy użytkowników	Należy wprowadzić cykliczne szkolenia użytkowników, z zakresu prawidłowego korzystania ze środków teleinformatycznych i unikania błędów z tym związanych. Personel powinien systematycznie otrzymywać instrukcje i inne materiały podnoszące jego świadomość bezpieczeństwa

Numer zagrożenia	Nazwa zagrożenia	Wdrożone środki i zabezpieczenia
ZG-13	Błędy oprogramowania	Oprogramowanie przed jego wdrożeniem do eksploatacji powinno zostać poddane dokładnym testom. Należy systematycznie monitorować zmiany oprogramowania oraz raportować osobie odpowiedzialnej wszystkie nieprawidłowe działania oprogramowania
ZG-14	Złośliwy kod	Należy stosować skanery celem wykrycia i usunięcia szkodliwego oprogramowania – najlepszym rozwiązaniem są skanery pracujące on-line, które gwarantują wykrycie i ewentualne usunięcie szkodliwego oprogramowania zanim zostanie zainfekowany i uszkodzony system. Skanery powinny być stale aktualizowane. Należy opracować wytyczne ograniczające ryzyko wprowadzenia szkodliwego oprogramowania (np. zakaz uruchamiania gier i innych programów, sprawdzanie plików nieznanych typów) oraz organizować systematyczne szkolenia z zakresu procedur i wskazówek związanych z ochroną przed szkodliwym oprogramowaniem.
ZG-15	Podsłuch	Należy zastosować taką konstrukcję pokoi, ścian pomieszczeń, budynku, która znacznie utrudni bądź uniemożliwi podsłuch. Należy zastosować właściwe uziemienie, separację urządzeń, ekranowanie okablowania
ZG-16	Złamanie hasła	Należy kontrolować przydzielanie haseł oraz ich regularną zmianę. Użytkownicy powinni zostać zaznajomieni z zasadami tworzenia bezpiecznego hasła. Postuluje się wdrożenie oprogramowania ograniczającego stosowanie pospolitych haseł. Kopie haseł powinny zostać zdeponowane w bezpieczny sposób.
ZG-17	Braki personelu	Należy wdrożyć właściwą politykę kadrowo-finansową, przeszkolić dodatkowe osoby funkcyjne celem zastąpienia etatowego personelu
ZG-18	Nieświadomość pracownika	Każdy pracownik powinien być świadomy swojej odpowiedzialności i roli w utrzymaniu bezpieczeństwa. Należy systematycznie organizować szkolenia dla personelu podnoszące świadomość bezpieczeństwa informacji w firmie. Szkolenia takie muszą być obowiązkowe, a obecność na nich pracowników dokumentowana.

Numer zagrożenia	Nazwa zagrożenia	Wdrożone środki i zabezpieczenia
ZG-19	Przekroczenie kompetencji	Pracownicy powinny być świadomi konsekwencji naruszenia postanowień polityki bezpieczeństwa informacji, polityki bezpieczeństwa teleinformatycznego oraz innych związanych z bezpieczeństwem dokumentów. Należy regularnie weryfikować i uaktualniać przyznawane prawa dostępu. Trzeba dokonywać kontroli uprawnień personelu, aby upewnić się, że nie są one nadużywane. Ponadto prawa dostępu powinny być wycofywane, gdy nie są już potrzebne
ZG-20	Niestosowanie się do regulaminów	Należy wprowadzić restrykcje za nieprzestrzeganie zasad obowiązujących w firmie regulaminów i procedur, zapoznać z nimi personel oraz bezwarunkowo stosować je wobec pracowników
ZG-21	Uchybienia proceduralne	Należy wprowadzić restrykcje za nieprzestrzeganie zasad obowiązujących w firmie regulaminów i procedur, zapoznać z nimi personel oraz bezwarunkowo stosować je wobec pracowników
ZG-22	Sabotaż	Należy wprowadzić restrykcje za nieprzestrzeganie zasad obowiązujących w firmie regulaminów i procedur, zapoznać z nimi personel oraz bezwarunkowo stosować je wobec pracowników
ZG-23	Kradzież	Należy oznakować posiadany sprzęt, umożliwiając w ten sposób jego lokalizację. Wprowadzić procedury przechowywania i udostępniania dokumentów zawierających wrażliwe informacje oraz procedury dotyczące kontroli dostępu do określonych pomieszczeń i stref ochronnych
ZG-24	Wtargnięcie	Należy wdrożyć stosowne środki ochrony fizycznej – w szczególności środki kontroli dostępu. Należy zobligować pracowników pionu ochrony do przeprowadzania systematycznych kontroli
ZG-25	Socjotechnika	Każdy pracownik powinien być świadomy swojej odpowiedzialności i roli w utrzymaniu bezpieczeństwa. Należy systematycznie organizować szkolenia dla personelu podnoszące świadomość bezpieczeństwa informacji w firmie

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych źródłowych przedsiębiorstwa

Podsumowanie

Zarządzanie ryzkiem pełni szczególną rolę w procesie kształtowania systemu bezpieczeństwa informacji w organizacji. Umożliwia ono identyfikację różnego rodzaju zagrożeń determinujących utratę poufności, integralności i dostępności informacji, oszacowanie wielkości strat oraz prawdopodobieństwa ich wystąpienia w konkretnej jednostce gospodarczej. Ponadto nieodzownym elementem zarządzania ryzkiem jest jego akceptacja oraz wybór odpowiedniej strategii postępowania z ryzkiem.

Literatura przedmiotu wskazuje na trzy podstawowe strategie: ignorowanie występowania ryzyka, transferowanie ryzyka bądź jego redukcja do poziomu akceptowanego (ryzyko rezydualne).

W przypadku omawianego przedsiębiorstwa, w reakcji na oszacowane ryzyko kierownictwo podjęło decyzję o redukcji wartości poszczególnych podatności poprzez zastosowanie właściwych zabezpieczeń, adekwatnych do bieżących i przyszłych zagrożeń, zgodnych z przyjętymi wymogami bezpieczeństwa.

Literatura

[1] Anzel M., Szacowanie ryzyka oraz zarządzanie ryzykiem w świetle nowej ustawy z dn. 5 sierpnia 2010 r. o ochronie informacji niejawnych, PHU One, Poznań 2011.
[2] http://www.computerworld.pl/artykuly/318160/Zarzadzanie.ryzykiem.bezpieczenstwa.informacji.w.systemach.TI.html
[3] Janczak J., Nowak A., Bezpieczeństwo informacyjne. Wybrane problemy, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2013.
[4] Łuczak J., Metody szacowania ryzyka – kluczowy element systemu zarządzania bezpieczeństwem informacji ISO/IEC 27001, Zeszyty Naukowe, Akademia Morska w Szczecinie, Nr 19(91) 2009.
[5] Łuczak J., Tyburski M., Systemowe zarządzanie bezpieczeństwem informacji ISO/IEC 27001, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Poznań 2010.
[6] Nowak A., Scheffs W., Zarządzanie bezpieczeństwem informacyjnym, Wyd. AON, Warszawa 2010.
[7] PN-I-13335-1: 1999, Wytyczne do zarządzania bezpieczeństwem systemów informatycznych – pojęcia i modele bezpieczeństwa systemów informatycznych, PKN, Warszawa 1999.
[8] PN-ISO/IEC 27005:2010 Technika informatyczna – techniki bezpieczeństwa – Zarządzanie ryzykiem w bezpieczeństwie informacji.

[9] Prauzner T., Prawo a bezprawie w Internecie [w:] Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, Tom IV, AJD, red. A. Gil, Częstochowa 2009.
[10] Prauzner T., Technologia informacyjna – wybrane problemy społeczne, [w] Edukacja-Technika-Informatyka nt: „Wybrane problemy edukacji informatycznej i informacyjnej", Rocznik Naukowy Nr 3/2012 cz.2, red. dr hab. prof. UR Walat W., FOSZE, Rzeszów 2012.
[11] Sasor T., Ryzyko i polityka bezpieczeństwa w przedsiębiorstwie wirtualnym [w:] Kisielnicki J., Grabara J.K., Nowak J.S., Informatyka i współczesne zarządzanie, Polskie Towarzystwo Informatyczne, Katowice 2005.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 239–251

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.20

Barbara Pawłowska[1], Barbara Bachowska[1], Piotr Bałczewski[1,2], Robert Biczak[1]
[1]Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa
e-mail:r.biczak@ajd.czest.p, b.pawlowska@ajd.czest.pl
[2]Centrum Badań Molekularnych i Makromolekularnych Polskiej Akademii Nauk, ul. Sienkiewicza 112, 90-363 Łódź
e-mail: pbalczew@cbmm.lodz.pl

BADANIA FITOTOKSYCZNOŚCI FOSFONIOWYCH CIECZY JONOWYCH

Streszczenie. Ciecze jonowe to bardzo interesująca grupa związków, które dzięki swoim właściwościom fizykochemicznym są wykorzystywane w wielu dziedzinach przemysłu chemicznego, m.in. katalizie i biokatalizie, ekstrakcji i separacji, elektrochemii, a także w przemyśle farmaceutycznym, spożywczym i biotechnologii, a badania nad ich coraz szerszym wykorzystaniem ciągle trwają [1-3].
Wzrastające zainteresowanie branży przemysłowej cieczami jonowymi prowadzi do szybkiego wzrostu produkcji i praktycznego wykorzystania cieczy jonowych, co z kolei skutkuje przedostaniem się tych substancji do środowisk naturalnych. W literaturze naukowej pojawiają się zatem prace traktujące o oddziaływaniu cieczy jonowych na wzrost i rozwój roślin wyższych [4, 5].
W niniejszej pracy określono toksyczne oddziaływanie dla roślin wyższych wybranych jodków fosfoniowych. W przeprowadzonych badaniach wykorzystano popularne w Polsce gatunki chwastów – żółtlicę drobnokwiatową, komosę białą oraz szczaw zwyczajny. Jako wskaźnik właściwości fitotoksycznych wybranych jodków fosfoniowych posłużyła ocena wizualna wszystkich uszkodzeń badanych gatunków roślin, takich jak zahamowanie wzrostu, nekroza i chloroza, zasychanie, czego odzwierciedleniem są wykonane zdjęcia cyfrowe roślin doświadczalnych.
Słowa kluczowe: ciecze jonowe, toksyczność, lądowe rośliny wyższe, chloroza, nekroza.

DETERMINATION OF PHYTOTOXICITY OF PHOSPHONIUM IONIC LIQUIDS

Abstract. Ionic liquids are a very interesting group of compounds which, due to its physical and chemical properties are used in many areas of the chemical industry, among others, catalysis and biocatalysis, extraction and separation, electrochemistry, as well as in the pharmaceutical, food and biotechnology, and research into their greater use is still going on [1-3].
The growing interest in ionic liquids industry, leads to a rapid increase in production and practical use of ionic liquids, which in turn results in penetration of these substances in natural environments. In the scientific literature there is therefore the work of dealing with the impact of ionic liquids on the growth and development of higher plants [4,5].
In this work, the toxic effect for higher plants selected phosphonium iodide. The present study used popular in Poland weed species - gallant soldier (*Galinsoga parviflora* Cav.), goosefoot (*Chenopodium album* L.), sorrel (*Rumex acetosa* L.) As an indicator of phytotoxic properties of selected phosphonium iodide was used visual assessment of all lesions examined plant species, such as growth inhibition, necrosis and chlorosis, which is reflected drying out are made digital images of experimental plants.
Keywords: ionic liquids, toxicity, land superior plants, chlorosis, necrosis.

Wstęp

Ciecze jonowe to związki chemiczne charakteryzujące się temperaturą topnienia poniżej 100ºC. Zbudowane są wyłącznie z jonów. Kation ma charakter organiczny, zazwyczaj jest asymetryczny i ma duże rozmiary (alkiloimidazoliowy, alkilofosfoniowy, alkilopirydyniowy). Anion natomiast ma słabe właściwości koordynacyjne i może być nieorganiczny (np. Br^-, Cl^-, I^-, BF_4^-, PF_6^-) lub organiczny (np. octan, salicylan, mleczan). Związki te charakteryzują się szeregiem właściwości takich, jak: niska prężność par, niepalność, stabilność termiczna i elektrochemiczna, wysokie przewodnictwo jonowe czy dobre właściwości katalityczne. Są również dobrymi rozpuszczalnikami dla wielu substancji nieorganicznych i organicznych, a jednocześnie nie mieszają się z wieloma substancjami organicznymi, przy czym wiele z nich dobrze rozpuszcza się w wodzie [6-10].

Dzięki ogromnej liczbie możliwych połączeń kationów i anionów można uzyskać substancje o optymalnych właściwościach dla procesu, w którym mogą być wykorzystane, dzięki czemu ciecze jonowe zyskały miano „rozpuszczalników projektowalnych" [4, 7, 11].

Posiadając tak szeroką gamę pożądanych właściwości i dzięki szerokiemu wyborowi różnorakich związków, ciecze jonowe opuściły laboratoria i znalazły sobie drogę do olbrzymiego spektrum zastosowań przemysłowych

i wykorzystania komercyjnego na dużą skalę, a liczba ich potencjalnych zastosowań ciągle rośnie.

Duże zainteresowanie cieczami jonowymi obserwuje się w związku z możliwością ich wykorzystania jako alternatywy dla tradycyjnych rozpuszczalników organicznych zarówno w procesach z udziałem katalizatora, jak i bezkatalitycznych, w syntezie organicznej, biotechnologii oraz nanotechnologii. Ciecze jonowe mogą być również przydatne w reakcjach Friedela-Craftsa, Diesla-Adlera, dimeryzacji, polimeryzacji olefin, depolimeryzacji, nitrowania, oksydacji, katalitycznego uwodornienia i wielu innych. Substancje te można również stosować jako smary, surfaktanty, wypełnienie w kolumnach chromatograficznych, jako media grzewcze, a dzięki wysokiej stabilności termicznej i elektrochemicznej stosuje się je jako elektrolity w bateriach konwencjonalnych, słonecznych i ogniwach wodorowych. Ciecze jonowe są również stosowane jako herbicydy [4, 7, 11-14].

Na dużą skalę ciecze jonowe wykorzystano już w 1998 roku, kiedy to IFP (Philips Petroleum) uruchomił pierwszą pilotową instalację do procesu dimeryzacji butenów do izooktenu w środowisku cieczy jonowej. Planowana skala produkcji to 20-90 tys. ton izooktenu/rok. Natomiast w 2003 roku firma BASF zastosowała po raz pierwszy ciecze jonowe w przemyśle, w procesie otrzymywania związków fosfoniowych.

Dzięki nieograniczonej możliwości zastosowań i wykorzystania na skalę przemysłową, ciecze jonowe mogą w najbliższym czasie trafić do środowiska naturalnego w postaci odpadów poprodukcyjnych, odpływów z hałd, w wyniku wypadków podczas transportu czy awarii instalacji służących do ich przemysłowego wykorzystania. Nielotność cieczy jonowych powoduje, że są one bezpieczne dla atmosfery, jednak środowisko glebowe i wodne może ulec zanieczyszczeniu. Pojawia się zatem konieczność określenia oddziaływania tych związków na środowisko naturalne oraz możliwość kumulowania się soli jonowych w różnych organizmach żywych. Konieczność prowadzenia takich badań narzuca również rozporządzenie Unii Europejskiej w sprawie rejestracji, oceny, udzielania zezwoleń i stosowanych ograniczeń w zakresie chemikaliów (REACH), które zmusza do określenia ryzyka dla środowiska i zdrowia człowieka oraz badań właściwości wszystkich związków wprowadzanych i znajdujących się w obrocie handlowym na terenie Unii. Dlatego też, równocześnie z określeniem właściwości poszczególnych cieczy jonowych, prowadzone są badania mające na celu określenie szeroko rozumianej, potencjalnej toksyczności tych związków. W dostępnej literaturze istnieje bardzo duża liczba doniesień dotyczących oddziaływania cieczy jonowych na różne elementy środowiska naturalnego, tj. mikroorgnizmy [5, 7, 15, 16], bezkręgowce [17, 18], glony [17, 19-21], grzyby [22, 23], ciągle natomiast niewiele jest prac traktujących o fitotoksyczności tych związków [4, 5, 24-26]. Z literatury tej wynika, że o potencjalnej toksyczności cieczy jonowych decyduje wiele czynników, z których najważniejszymi są: rodzaj kationu i długość pod-

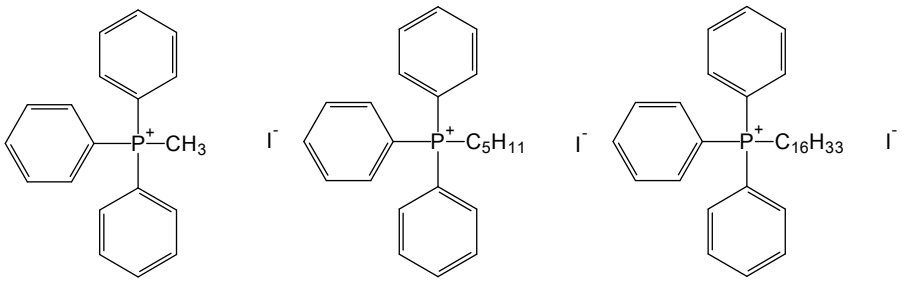
stawnika w kationie, zastosowane stężenie substancji, ale również rodzaj anionu, warunki siedliskowe danych organizmów oraz interakcje z innymi związkami obecnymi w środowisku.

Badania potencjalnej toksyczności prowadzone są już na etapie laboratoryjnym w celu uniknięcia wprowadzenia do środowiska substancji szkodliwych, które mogłyby mu zaszkodzić, a jednocześnie unika się w ten sposób olbrzymich kosztów związanych z usuwaniem ich ze środowiska. Badania takie prowadzone są na szeroką skalę i obejmują wody, ścieki, osady denne oraz glebę. Planując tego typu analizy, należy pamiętać, że „końcowym" magazynem wszystkich substancji jest gleba, w której mogą one zostać zaabsorbowane przez koloidy glebowe i zostać pobrane przez organizmy glebowe i rośliny. To z kolei może mieć ogromny wpływ m.in. na jakość i wielkość plonów roślin uprawnych [27]. Obecnie badania fitotoksyczności są szeroko stosowane w biomonitoringu zawartości różnych związków (np. pestycydów, WWA) czy metali ciężkich w glebach i osadach ściekowych wykorzystywanych rolniczo [28-30].

Celem niniejszej pracy było określenie toksycznego oddziaływania wybranych jodków fosfoniowych dla roślin wyższych.

Materiały i metody

W prezentowanej pracy określono wpływ cieczy jonowych: jodku trifenylometylofosfoniowego (1), trifenylo-*n*-pentylofosfoniowego (2) i trifenyloheksadecylofosfoniowego (3) o wzorach:



1 2 3

zsyntezowanych w Katedrze Chemii Organicznej Akademii im. J. Długosza w Częstochowie, na wybrane rośliny wyższe. Badane związki zastosowano w postaci roztworów wodno-alkoholowych o stężeniach 0,5%, 1,0% i 2,0%, którymi opryskano liście roślin wykorzystanych w eksperymencie. W przeprowadzonych badaniach wykorzystano popularne w Polsce gatunki chwastów –

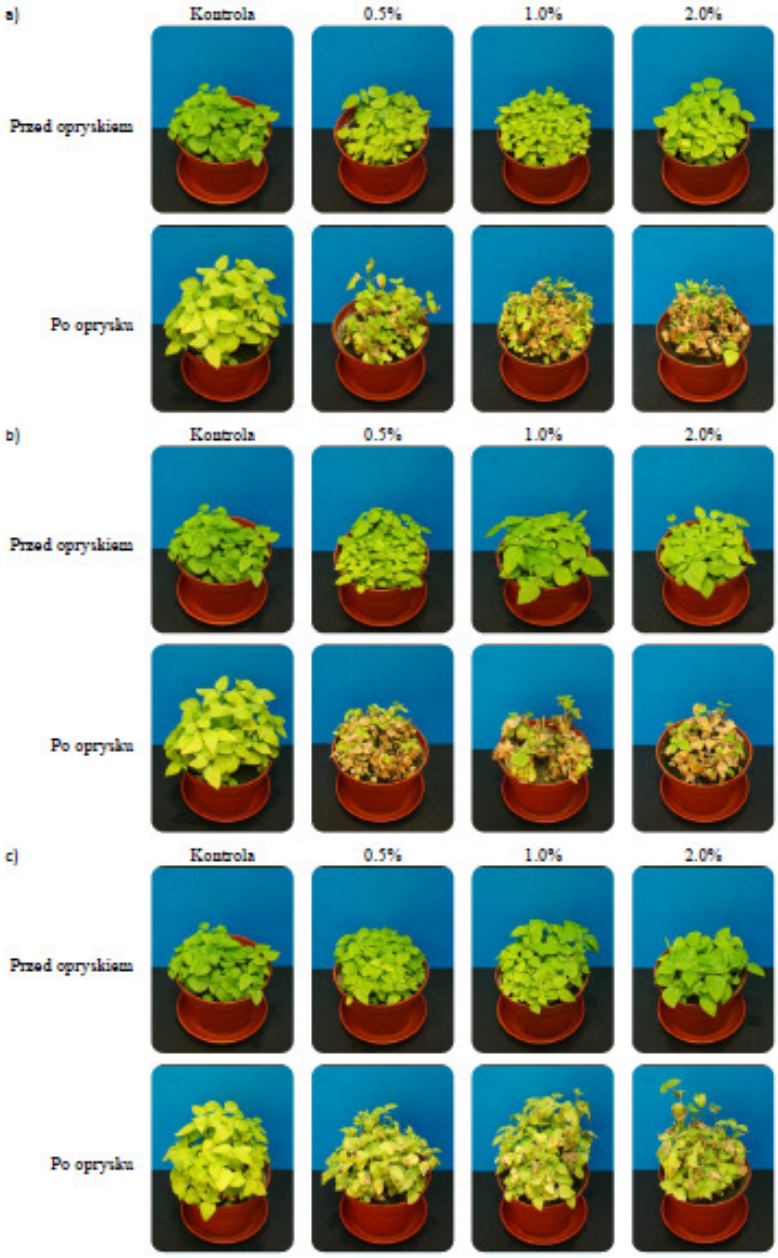
żółtlicę drobnokwiatową (*Galinsoga parviflora* Cav.), komosę białą (*Chenopodium album* L.) oraz szczaw zwyczajny (*Rumex acetosa* L.). Nasiona wybranych chwastów wysiano do doniczek o średnicy 90 mm wypełnionych glebą. Po 3 tygodniach od wysiania nasion rośliny opryskano przygotowanymi roztworami wodno-alkoholowymi. Przez cały okres prowadzenia badań utrzymywano optymalne warunki wzrostu i rozwoju wybranych gatunków roślin (temp. 22 ± 2°C, światło - 16 h/dobę, wilgotność gleby ~70% całkowitej pojemności wodnej). Jako wskaźnik właściwości fitotoksycznych wybranych jodków fosfoniowych posłużyła ocena wizualna wszystkich uszkodzeń badanych gatunków roślin, takich jak zahamowanie wzrostu, nekroza i chloroza, zasychanie, czego odzwierciedleniem są wykonane zdjęcia cyfrowe roślin doświadczalnych.

Wyniki i dyskusja

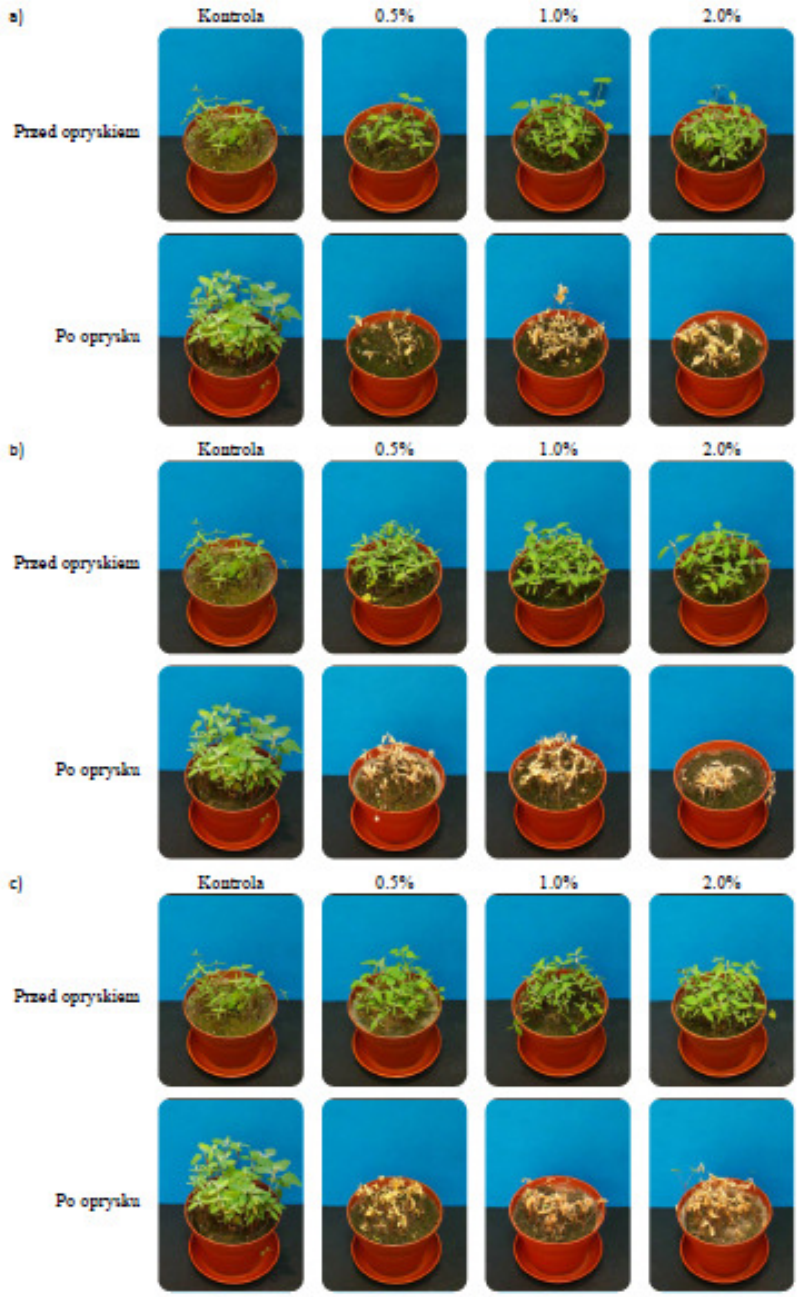
Wyniki eksperymentu wazonowego dotyczącego oddziaływania jodku trifenylometylofosfoniowego, jodku trifenylo-*n*-pentylofosfoniowego i jodku trifenyloheksadecylofosfoniowego na żółtlicę drobnokwiatową, komosę białą oraz szczaw zwyczajny przedstawiono na rysunkach poniżej.

Z przeprowadzonych badań wazonowych wynika, że jodki fosfoniowe wykazują potencjalną toksyczność w stosunku do roślin wyższych, a ich działanie zależne jest przede wszystkim od gatunku roślin oraz od zastosowanego stężenia. Rośliną najbardziej wrażliwą na działanie wszystkich jodków fosfoniowych okazała się komosa biała, której rośliny uschły po oprysku badanymi jodkami nawet przy najniższym zastosowanym stężeniu (0,5%). Szczaw zwyczajny okazał się całkowicie odporny na działanie jodku trifenyloheksadeylofosfoniowego, natomiast pozostałe dwa jodki wykazały silne działanie toksyczne w stosunku do tej rośliny. W przypadku żółtlicy drobnokwiatowej najsilniejszym działaniem chwastobójczym charakteryzował się jodek trifenylopentylofosfoniowy, po zastosowaniu roztworu o stężeniu 2% uschła większość roślin. Słabsze działanie na rośliny żółtlicy wykazał jodek trifenylometylofosfoniowy, który zniszczył około połowę roślin (po zastosowaniu oprysku roztworem o stężeniu 2%), natomiast oprysk jodkiem trifenyloheksadecylofosfoniowym powodował jedynie niewielkie zmiany nekrotyczne (brązowe plamy na liściach, nawet przy najwyższym zastosowanym stężeniu 2%), ale rośliny całkowicie nie uschły.

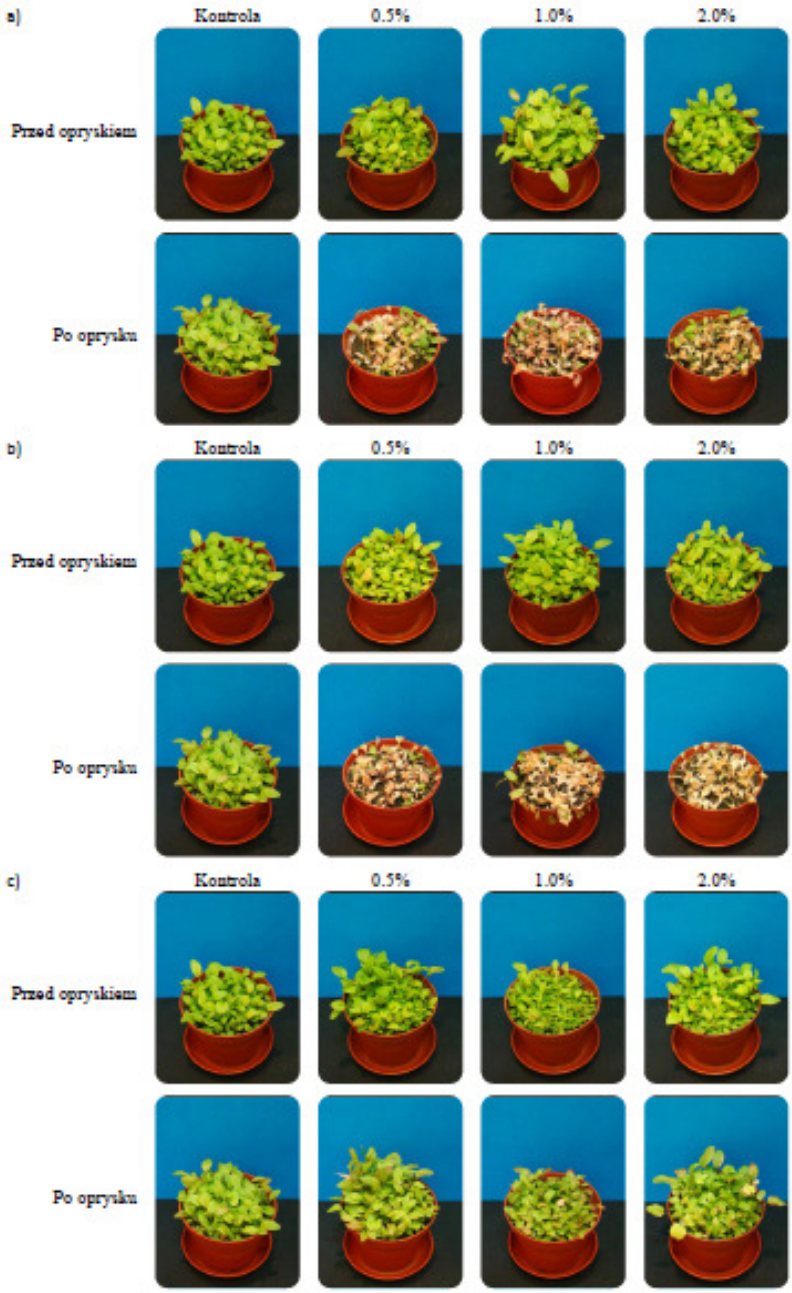
O szybkości działania badanych cieczy jonowych decyduje przede wszystkim zastosowane stężenie tych związków. Im wyższe stężenie substancji w roztworze, którym zostały opryskane badane rośliny, tym obserwowano szybsze działanie substancji na rośliny użyte w eksperymencie, pierwsze zmiany można było zaobserwować już około dwóch dni po zastosowaniu oprysku.



Rys. 1. Rośliny żółtlicy drobnokwiatowej (*Galinsoga parviflora* Cav.) przed i po zastosowaniu oprysku 0,5, 1 i 2% roztworami: a) jodku trifenylometylofosfoniowego, b) jodku trifenylo-*n*-pentylofosfoniowego, c) jodku trifenyloheksadecylofosfoniowego



Rys. 2. Rośliny komosy białej (*Chenopodium album* L.) przed i po zastosowaniu oprysku 0,5, 1 i 2% roztworami: a) jodku trifenylometylofosfoniowego, b) jodku trifenylo-*n*-pentylofosfoniowego, c) jodku trifenyloheksadecylofosfoniowego



Rys. 3. Rośliny szczawiu zwyczajnego (*Rumex acetosa* L.) przed i po zastosowaniu oprysku 0,5, 1 i 2% roztworami: a) jodku trifenylometylofosfoniowego, b) jodku trifenylo-*n*-pentylofosfoniowego, c) jodku trifenyloheksadecylofosfoniowego

Wyniki uzyskane w omawianych badaniach znajdują potwierdzenie w dostępnej literaturze. Toksyczne oddziaływanie jodków fosfoniowych na wzrost i rozwój lądowych roślin wyższych, a szczególnie roślin uprawnych (jęczmienia jarego i rzodkiewki zwyczajnej), zostało przedstawione w dwóch pracach Biczaka i wsp. [31, 32]. O szkodliwym oddziaływaniu cieczy jonowych na rośliny wyższe donoszą również Bałczewski i wsp. [4], Biczak i wsp. [5] i Matzke i wsp. [33]. Zaobserwowana w tych pracach fitotoksyczność cieczy jonowych zależała od zastosowanego w badaniach stężenia związku. Im wyższe stężenie, tym związek silniej oddziałuje na rośliny, co jest zgodne z rezultatami uzyskanymi w prezentowanej pracy. Równie ważnym czynnikiem wpływającym na toksyczność cieczy jonowych, który udało się potwierdzić w omawianych badaniach, są cechy genetyczne gatunków i odmian roślin wykorzystanych w badaniach [5, 33, 34]. Cybulski i wsp. [11], Petkovic i wsp. [35] oraz Cho i wsp. [36] donoszą ponadto, że działanie cieczy jonowych zależne jest również od długości łańcucha alkilowego w cząsteczce oraz od rodzaju kationu i anionu. Autorzy Ci sugerują, że im więcej węgli w podstawniku, tym większa toksyczność soli jonowych. Stwierdzenie to nie znalazło jednak potwierdzenia w omawianych badaniach, gdyż fitotoksyczność substancji użytych w eksperymencie rosła tylko do pewnej długości łańcucha (jodek trifenylo-*n*-pentylofosfoniowy był bardziej toksyczny niż jodek z podstawnikiem metylowym). Jodek fosfoniowy z najdłuższym łańcuchem węglowym (16 węgli) wykazywał natomiast najmniejszą toksyczność dla lądowych roślin wyższych w porównaniu do pozostałych badanych związków. Otrzymane wyniki badań są zgodne z innymi doniesieniami literaturowymi [31].

Podsumowanie

Wyniki otrzymane w omawianym eksperymencie pozwalają stwierdzić, że jodki trifenylometylofosfoniowy, trifenylo-*n*-pentylofosfoniowy oraz trifenyloheksadecylofosfoniowy wykazują dość silne działanie toksyczne w stosunku do lądowych roślin wyższych. Obserwowane toksyczne działanie tych związków uzależnione było od gatunku roślin. Największy wpływ tych związków obserwowano w stosunku do komosy białej, której rośliny uschły po zastosowaniu oprysków roztworami zawierającymi każdy z badanych związków. Szczaw zwyczajny okazał się całkowicie odporny jedynie na jodek trifenyloheksadecylofosfoniowy, natomiast w przypadku żółtlicy drobnokwiatowej najsilniej działał jodek trifenylo-*n*-pentylofosfoniowy, który doprowadził do uschnięcia większości roślin tego gatunku, podczas gdy jodek trifenyloheksadecylofosfoniowy powodował jedynie niewielkie zmiany nekrotyczne na liściach żółtlicy. Szybkość działania badanych cieczy jonowych zależna była także od stężenia roztworu zastosowanego do

oprysku. Pierwsze objawy działania roztworów o stężeniu 2% często widoczne były już po około dwóch dniach od oprysku.

Literatura

[1] Ventura S.P.M., Gonçalves A.M.M., Sintra T., Pereira J.L., Gonçalves F., Coutinho J.A.P., Designing ionic liquids: the chemical structure role in the toxicity, [in:] Ecotoxicology, Vol. 22, 2013, p. 1-12, DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s10646-012-0997-x

[2] Hoogerstraete T.V., Wellens S., Verachtert K., Binnemans K., Removal of transition metals from rare earths by solvent extraction with an undiluted phosphonium ionic liquid: separations relevant to rare-earth magnet recycling, [in:] Green Chem., Vol. 15, 2013, p. 919-927, DOI: http://dx.doi.org/10.1039/C3GC40198G

[3] Pereira S.C., Bussamara R., Marin G., Giordano R.L.C., Dupont J., de Campos Giordano R., Enzymatic synthesis of amoxicilin by penicillin G acylase in the presence of ionic liquids, [in:] Green Chem., Vol. 14, 2012, p. 3146-3156, DOI: http://dx.doi.org/10.1039/C2GC36158B

[4] Bałczewski P., Bachowska B., Białas T., Biczak R., Wieczorek W.M., Balińska A., Synthesis and Phytotoxicity of New Ionic Liquids Incorporating Chiral Cations and/or Chiral Anions, [in:] J. Agric. Food Chem., Vol. 55, 2007, p. 1881-1892, DOI: http://dx.doi.org/10.1021/jf062849q

[5] Biczak R., Pawłowska B., Bałczewski P., Rychter P., The role of the anion in the toxicity of imidazolium ionic liquids, [in:] J. Hazard. Mater., Vol. 274, 2014, p. 181-190., DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2014.03.021

[6] Docherty K.M., Kulpa Ch.F., Toxicity and antimicrobial activity of imidazolium and pyridinium ionic liquids, [in:] Green Chem., Vol. 7, 2005, p. 185-189., DOI: http://dx.doi.org/10.1039/b419172b

[7] Keskin S., Kayrak-Talay D., Akman U., Hortaçsu Ö., A review of ionic liquids towards supercritical fluid application, [in:] J. Supercrit Fluids, Vol. 4, 2007, p. 150-180., DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.supflu.2007.05.013

[8] Romero A., Santos A., Tojo J., Rodríquez A., Toxicity and biodegradability of imidazolium ionic liquids, [in:] J. Hazard Mater., Vol. 151, 2008, p. 268-273., DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.10.079

[9] Stolte S., Arning J., Bottin-Weber U., Matzke M., Stock F., Thiele K., Uerdingen M., Welz-Biermann U., Ranke J., Anion effects on the cytotoxicity of ionic liquids, [in:] Green Chem., Vol. 8, 2006, p. 621-629., DOI: http://dx.doi.org/10.1039/b602161a

[10] Berthod A., Carda-Broch S., Use of the ionic liquid 1-butyl-3-methylimidazolium hexafluorophosphate in CCC, [in:] Anal. Bioanal. Chem., Vol. 380, 2004, p. 168-177, DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s00216-004-2717-8

[11] Cybulski J., Wiśniewska A., Kulig-Adamiak A., Dąbrowski Z., Praczyk T., Michalczyk A., Walkiewicz F., Materna K., Pernak J., Mandelate and prolinate ionic liquids: synthesis, characterization, catalytic and biological activity, [in:] Tetrahedron Lett., Vol. 52, 2011, p. 1325-1328., DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.tetlet.2011.01.069

[12] Pernak J., Borucka N., Walkiewicz F., Markiewicz B., Fochtman P., Stolte S., Steudte S., Stepnowski P., Synthesis, toxicity, biodegradability and physiocochemical properties of 4-benzyl-4-methylmorpholinum-based ionic liquids, [in:] Green Chem., Vol. 13, 2001, p. 2901-2910.

[13] Erbeldinger M., Mesiano A.J., Russell A.J., Enzymatic Catalysis of formation of Z-aspartame in ionic liquids – an alternative to enzymatic catalysis in organic solvents, [in:] Biotechnol. Prog., Vol. 16, 2000, p. 1129-1131., DOI: http://dx.doi.org/10.1021/bp000094g

[14] Madria N., Arunkumar T.A., Nair N.G., Vadapalli A., Huang Y.-W., Jones S.C., Reddy V.P., Ionic liquid electrolytes for lithium batteries: Synthesis, electrochemical, and cytotoxicity studies, [in:] J. Power Sources, Vol. 234, 2013, p. 277-284, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jpowsour.2013.02.002

[15] Docherty K.M., Joyce M.V., Kulacki K.J., Kulpa C.F., Microbial biodegradation and metabolite toxicity of three pyridinium-based cation ionic liquids, [in:] Green Chem., Vol. 12, 2010, p. 701-712, DOI: http://dx.doi.org/10.1039/b919154b

[16] Zhang J., Liu S.-S., Liu H.-L., Effect of ionic liquid on the toxicity of pesticide to Vibrio-qinghaiensis sp.-Q67, [in:] J. Hazard. Mater., Vol. 170, 2009, p. 920-927, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2009.05.056

[17] Pretti C., Chiappe C., Baldetti I., Brunini S., Monni G., Intorre L., Acute toxicity of ionic liquids for three freshwater organisms: Pseudokirchneriella subcapitata, Daphnia manga and Danio rerio, [in:] Ecotoxicol. Environ. Saf., Vol. 72, 2009, p. 1170-1176, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2008.09.010

[18] Costello D.M., Brown L.M., Lamberti G.A., Acute toxic effects of ionic liquids on zebra mussel (Dreissena polymorpha) survival and feeding, [in:] Green Chem., Vol. 11, 2009, p. 548-553, DOI: http://dx.doi.org/10.1039/b822347e

[19] Pretti C., Chiappe C., Pieraccini D., Gregori M., Abramo F., Monni G., Intorre L., Acute toxicity of ionic liquids to the zebrafish (Danio rerio),

[in:] Green Chem., Vol. 8, 2006, p. 238-240., DOI: http://dx.doi.org/10.1039/B511554J

[20] Ventura S.P.M., Gonçalves A.M.M., Gonçalves F., Coutinho J.A.P., Assessing the toxicity on [C3mim][Tf2N] to aquatic organisms of different trophic levels, [in:] Aquat. Toxicol., Vol. 96, 2010, p. 290-297, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.aquatox.2009.11.008

[21] Latała A., Nędzi M., Stepnowski P., Toxicity of imidazolium and pyrolidinium based ionic liquids towards alga. Chlorella vulgaris, Oocystis submarina (green algae) and Cyclotella meneghiniana, Skeletonema marinoi (diatoms), [in:] Green Chem., Vol. 11, 2009, p. 580-588, DOI: http://dx.doi.org/10.1039/b821140j

[22] Myles L., Gore R., Špulák M., Gathergood N., Connon S.J., Highly recyclable, imidazolium derived ionic liquids of low antimicrobial and antifungal activity: A new strategy for acid catalysis, [in:] Green Chem., Vol. 12, 2010, p. 1157-1162, DOI: http://dx.doi.org/10.1039/c003301d

[23] Petkovic M., Ferguson J., Bohn A., Trindade J., Martins I., Carvalho M.B., Leitão M.C., Rodrigues C., Garcia H., Ferreira R., Seddon K.R., Rebelo L.P.N., Pereira S.C., Exploring fungal activity in the presence of ionic liquids, [in:] Green Chem., Vol. 11, 2009, p. 889-894., DOI: http://dx.doi.org/10.1039/b823225c

[24] Bubalo M.C., Radošević K., Redovniković I.R., Halambek, J., Srček V.G., A brief overview of the potential environmental hazards of ionic liquids, [in:] Ecotoxicol. Environ. Saf., Vol. 99, 2014, p. 1-12, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2013.10.019

[25] Das R.N., Roy K., Advances in QSPR/QSTR models of ionic liquids for the design of greener solvents of the future, [in:] Molecular Diversity, Vol. 17, 2013, p. 151-196, DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s11030-012-9413-y

[26] Biczak R., Bachowska B., Bałczewski P., Badanie fitotoksyczności cieczy jonowej chlorek 1-(metylo-tiometylo)-3-butyloimidazoliowy, [in;] Proc. ECOpole, Vol. 4, 2010, p. 105-113.

[27] Garczyńska M., Mazur A., Kostecka J., Wybrane aspekty toksykologii dżdżownic w kontekście zrównoważonego rozwoju, [in:] Zesz. Nauk PTGleg., Vol. 11, 2009, p. 61-66.

[28] Oleszczuk P., Hollert H., Comparison of sewage sludge toxicity to plants and invertebrates in three different soils, [in:] Chemosphere, Vol. 83, 2011, p. 502-509, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.12.061

[29] Hamdi H., Manusadžianas L., Aoyama I., Jedidi N., Effects of anthracene, pyrene and benzo[a]pyrene spiking and sewage sludge compost amendment on soil ecotoxicity during a bioremediation proces, [in:] Chemosphere, Vol. 65, 2006, p. 1153-1162,

DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2006.03.065
[30] Oleszczuk P., Phytotoxicity of municipal sewage sludge composts related to physio-chemical properties, PAHs and heavy metals, [in:] Ecotoxicol. Environ. Saf., Vol. 69, 2008, p. 496-505,
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2007.04.006
[31] Biczak R., Bałczewski P., Pawłowska B., Bachowska B., Rychter P., Comparison of phytotoxicity of selected phosphonium ionic liquid, [in:] Ecol. Eng. Chem. S, Vol. 21, 2014, p. 281-295,
DOI: http://dx.doi.org/10.2478/eces-2014-0022
[32] Biczak R., Pawłowska B., Bałczewski P., Bachowska B., Herman B., Phytotoxicity of ionic liquids containing phosphorus atom, [in:] Ecol. Chem. Eng. A, Vol. 20, 2013, p. 621-630.
[33] Matzke M., Stolte S., Arning J., Uebers U., Filser J., Imidazolium based ionic liquids in soils: effects of the side chain length on wheat (Triticum aestivum) and cress (Lepidium sativum) as affected by different clay and organic matter, [in:] Green Chem., Vol. 10, 2008, p. 584-591,
DOI: http://dx.doi.org/10.1039/b717811e
[34] Pawłowska B., Biczak R., Bałczewski P., Fitotoksyczność kwasu 2,2'-tiodioctowego w stosunku do wybranych roślin wyższych, [in:] Inżynieria i Ochrona Środowiska, Vol. 16, 2013, p. 487-498.
[35] Petkovic M., Hartmann D.O., Adamova G., Seddon K.R., Rebelo L.N., Pereira C.S., Unravelling the mechanism of toxicity of alkyltributylphosphonium chlorides in Aspergillus nidulans conidia, [in.] New. J. Chem., Vol. 26, 2012, p. 56-63,
DOI: http://dx.doi.org/10.1039/C1NJ20470J
[36] Cho Ch.-W., Pham T.P.T., Jeon Y.-Ch., Vijayaraghavan K., Choe W.-S., Yun Y.-S., Toxicity of imidazolium salt with anion bromide to a phytoplankton Selenastrum capricornutum: Effect of alkyl-chain lenght, [in:] Chemosphere, Vol. 69, 2007, p. 1003-1007,
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2007.06.023

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 253–265

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.21

Tomasz Prauzner
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
Al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa
e-mail: matompra@poczta.onet.pl

NOWOCZESNE TECHNIKI SYMULACYJNE ZAGROŻEŃ W INŻYNIERII BEZPIECZEŃSTWA

Streszczenie. W obszarze nauk technicznych proces modelowania oraz symulacji jest najczęściej pierwszym krokiem w pracy inżyniera. Symulacja pozwala na wygenerowanie wstępnych wyników badanego zjawiska, a dopiero na jej podstawie wdraża się badania bardziej profesjonalne, często oparte na kosztownych obiektach rzeczywistych. W pracy przedstawiony zostanie program symulacyjny Pathfinder wykorzystywany w inżynierii bezpieczeństwa do modelowania przebiegu ewakuacji i oceny zachowań osób przebywających w analizowanym obszarze badań. Symulację oparto na podstawie uproszczonego modelu komputerowego sanktuarium Matki Bożej Częstochowskiej Królowej Polski mieszczącego się w kompleksie budynków zakonu paulinów na Jasnej Górze w Częstochowie. Miejsce to zostało wybrane nieprzypadkowo, albowiem ze względu na popularność jest ono często i tłumnie odwiedzane podczas uroczystości kościelnych. Badania przeprowadzono na podstawie dwóch modeli algorytmu obliczeń programu: SFPE oraz modelu zmienno-sterującego. Otrzymane wyniki porównano oraz dokonano oceny przydatności programu w symulacji przebiegu działań ratowniczych. Program ten może być również przykładem nowoczesnej pomocy dydaktycznej w zakresie kształcenia BHP.
Słowa kluczowe: Pathfinder, symulacja komputerowa, inżynieria bezpieczeństwa, modelowanie, dydaktyka.

MODERN TECHNIQUES OF SIMULATION RISKS IN SAFETY ENGINEERING

Abstract. In the area of technical sciences, process modeling and simulation is most often the first step in working engineer. Simulation allows to generate the preliminary results of the studied phenomenon and only on the basis of them using the more professional studies, often based on expensive real objects. In the paper will be

presented simulation program Pathfinder used in safety engineering modeling and evaluation of the course of the evacuation behavior of people in the analyzed area of research. The simulation was based on a simplified computer model of the Shrine of Our Lady of Czestochowa, Queen of Polish located in the complex of buildings of Jasna Góra in Czestochowa. The site was chosen because coincidentally due to the popularity it is often crowded visited during church ceremonies . The study was conducted on the basis of two models of computation algorithm of the program: SFPE and model of floating-point control. The results were compared and evaluated the usefulness of the simulation run rescue operations. This program can also be an example of modern teaching aid in the field of health and safety training.
Keywords: Pathfinder, computer simulation, safety engineering, modeling, teaching.

Rola i znaczenie programów symulacyjnych w inżynierii bezpieczeństwa

Większość badań czy odkryć dokonuje się za pomocą symulacji komputerowej. Jak definiuje encyklopedia PWN[1], symulacja komputerowa to: *Metoda odtwarzania zjawisk zachodzących w świecie rzeczywistym (lub ich niektórych właściwości i parametrów) za pomocą ich zmatematyzowanych modeli, definiowanych i obsługiwanych przy użyciu programów komputerowych.* Składowymi symulacji komputerowej są zatem: system, w którym zachodzą relacje między obiektami, oraz rozpatrywany przez użytkownika model zarówno fizyczny, jak i matematyczny, będące podstawami symulacji komputerowej [9, 10]. Podstawową cechą symulacji komputerowej jest możliwie wiarygodne odtworzenie warunków panujących w świecie rzeczywistym i dokładne ich odwzorowanie, a także oddziaływanie na badany obiekt. Symulację komputerową używa się przeważnie, gdy rozwiązanie analityczne problemu jest zbyt trudne, bądź bywa niemal niemożliwe [7]. Rozpoczęcie pracy z symulacją wymaga spełnienia kilku kluczowych czynników. Pierwszym z nich jest stworzenie modelu przedmiotu badanego, który zostanie poddany warunkom występującym w rzeczywistości [14, 15]. Nie bez znaczenia jest również fakt, iż programy symulacyjne są nieocenioną metodą dydaktyczną na każdym poziomie kształcenia, i to zarówno w formie offline, jak i online [11, 13, 17,20].

Próba symulacji zachowania się osób za pomocą aplikacji komputerowych była celem wielu opracowań. Przykładem mogą być chociażby badania naukowe dotyczące opracowania następujących modeli: model Paulsa, uproszczony model Kikuji-Togawy, model Galbreatha, model Melineka i Bootha, model wg Hamanowicza, model ukazany w British Standard BS 7974

[1] Źródło: http://encyklopedia.pwn.pl/, 2014.

PD 7974-6 a także model Helbinga [1-5]. Niemniej jednak wszystkie modele posiadały pewne wady polegające przede wszystkim na analizie wybiórczych czynników, takich jak: warunki techniczne analizowanego obiektu, fizyczne osób oraz zachowania tłumu w sytuacji zagrożenia. W rzeczywistości wszystkie te parametry mają istotny wpływ na przebieg ewakuacji. Co więcej, w warunkach naturalnych mogą wystąpić takie czynniki, które są trudne do przewidzenia, a co dopiero do zamodelowania [13, 18]. Zachowanie tłumu w sytuacji ogólnej histerii oraz interakcji poszczególnych osób są trudno przewidywalne, stąd wszelkie symulacje mogą być jedynie przedstawione w formie uproszczonej. W pracy przedstawiona zostanie aplikacja, która właśnie z powyższych, przytoczonych powodów jest w stanie w sposób najbardziej realistyczny zasymulować poszczególne etapy ewakuacji osób z miejsca zagrożenia [6, 8, 9].

W pracy tej przedstawiony zostanie jeden z najnowocześniejszych programów symulacyjnych o nazwie Pathfinder firmy Thunderhead [19]. Oprogramowanie posiada dokumenty weryfikacji i walidacji, potwierdzone próbami na rzeczywistych obiektach[2]. Aplikacja ta wykorzystana została do opracowania przykładowego modelu komputerowego sanktuarium Matki Bożej Częstochowskiej Królowej Polski mieszczącego się w kompleksie budynków zakonu paulinów na Jasnej Górze w Częstochowie oraz zasymulowania ewakuacji osób w nim przebywających. Analizie poddany został również sam program, jego funkcje, zasada działania oraz przydatność w inżynierii bezpieczeństwa. Otrzymane wyniki porównano oraz wyciągnięto konstruktywne wnioski.

Projekt modelu sytuacyjnego

Jak już wspomniano, za obiekt modelowania i symualcji wybrano miejsce kultu religijnego (rys. 1-4). Obiekt został wybrany nieprzypadkowo, albowiem jako jedno z najczęściej odwiedzanych miejsc przez pielgrzymów powinien być bardzo dokłanie monitorowany pod każdym aspektem bezpieczeństwa. Warto wspomnieć, iż w kalendarium świąt religijnych są dni, kiedy liczba osób przebywających na terenie zakonu (komplesu zabudowań) dochodzi do kilku tysięcy.

[2] Dokumenty walidacji i weryfikacji programu Pathfinder: www.thunderheadeng.com/pathfinder/pathfinder-documentation/

Rys. 1. Pielgrzymi zebrani pod Jasną Górą

Rys. 2. Sanktuarium

Rys. 3. Bazylika Jasnogórska

Rys. 4. Pielgrzymi w anktuarium

Analiza działania programu Pathfinder

W 1987 r. w swoim opracowaniu pt. *Stado, tłum i decyzje jednostek: Podzielony model zachowania*, Craig Reynolds przedstawił koncepcję zachowań sterowanych. Poprzez kombinację trzech zachowań: (unikanie kolizji, dopasowanie prędkości i środkowanie tłumu) Reynolds pokazał, że możliwe jest skuteczne symulowanie poruszającego się stada ptaków w czasie rzeczywistym.

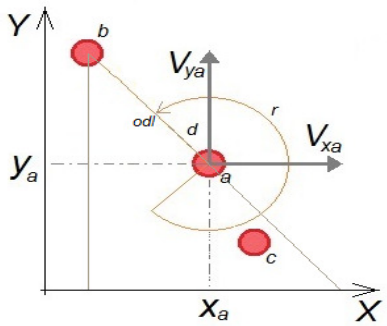
Głównym jego założeniem było stworzenie modelu, w którym będą poruszały się grupy ludzkie. Środowisko poruszania jest skonstruowane z sieci trójkątów budujących model. Ściany i inne nieprzekraczalne strefy reprezentowane są jako wycięcia w sieci nawigacyjnej. Obiekty te nie są pominięte w symulacji, ale stają się niedostępne do poruszania przez osoby ewakuowane. Drzwi są reprezentowane przez specjalne granice sieci nawigacyjnej. W zależności od ustawień

symulacji, drzwi mogą również wyraźnie regulować ilość przepływu ludzi[3]. Określenie parametrów ruchu wszystkich osobników zawiera parametry ruchu dla każdego osobnika oraz pewne reguły zachowania jednego osobnika w stosunku do pozostałych. Tak więc aplikacja uwzględnia takie same reguły zachowania dla każdego z elementów zbiorowości, natomiast w tym przypadku interesujący wydaje się problem współdziałania tych jednostek w grupie. Takie zagadnienie modelujące zachowanie się grupy osobników określa się poprzez pojęcie *boidy*. Podstawowym założeniem w modelowaniu zachowania się stada jest fakt, iż określenie wzorców zachowań i postępowania każdego z boidów jest możliwe jedynie w przestrzeni zamkniętej, ograniczonej za pomocą figury zamkniętej. Prędkość i kierunek ruchu są określane za pomocą kuli o środku x_a, y_a i promieniu r. Aby określić prędkość i kierunek ruchu, należy uwzględnić położenie osobnika, gdyż przez prędkość boida rozumie się zmianę położenia boida w jednostce czasu, natomiast kierunek ruchu wyznaczony jest przez nowe położenie boida. Zatem określenie prędkości i kierunku ruchu polega na wyznaczeniu współrzędnych boida po upływie jednostki czasu. Podążanie do celu – zadaną funkcją ruchu jest dążenie boida do wyznaczonego punktu (jest nim prosta łącząca boida z celem, do którego dąży). W miarę zbliżania sie do celu prędkość boida maleje. Cel nie musi być statyczny, może nim być np. inny boid, który jest w ruchu.

Uproszczony model matematyczny

W układzie 2D boid *a* zdefiniowany jest przez cztery wartości (rys. 5):

a) współrzędne położenia: X_a, Y_a;
b) wektora prędkości w układzie 2D dla współrzędnych położenia: V_{xa}, V_{ya};
c) odległości *d* od innego boida (pole widzenia boida);
d) kąt widzenia boida *r*.



Rys. 5. Interpretacja graficzna boida

[3] Raport z wykonania symulacji ewakuacji, Przedsiębiorstwo Usług Pożarniczych TECHNO-POŻ®, Opole 2012.

Sprawdzamy, czy boid *a* jest sąsiadem boida *b* (sprawdzamy warunek minimalnej odległości pomiędzy boidami):

$$\sqrt{(\boldsymbol{x_a} - \boldsymbol{x_b})^2 + (\boldsymbol{y_a} - \boldsymbol{y_b})^2} < d \tag{1}$$

jeżeli warunek nie został spełniony, to element na pewno nie jest sąsiadem boida. Jeżeli został spełniony, to sprawdzamy, czy jest on w kącie widzenia boida (obliczamy kąt α, pod którym porusza się boid):

$$\alpha = \arctan\left(\frac{V_{yb}}{V_{xb}}\right) \tag{2}$$

oraz kąt β odcinka od boidu do elementu:

$$\beta = \arctan\left(\frac{y_a - y_b}{x_a - x_b}\right) \tag{3}$$

następnie badamy wartość bezwzględną różnicy kątów i sprawdzamy, czy jest mniejsza od *r*, jeżeli tak – to boid *b* jest sąsiadem boida *a*, jeżeli nie – to nie jest.

Craig Reynolds przypisał każdemu boidowi następujące reguły postępowania:

– każdy boid dopasowywuje swoją prędkość i kierunek lotu do sąsiednich boidów; należy obliczyć prędkość średnią wszystkich sąsiadów (boidów) (oddzielnie dla składowych V_{ix} i V_{iy}), prędkość boida *a*, biorąc pod uwagę wagę, z jaką będziemy modyfikować prędkość (np. 0.1), bieżącą prędkość, oraz obliczoną średnią, według ogólnego wzoru:

$$V_{xb} = V_{xb} + \left(\text{waga}(V_{x\text{średnia}} - V_{xb})\right) \tag{4}$$

$$V_{yb} = V_{yb} + \left(\text{waga}\left(V_{y\text{średnia}} - V_{yb}\right)\right) \tag{5}$$

– każdy boid stara się być w środku grupy sąsiednich boidów; należy: obliczyć średnią odległość *odl* pomiędzy boidami, zmodyfikować prędkość boida *a* względem każdego z sąsiadów. Następujący wzór jest wynikiem zastosowania twierdzenia o podobieństwie trójkątów (rys. 5), wykorzystujemy w nim położenie boida *b*, którego prędkość modyfikujemy, położenie sąsiada *s(x,y)*, oraz wagę zmiany (np. 0.1):

$$\text{odl} = \sqrt{(s_x - x_b)^2 + \left(s_y - b_y\right)^2} \tag{6}$$

$$V_{xb} = V_{xb} - \text{waga}\left(\frac{(s_x - b_x)\text{odl}_{\min}}{\text{odl}} - (s_x - b_x)\right) \tag{7}$$

$$V_{yb} = V_{yb} - waga\left(\frac{(s_y - b_y)odl_{min}}{odl} - (s_y - b_y)\right) \quad (8)$$

odl_{min} jest zadaną odległością minimalną, której nie powinien przekraczać boid

- każdy boid zachowuje bezpieczną odległość od sąsiednich boidów;
- każdy boid unika przeszkód;
- każdy boid może opuścić stado, gdy ucieka przed drapieżnikiem lub potrzebuje pożywienia.

Powyższe reguły można wprowadzić do symulacji boidów, uwzględniając regułę o bezpiecznej odległości. Dodatkowo, w celu oddania większego realizmu, można dodać losowe zakłócenia ruchu boidów (np. w każdej iteracji dodając do składowych V_x oraz V_y niewielkie zaburzenie)[4].

Warianty symulacji w programie

Na początku symulacji każda jednostka osobowa generuje ścieżkę, którą będzie poruszać się w kierunku wyjścia. Do tego celu Pathfinder wykorzystuje algorytm poszukiwania A*[5] (A-star) oraz sieć nawigacyjną zbudowaną z trójkątów. Ścieżka wynikowa jest reprezentowana jako seria punktów na krawędziach trójkątów tworzących sieć. Linie łączące punkty tworzą niewygładzoną w węzłach ścieżkę poruszania się osób do celu. W celu wygładzenia ścieżki, program wykorzystuje wariacje techniki znanej jako *string pulling*. Prowadzi ona do ponownego dopasowania punktów, gdzie wynikowa ścieżka zakręca wyłącznie na rogach przeszkód przy zachowaniu minimalnego promienia koła (reprezentującego osobę) od przeszkody. Pathfinder wykorzystuje dwie podstawowe opcje poruszania się osób: tryb SFPE i tryb zmienno-sterujący. W trybie zmienno-sterowniczym drzwi nie wpływają na limit przepustowości ludzi, ale ludzie wykorzystują system sterowniczy do utrzymywania rozsądnego dystansu względem siebie. W trybie SFPE[6] osoby nie mogą omijać się wzajemnie, prowadząc do przenikania się, ale drzwi wpływają na przepływ ludzi, natomiast prędkość kontrolowana jest przez zagęszczenie. Obliczenia SFPE opierają się na modelu przepływu, zdefiniowanym poprzez prędkość poruszania się i przejściu przez drzwi, schody i korytarze. Geometria nawigacyjna w programie jest grupowana jako elementy typu drzwi, pokoje oraz schody. Pokoje są otwartymi przestrzeniami, po których mogą poruszać się osoby. Drzwi stanowią czynnik ograniczający połączenia pomiędzy pokojami i schodami. Możliwe jest zacho-

[4] Portal Algorytm.org. Boidy, www.algorytm.org (21.4.2014).

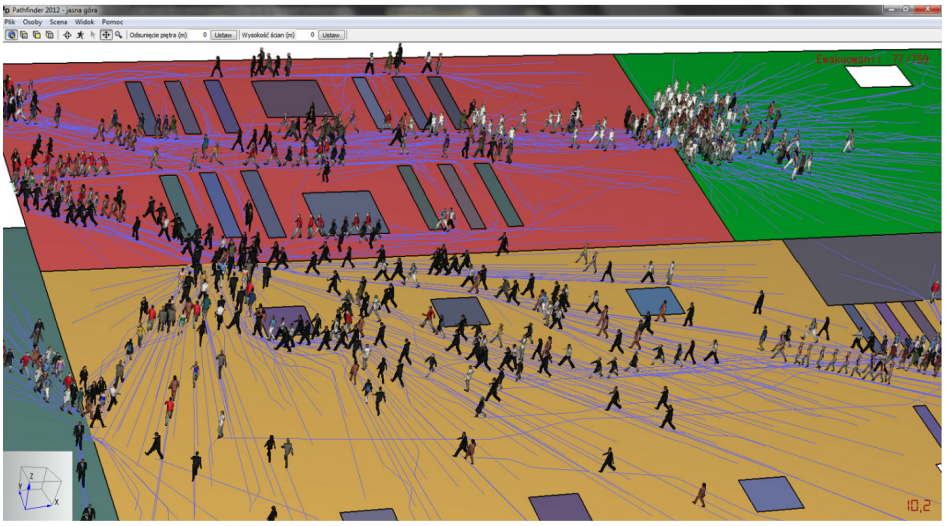
[5] Analiza działania algorytmu odnajdowania ścieżki typu A dokładniej została omówiona w literaturze online: http://www.policyalmanac.org/games/aStarTutorial_pl.htm

[6] SFPE- skrót od: Engineering Guide on Human Behavior in Fire.

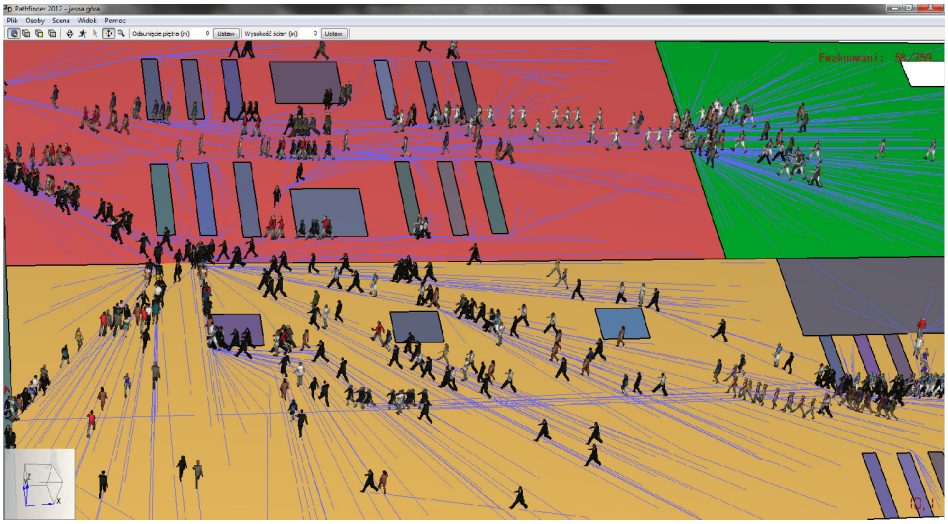
wanie przepływu określonego przez drzwi i równoczesne dodanie kolizji osób oczekujących przy drzwiach. Program wykorzystuje zagęszczenie w celu określenia prędkości poruszania się. Jeśli zagęszczenie wzrośnie do 3,8 osób/m^2, prędkość spadnie do zera i wejścia do pokoju zostaną wstrzymane. Jeśli jedne bądź więcej drzwi pozwolą na wejście do pokoju szybciej niż mogą oni wyjść, ograniczenie maksymalnego zagęszczenia zablokuje chwilowo przepływ. Efektywna szerokość drzwi ma wpływ na wielkość przejść osób przez drzwi.

Modelowanie i symulacja komputerowa

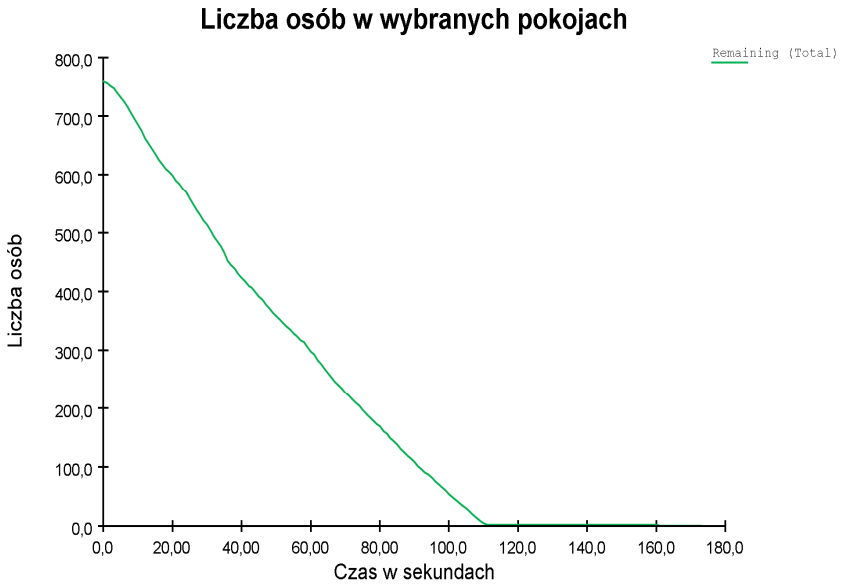
Model został zaprojektowany na podstawie przeprowadzonych rzeczywistych pomiarów obiektu. W symulacji przyjęto standardowe parametry związane z odwzorowaniem rzeczywistych parametrów (warunki fizyczne) boidów (osób). Przyjęto: prędkość poruszania się ludzi: 1,2 m/s; szerokość w ramionach: 46 cm (dzieci 26-29 cm); opóźnienie reakcji: 60 s. Symulacja została wykonana z wykorzystaniem modelu zmienno-sterującego oraz SFPE (rys. 6, 7).



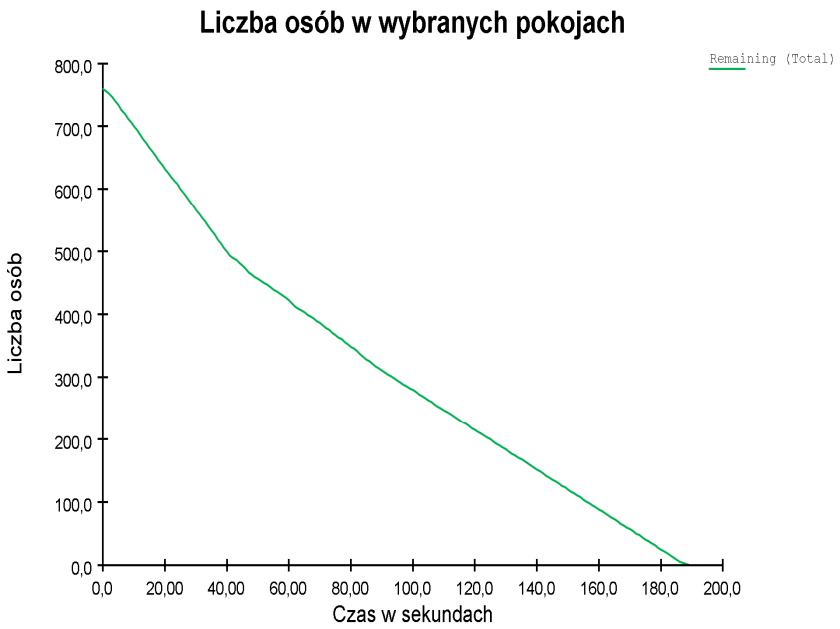
Rys. 6. Ewakuacja osób z katedry i sanktuarium - model zmienno-sterujący (opracowanie własne)



Rys. 7. Ewakuacja osób z katedry i sanktuarium – model SFPE (opracowanie własne)



Rys. 8. Model zmienno-sterujący – czas ewakuacji ludności ze wszytkich zamodelowanych pomieszczeń



Rys. 9. Model SFPE – czas ewakuacji ludności ze wszytkich zamodelowanych pomieszczeń

Wnioski

Symulacja jest przyszłością dalszego rozwoju techniki. Dzięki niej możemy symulować nie tylko modele zawarte w technicznej gałęzi przemysłu, ale również modele gospodarcze czy ekonomiczne. Jedynym ograniczeniem symulacji komputerowej jest poprawne zapisanie danych matematycznych o obiektach badanych oraz ich wzajemnym oddziaływaniu na siebie [16]. Symulacja została przeprowadzona przy użyciu programu Pathfinder 2011, autorstwa firmy Thunderhead. Oprogramowanie posiada dokumenty weryfikacji i walidacji, potwierdzone próbami na rzeczywistych obiektach. Symulacja została wykonana z wykorzystaniem modelu zmienno-sterującego oraz SFPE. Symulacje przeprowadzano w takich samych środowiskach i porównywano otrzymane czasy. Symulacja wykazała, iż przyjęty model zmienno-sterujący pozwala na przeprowadzenie symulowanej ewakuacji osób w tych samych warunkach zdecydowanie szybciej. Ewakuacja 759 osób z terenu całego obiektu analizowanego w tym modelu trwała jedynie około 173,3 sekund, natomiast zastosowany algorytm SFPE po upływie 184,9 sekund. W pracy tej przedstawiono model przybliżony rzeczywistości, stąd otrzymane wyniki należy uznać jedynie za orientacyjne. Należy pamiętać, że tryb SFPE jest bliższy obliczeniom ręcznym natomiast „zmienno-sterujący” lepiej odzwierciedla zachowanie się tłumu. Warto podkre-

ślić, że tak skomplikowanego procesu jak ewakuacja nie da się jednoznacznie ująć w dość prostym wzorze matematycznym. Może on stanowić jedynie pewne bliżej nieokreślone przybliżenie. Stosując tryb „zmienno-sterujący", bierzemy pod uwagę kolizyjność na drogach ewakuacyjnych, więc nasza symulacja wyświetlana w Pathfinder jest bliższa rzeczywistości. Analizując dane uzyskane po przeprowadzeniu innych symulacji opisanych w literaturze przedmiotu, należy podkreślić fakt, iż program pozwala na poprawne oszacowanie sytuacji zagrożenia z dużym prawdopodobieństwem do obliczeń i oszacowań na podstawie innych metod analitycznych. Potwierdza to możliwości zastosowania aplikacji do sprawdzania czasów ucieczki z budynku i zakładanie z określonym przybliżeniem. Na czas ewakuacji osób ma również wpływ system nadzoru w postaci systemu alarmowego, który powinien monitorować ustawicznie wszelkie parametry fizyczne otoczenia. Jest to możliwe dzięki wykorzystaniu różnego rodzaju czujników instalowanych w celu monitorowania poziomu (zniekształceń itp.) sygnałów wejściowych do systemu alarmowego [18, 19]. System alarmowy może również współdziałać poprzez układy automatyki z elementami wykonawczymi, np. automatyką drzwi, układu wentylacji czy radiopowiadomienia służb bezpieczeństwa. Program jest specjalnym typem symulatora, gdzie każdy zdefiniowany pracownik posiada szereg indywidualnych cech, które mogą wpływać na jego ruchy i decyzje podczas samej symulacji niezależnie od innych jednostek. Program wykorzystywany jest przez autora jako pomoc dydaktyczna podczas zajęć laboratoryjnych w Instytucie Edukacji Technicznej i Bezpieczeństwa Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie [12, 14].

Literatura

[1] Amor H. B., Murray J., Obst O., Fast, Neat, and Under Control: Arbitrating Between Steering Behaviors, AI Game Programming Wisdom 3, ed. S. Rabin. 2006.

[2] Byszewski P., Tomaszewska A., Realistyczna oraz szybka wizualizacja algorytmu zachowania się tłumu w obliczu paniki, Metody Informatyki Stosowanej, Komisja Informatyki Polskiej Akademii Nauk, Oddział w Gdańsku, Gdańsk 2009.

[3] Depešová J., Tomková V., Alternatívne formy vzdelávania v BOZP, Trendy ve vzdělávání. Informační technologie a technické vzdělávání, Roč. 6, č. 1, 2013, Nitre 2013.

[4] Jamrozik A., Tutak W., Kociszewski A., Sosnowski M., et al., Numerical simulation of two-stage combustion in SI engine with prechamber, Applied Mathematical Modelling, 2013. 37(5): p. 2961-2982, DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2012.07.040

[5] Johnson G., Smoothing a Navigation Mesh Path, AI Game Programming Wisdom 3, ed. S. Rabin, 2006.
[6] Królikowski R., Łusiak M., Jędruch W., Modeling teamwork behaviors on a combat field in JADE, Zeszyty Naukowe Wydziału Elektrotechniki i Automatyki Politechniki Gdańskiej, Gdańsk 2012.
[7] Krzywański J., Czakiert T., Muskala W., Sekret R., Nowak W., Modeling of Solid Fuels Combustion in Oxygen–Enriched Atmosphere in Circulating Fluidized Bed Boiler – Part I. The mathematical model of fuel combustion in oxygen–enriched CFB environment, Fuel Processing Technology, 2010, Vol. 91, 290–295,
DOI: http://dx.doi.org /10.1016/j.fuproc.2009.10.011
[8] Kuligowski E.D., Peacock R.D., A Review of Building Evacuation Models, National Institute of Standards and Technology, Fire Research Division, Building and Fire Research Laboratory, Technical Note 1471, July, 2005. Available for download at http://fire.nist.gov/bfrlpubs/.
[9] Nelson H. E., Mowrer F. W., Emergency Movement, The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, ed. DiNenno P., Walton D. W. National Fire Protection Association 2002.
[10] Prauzner T., Applications of multimedia devices as teaching aids, Annales UMCS Informatica, Wydawnictwo Maria Curie-Skłodowska University in Lublin, Lublin 2010.
DOI: http://dx.doi.org/10.2478/v10065-010-0046-4
[11] Prauzner T., Bezpieczeństwo kulturowe a globalizm, Edukacja XXI wieku, Jakość wobec wyzwań i zagrożeń XXI wieku, Wyd.Wyższej Szkoły Bezpieczeństwa, Poznań 2010.
[12] Prauzner T., Ptak P., Programy symulacyjne w inżynierii bezpieczeństwa, Journal of Technology and Information Education, Strategie technického vzdělávání v reflexi doby, Wydawnictwo Palacký University in Olomouc, Czechy 2011.
[13] Prauzner T., Systemy monitoringu w inteligentnym budynku, Prace Naukowe AJD. Edukacja Techniczna i Informatyczna, Częstochowa 2012.
[14] Prauzner, T., Zastosowanie programów symulacyjnych w nauczaniu przedmiotów technicznych, Prace Naukowe AJD. Edukacja Techniczna i Informatyczna, Wydawnictwo Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie, Częstochowa 2006.
[15] Ptak P., Prauzner T., Rola i miejsce multimedialnych pomocy naukowych w edukacji technicznej, Edukacja. Studia, Badania, Innowacje, 2010 nr 02. Warszawa 2010.
[16] Ptak P., Prauzner T., Zastosowanie programów komputerowych w dydaktyce przedmiotów technicznych, Journal of Technology and Information Education, nr 1/2011, Olomuniec 2011.

[17] Reynolds C. A distributed behavioral model, Computer Graphics, Flocks, herds, and schools, New York, NY, USA 1987.
[18] Reynolds C.W., Steering Behaviors For Autonomous Characters, Proceedings of the Game Developers Conference 1999, Miller Freeman Game Group, San Francisco, California 1999.
[19] Strona internetowa firmy Thunderhead: www.thunderheadeng.com
[20] Noga H., Metody socjometryczne w edukacji techniczno – informatycznej, Trendy ve vzděláváni 2009, Informaćni technologie a technické vzděláváni, Olomouc 2009.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 267–276

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.22

Paweł Ptak
Politechnika Częstochowska
al. Armii Krajowej 17, 42-200 Częstochowa
e-mail: p.ptak@o2.pl

ZNACZENIE POMIARÓW DEFEKTOSKOPOWYCH W ASPEKCIE BEZPIECZEŃSTWA W TRANSPORCIE I PRZEMYŚLE

Streszczenie: W artykule opisano badania i pomiary defektoskopowe przeprowadzane w ramach zajęć dydaktycznych ze studentami na kierunku elektrotechnika. Badania tego typu są szeroko stosowane do wykrywania wad materiałowych w środkach transportu publicznego oraz w przemyśle, gdzie występuje zagrożenie wpływu szkodliwych czynników na środowisko naturalne i bezpieczeństwo ludzi.
Słowa kluczowe: badania defektoskopowe, wady materiałowe, bezpieczeństwo w transporcie i przemyśle.

IMPORTANCE OF FLAW DETECTION MEASUREMENT FOR SAFETY ASPECTS OF TRANSPORT AND INDUSTRY

Abstract: Article describes tests and measurements conducted within defectoscopic didactic classes with students majoring in Electrical Engineering. Studies of this type are widely used to detect material defects in public transport and in industry where there is a risk of harmful factors impact on natural environment and human security.
Keywords: flaw detection testing, defects in materials, safety in transport and industry

Wstęp

Metody badań defektoskopii służą do wykrywania wad materiałowych, nie powodując zmian w ich właściwościach. Stosowane są w przemyśle w celu osiągnięcia wysokiej jakości wyrobów końcowych, konstrukcji bądź urządzeń. Dotyczy to głównie przemysłu lotniczego, rakietowego, maszynowego, samo-

chodowego, zbrojeniowego, petrochemicznego (m.in. gazociągów i rurociągów) [5], chemicznego, energetyki konwencjonalnej, jądrowej oraz w budownictwie kolejowym, drogowym (mosty i tunele) oraz lotniczym.

Badaniom podlegają przede wszystkim złącza spawane, połączenia klejone, lutowane oraz zgrzewane. Mogą to być warstwy wierzchnie oraz podpowierzchniowe, w zależności od zastosowanej metody. Brak wykonywania takich badań może prowadzić do awarii, a w konsekwencji może być przyczyną wypadków i katastrof. Znanych jest wiele katastrof m.in. w przemyśle lotniczym. Wiele z nich było spowodowanych zmęczeniem materiału oraz powstaniem nieciągłości, które przyczyniły się do zniszczenia określonych elementów konstrukcyjnych. Obecnie metodami defektoskopii można wykryć wady materiału, zarówno te zmęczeniowe, jak i wynikające z eksploatacji danego urządzenia czy budowli [4, 6, 12]. Przykłady badań defektoskopowych przedstawiono na rysunku 1.

Rys. 1. Badania defektoskopowe elementów rurociągu

Istnieje wiele metod badań stosowanych w defektoskopii. Są nimi: badania wizualne, metoda penetracyjna, radiologiczna, ultradźwiękowa, magnetyczna, spadku potencjału, prądów wirowych oraz termografii podczerwieni. Praktycznie każda z metod wymaga wykwalifikowanego personelu. Personel musi znać zasadę prowadzenia badań określoną metodą, potrafić odpowiednio interpretować wyniki oraz znać właściwości badanych materiałów. Nie ma obecnie personelu mającego kwalifikacje na wszystkie metody defektoskopii, gdyż jest to dziedzina silnie rozwijająca się i już obecnie jest na tyle szeroka, że najczęściej personel jest wykwalifikowany do prowadzenia badań jedną lub ewentualnie dwoma metodami [6, 20]. Duże doświadczenie od personelu jest wymagane szczególnie do oceny wyników badań metodą ultradźwiękową, radiologiczną oraz prądów wirowych (rysunek 2).

Rys. 2. Badania defektoskopowe w transporcie lotniczym

Przed zastosowaniem metody ultradźwiękowej oraz radiologicznej należy zgodnie z wymogiem przeprowadzić najpierw badania wizualne. Związane jest to z wysokim kosztem przeprowadzenia badań ultradźwiękowych i z jeszcze droższymi badaniami radiologicznymi. Możliwa jest sytuacja, w której metodą badań wizualnych wykryje się nieciągłość i spowoduje to, iż badania pozostałe będą niepotrzebne. Ponadto zastosowanie więcej niż jednej metody powoduje zwiększenie niezawodności wyników badań oraz potwierdzenie występowania uszkodzeń. Przykładem łączenia badań mogą być badania wizualne przy pomocy endoskopów oraz metody prądów wirowych. W endoskopowych sondach może znajdować się przetwornik wiroprądowy [6, 12, 20].

Poszczególne metody badań przydatne są do kontrolowania obiektów określonych rodzajów, wykonanych z różnych materiałów, do wykrywania z dużą czułością – w zależności od określonych nieciągłości. Nie ma uniwersalnej metody. Ideą wszystkich metod jest ich wzajemne stosowanie i uzupełnianie oraz odpowiedni dobór metod przez wykwalifikowany personel. Prowadzenie badań w defektoskopii polega na:

- doborze jednej lub więcej metod badań,
- doborze aparatury i środków potrzebnych do badań [2, 3],
- przeprowadzeniu badań przez odpowiednio wykwalifikowany personel,
- ocenie i interpretacji wyników,
- wykonaniu protokołu badań [6, 7].

Metody badań defektoskopowych

Wśród elektrycznych metod defektoskopowych na szczególną uwagę zasługują metody wiroprądowe i elektromagnetyczne. W metodach tych można wykorzystać nieskomplikowaną aparaturę, a wyniki badań są dość dokładne. Łatwość stosowania tych metod stanowi ich kolejną zaletę.

Metoda prądów wirowych znalazła zastosowane w badaniach defektoskopowych, w badaniach własności materiałów oraz w pomiarach grubości powłok, taśm i folii. W badaniach defektoskopowych wykorzystuje się ją do wykrywania nieciągłości materiałów różnych obiektów zarówno w procesach eksploatacji, jak i procesach wytwarzania.

Metodą prądów wirowych można kontrolować tylko te obiekty, które przewodzą prąd elektryczny. Pomiar taką metodą polega na umieszczeniu badanego obiektu w obszarze oddziaływania pola magnetycznego (zmiennego w czasie) wytwarzanego przez przetworniki indukcyjnościowe [10, 11]. Następnie przetwarza się sygnały tych przetworników, których faza oraz amplituda posiadają informację o występowaniu niedoskonałości obiektów bądź zmian struktury obiektów [8, 21].

Metoda prądów wirowych pozwala na wykrycie nieciągłości powierzchniowych oraz tych leżących blisko pod powierzchnią. Dokładność: metodą prądów wirowych wykrywa się pęknięcia o głębokości od 0,1 mm, szerokości od ok. 0,0005 mm oraz długości od 0,4 mm.

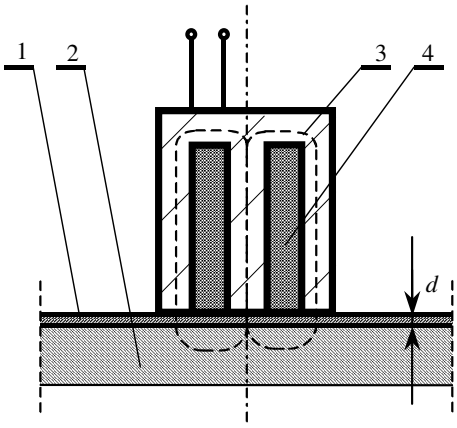
Ponadto omawiana metoda umożliwia wykrywanie wad, które znajdują się pod warstwą malarskiego pokrycia bądź galwanicznego i niedoskonałości będących w poszczególnych warstwach wielowarstwowych obiektów. Można również dokonać pomiaru głębokości nieciągłości obiektów [9, 21].

W procesach eksploatacji wykorzystuje się defektoskopy wiroprądowe, które zasilane są sygnałami impulsowymi oraz sinusoidalnymi. W przypadku zasilania przetworników używa się generatorów wieloczęstotliwościowych. Zastosowanie urządzeń wiroprądowych to kontrola obiektów w energetyce, dotyczy to siłowni jądrowych oraz konwencjonalnych, hutnictwie, lotnictwie i transporcie samochodowym i kolejowym (rysunek 3).

Rys. 3. Badanie defektoskopowe szyn w transporcie kolejowym

Elementy kontrolowane w procesach wytwarzania to m.in.: druty, pręty oraz rury, szyny kolejowe, części samolotów i otwory w obiektach, części samochodowe, np. cylindry, tarcze hamulcowe, bębny, półosie i grzybki zaworów, złącza spawane. W procesach eksploatacji badane są m.in.: wały wirników generatorów, skraplacze pary, elementy silników lotniczych np. łopatki turbin, obręcze kół samolotów, poszycia samolotów, złącza spawane [9, 21].

Przetworniki elektromagnetyczne są wykorzystywane w przypadku badań defektoskopowych elementów z materiałów ferromagnetycznych. Przetwornik taki zbudowany jest z dwóch uzwojeń (rys. 4) na wspólnym rdzeniu ferromagnetycznym, stanowiąc transformator prądowy o otwartym obwodzie magnetycznym. Jest on zasilany zmiennym sygnałem o częstotliwości od kilkuset do kilkunastu tysięcy Hz, wytwarzanym przez prąd płynący w uzwojeniu pierwotnym zasilanym z regulowanego i stabilizowanego generatora sinusoidalnego. Obwód magnetyczny przetwornika stanowi badany element. Napięcie wyjściowe przetwornika indukcyjnego zależy od istnienia niejednorodnej struktury lub wady materiałowej wewnątrz badanego elementu lub jej braku w prawidłowej strukturze wewnętrznej badanego elementu. Na rysunku 4 przedstawiono schematycznie budowę przetwornika elektromagnetycznego [1].



Rys. 4. Budowa przetwornika elektromagnetycznego: 1 – powierzchnia badanego elementu, 2 – miejsce występowania wad materiałowych, 3 – droga strumienia magnetycznego, 4 – uzwojenie cewki

Badania laboratoryjne w zakresie defektoskopii

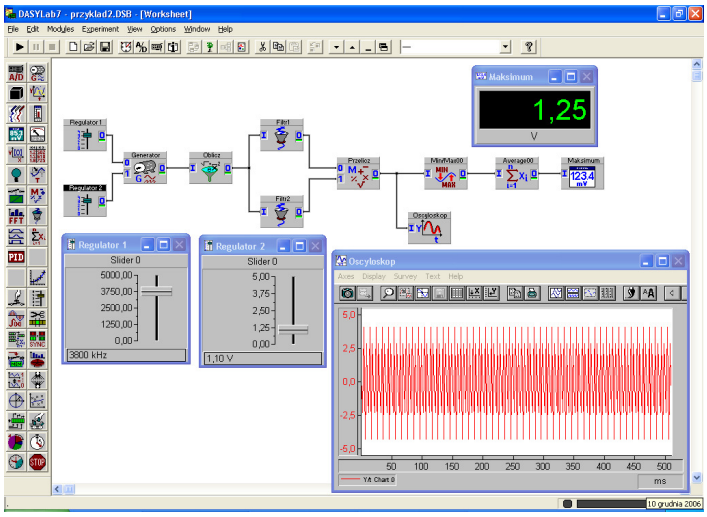
Klasyczna pracownia czy laboratorium do nauki elektrotechniki i elektroniki składa się z kilku stanowisk, na których przeprowadzane są przygotowane wcześniej ćwiczenia. Ćwiczenia te polegają na łączeniu kilku przyrządów pomiarowych i wykonaniu pomiarów dla tak wykonanego układu. Zadaniem

studentów jest odpowiedni dobór przyrządów pomiarowych oraz ich wzajemne połączenia według opisanego w instrukcji przebiegu ćwiczenia.

Ze względu na szybki rozwój technik komputerowych możliwe jest zastosowanie w nauczaniu odpowiednich programów mających na celu dwa podstawowe zadania:

- symulacja działania układów elektrycznych lub elektronicznych w programie komputerowym niezależnie od części sprzętowej i połączenia z klasycznym przyrządem pomiarowym,
- sterowanie klasyczną aparaturą pomiarową przy pomocy programu komputerowego. Zarejestrowane wyniki pomiarów można poddać dalszej obróbce lub przedstawić je w dowolnej formie graficznej.

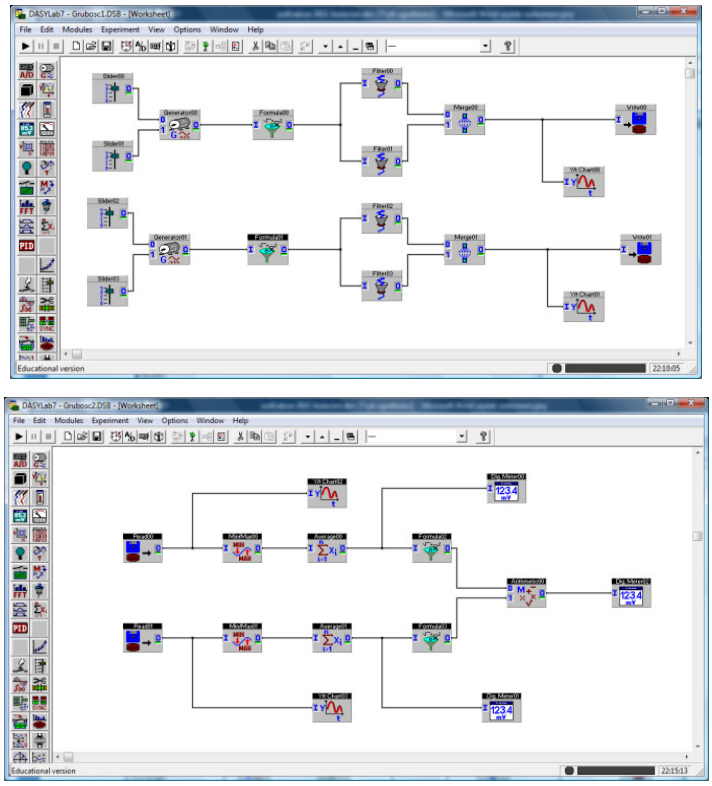
System DasyLab pozwala użytkownikowi rozwiązywać w kompleksowy sposób zagadnienia związane ze zbiorem danych i ich analizą. Innowacją jest niezwykła prostota w posługiwaniu się programem, polegająca na konstruowaniu scenariusza analiz za pomocą ikon. Połączone ikony symbolizują sposób przepływu danych i ich analizę, tworząc tzw. arkusz przepływu danych pokazany na rysunku 5 [16].



Rys. 5. Układ pomiarowy zamodelowany w programie DasyLab

Przedstawiony układ można wykorzystać także w nauczaniu przedmiotów technicznych. Znaczna popularność pakietów programowych pozwala na zwiększenie zainteresowania studentów na temat kształcenia technicznego. Umożliwia to wykorzystanie takich lub podobnych programów przez studentów do symulacji procesów pomiarowych w laboratorium dydaktycznym wyższej uczelni [13, 14, 15,23].

Na rysunku 6 przedstawiono schemat analizy danych pomiarowych z czujnika wiroprądowego oraz elektromagnetycznego dla ćwiczenia laboratoryjnego dotyczącego pomiarów defektoskopowych, realizowanego w ramach zajęć z pomiarów wielkości nieelektrycznych na Politechnice Częstochowskiej [17, 22].



Rys. 6. Schematy układów rejestracji i analizy sygnału w pomiarach defektoskopowych

Aby efekty kształcenia były jak najlepsze, istotna jest praca własna studenta. Ma ona dotyczyć głównie przygotowania i opracowywania materiałów, wiedzy i umiejętności do zajęć praktycznych laboratoryjnych oraz projektowych wykonywanych pod opieką prowadzącego. Programy symulacyjne, takie jak DasyLab czy Multisim, umożliwiają realizację przygotowania studenta do zajęć laboratoryjnych poprzez wcześniejsze poznanie budowy i analizę układów pomiarowych wykorzystywanych później w praktycznych zajęciach laboratoryjnych [18, 19]. Zapoznanie się z przykładowymi układami do realizacji pomiarów grubości warstw wierzchnich jest zachętą do samodzielnej pracy studenta przy wykorzystaniu nowoczesnych środków interaktywnego przekazu.

Wnioski

1. W defektoskopii warstw wierzchnich najistotniejsze jest jak najwcześniejsze wykrycie defektów występujących na danym obiekcie. Nie ma metody uniwersalnej, która zapewniłaby detekcję wad we wszystkich obiektach.
2. Niektóre z metod nadają się do badania tylko tych materiałów, które przewodzą prąd elektryczny, np. metoda prądów wirowych. Każda z metod ma określoną dokładność, tj. minimalną wartość parametrów wad, jakie są w stanie wykryć.
3. Podczas projektowania systemów badań kompleksowych, istotny jest odpowiedni dobór metod, które wzajemnie będą się uzupełniały. Systemy te są systemami specjalistycznymi, które wykonuje się do badania określonej klasy obiektów. Ich celem jest detekcja nieciągłości powierzchniowych, wewnętrznych, określanie właściwości materiałów oraz wykrywanie nieciągłości geometrycznych.
4. Przy określaniu możliwości metod defektoskopii oraz ich przydatności do kontroli obiektów ważne jest, aby określić najmniejszą nieciągłość, jaka może być wykryta, oraz największą nieciągłość, która może pozostać niezauważona.
5. Zastosowanie wyspecjalizowanych pakietów programowych oraz symulacji pozwala zbadać poprawność działania i efektywność układów pomiarowych bez dostępu do rzeczywistych sygnałów. Możliwe jest więc lepsze zapoznanie się studentów z pakietami programowymi w ramach przygotowania się do zajęć laboratoryjnych.
6. Ciekawa i potrzebna tematyka badań defektoskopowych zachęca studentów do pracy własnej i rozszerzania wiedzy w zakresie tematyki zajęć laboratoryjnych, przy wykorzystaniu nowoczesnych środków interaktywnego przekazu.

Literatura

[1] Borowik L., Janiczek R., Ptak P., Pomiary grubości powłok w diagnostyce powierzchni, [in:] Pomiary Automatyka Kontrola, nr 06. 2010, s. 644-647. ISSN:0032-4140

[2] Borowik L., Czaja P., Skuteczność wyłączników różnicowoprądowych jako środka ochrony przeciwporażeniowej, [in:] Przegląd Elektrotechniczny, 2013, nr 12 , str. 306-309

[3] Czaja P., Jąderko A., Wpływ prądów upływu w przewodach ochronnych przekształtników z falownikiem PWM na działanie zabezpieczeń prze-

ciwporażeniowych RCD, [in:] Przegląd Elektrotechniczny, 2013, nr 12, str. 203-206

[4] Jakubiec B., Model elektrycznego układu napędowego małego systemu mobilnego, [in:] Przegląd Elektrotechniczny, 12/2013, str. 173

[5] Krzywanski J., Rajczyk R., Bednarek M., Wesolowska M., Nowak W., Gas emissions from a large scale circulating fluidized bed boilers burning lignite and biomass, [in:] Fuel Processing Technology 116 (2013) 27–34., DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2013.04.021

[6] Lewińska-Romicka, A., Badania nieniszczące. Podstawy defektoskopii, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2001. ISBN 83-204-2641-3

[7] Lewińska-Romicka, A., Badania magnetyczne. Podręcznik, Tom I, Warszawa, Biuro Gamma, Warszawa, 1998. ISBN 83-87848-02-6

[8] Lewińska-Romicka, A., Badania magnetyczne. Podręcznik, Tom II, Biuro Gamma, Warszawa, 1998. ISBN 83-87848-03-4

[9] Lewińska-Romicka, A., Badania materiałów metodą prądów wirowych, Biuro Gamma, Warszawa, 2007. ISBN 8387848581

[10] Olesiak K., Application of the Fuzzy Controller in the Speed Control System of an Induction Motor, [in:] Przegląd Elektrotechniczny, R.89 nr 12, 2013, s.336-339

[11] Olesiak K., Selected Problems of the Asynchronous Drive Control with the Three-phase Soft-start System, [in:] Solid State Phenomena, Vol. 210, 2014, pp. 245-251.,
DOI: http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.210.245

[12] Pawłowski Z., Badania nieniszczące, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Polskich, Warszawa, 1984. ISBN 8300009345

[13] Prauzner T., Zastosowanie programów symulacyjnych w nauczaniu przedmiotów technicznych, [in:] Prace Naukowe AJD, Edukacja Techniczna i Informatyczna, Częstochowa, 2006, s.121-128. ISBN 83-7098-966-7, ISSN 1897-4058

[14] Prauzner T., Ptak P., Rola i miejsce multimedialnych pomocy naukowych w edukacji technicznej, [in:] Edukacja – Technika – Informatyka, Wydawnictwo Oświatowe FOSHE, 1. wyd., Rzeszów, 2010, s. 34-38; ISSN 2080-9069. ISBN 978-83-7586-043-6.

[15] Prauzner, T., Ptak, P. Programy symulacyjne w inżynierii bezpieczeństwa, [in:] Journal of Technology and Information Education, Strategie technického vzdělávání v reflexi doby, Wydawnictwo Palacký University in Olomouc, Czechy 2011, s. 292-296, ISSN 1803-537X (print)

[16] Ptak P., Prauzner T., Wykorzystanie pakietu DasyLab w nauczaniu podstaw elektroniki, [in:] Edukacja. Studia, Badania, Innowacje, nr 02.2010, s. 159-164. ISSN:0239-6858

[17] Ptak P., Metodyka analizy sygnałów w pomiarach grubości warstw wierzchnich, [in:] Śląskie Wiadomości Elektryczne R.18 nr 4 (97) 2011, s.44-46. ISSN:1506-5758.
[18] Ptak P., Zastosowanie pakietów programowych Dasylab i LabView w dydaktyce przedmiotów technicznych, [in:] Technika a vzdelávanie, Banská Bystrica, 2013 nr 2, s. 79-81. ISSN 1338-9742
[19] Ptak P., Prauzner T., Zastosowanie programów komputerowych w dydaktyce przedmiotów technicznych, [in:] Journal of Technology and Information Education, nr 1/2011, s. 300-307. ISSN 1803-537X (print), ISSN 1803-6805 (on-line)
[20] Śliwiński A., Ultradźwięki i ich zastosowania, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa, 2001. ISBN 978-83-2042-567-3
[21] Wojas M., Wady wyrobów wykrywane metodami nieniszczącymi, Biuro Gamma, Warszawa, 2006. ISBN 8387848514
[22] Zloto, T., Ptak, P., Prauzner, T., Analysis of signals from inductive sensors by means of the DasyLab software. [in:] Annales UMCS Informatica, 2012, s. 31-37. ISSN:1732-1360
[23] Noga H., Metody socjometryczne w edukacji techniczno – informatycznej, Trendy ve vzděláváni 2009, Informaćni technologie a technické vzděláváni, Olomouc 2009.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 277–285

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.23

Czesław Puchała
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa,
e-mail: cz.puchala@ajd.czest.pl

ROLA *ZIELONEJ CHEMII* W DZIAŁANIACH NA RZECZ ZWIĘKSZENIA BEZPIECZEŃSTWA CHEMICZNEGO

Streszczenie. Postępująca, szczególnie od lat 30. ubiegłego wieku, chemizacja naszego życia stwarza poważne zagrożenia dla ludzi i środowiska naturalnego. Zagrożenia te pojawiają się na etapie produkcji, przetwarzania, transportu, magazynowania, użytkowania produktów chemicznych i powstawania odpadów. W związku z tym podejmowane są różnego rodzaju inicjatywy, mające na celu zwiększenie bezpieczeństwa chemicznego. Jedną z nich jest program zielonej chemii (ang. *Green Chemistry*), który powstał w 1991 roku. Koncepcja zielonej chemii opiera się na 12 zasadach, opracowanych przez Anastasa i Warnera. W działaniach zmierzających do zwiększenia bezpieczeństwa chemicznego ważną rolę odgrywa dziewięć z nich. Dotyczą one:

- zmniejszenia ryzyka wypadków chemicznych (zasada 12.),
- wykorzystania metod analitycznych umożliwiających ciągły monitoring produkcji (zasada 11.),
- prowadzenia mniej niebezpiecznych syntez chemicznych (zasada 3.),
- wytwarzania alternatywnych produktów chemicznych, zachowujących swoje funkcje, ale nietoksycznych (zasada 4.),
- stosowania bezpieczniejszych substancji pomocniczych (zasada 5.),
- zapobiegania tworzeniu zanieczyszczeń i odpadów (zasada 1.),
- projektowania syntez chemicznych z uwzględnieniem ekonomii atomowej (zasada 2.),
- preferowania reakcji katalitycznych (zasada 9.),
- produkcji materiałów chemicznych ulegających biodegradacji (zasada 10.).

Wykorzystanie wymienionych zasad zielonej chemii w działaniach na rzecz zwiększenia bezpieczeństwa chemicznego opisano w pracy. Aby przekonać się o stopniu znajomości zielonej chemii wśród studentów, przeprowadzono badania ankietowe. Jako narzędzie badawcze wykorzystano kwestionariusz ankiety, który zawierał pytania zamknięte i półotwarte. Uzyskane wyniki badań przeanalizowano w pracy.

Słowa kluczowe: zielona chemia, zagrożenia chemiczne, bezpieczeństwo chemiczne.

THE ROLE OF *GREEN CHEMISTRY* IN ACTIONS IN FAVOUR OF CHEMICAL SAFETY INCREASE

Abstract. Especially since the 1930', progressive chemicalization of our life causes serious threats for people and natural environment. Those threats appear on the level of production, processing, transport, storage, usage of chemical products and waste formation. As a consequence, different types of initiatives are undertaken to increase chemical safety. One of them is green chemistry program which was started in 1991. The concept of green chemistry is based on twelve principles developed by Anastas and Warner. In actions heading for chemical safety increase, nine of them play significant role. They refer to:

- risk reduction of chemical accidents (principle no. 12),
- usage of analytical methods enabling constant production monitoring (principle no. 11),
- conduct of less hazardous chemical synthesis (principle no. 3),
- production of alternative chemical products which will preserve their functions while being non-toxic (principle no. 4),
- usage of safer auxiliary substances (principle no. 5),
- prevention of pollution and waste formation (principle no. 1),
- designing of chemical synthesis with regard to atom economy (principle no. 2),
- prefer of catalytic reactions (principle no. 9),
- production of chemical products which undergo biodegradation (principle no. 10).

The usage of mentioned green chemistry principles in actions heading for chemical safety increase was described in the paper. In order to prove level of green chemistry knowledge, a survey among students was carried out. A questionnaire was used as a research tool. It included open and half-open questions. Obtained survey results were analysed in the paper.
Keywords: green chemistry, chemical threats, chemical safety.

Wprowadzenie

Chemia jest obecna w naszym życiu od czasów starożytnych, natomiast szerokie jej wykorzystanie obserwuje się od lat 30. XX wieku. Przez następne dekady trwała fascynacja osiągnięciami chemii i ich wdrożeniami do życia codziennego. Zwiększające się zapotrzebowanie na wyroby chemiczne stymulowało rozwój przemysłu chemicznego. Jednak produkcja i użytkowanie wyrobów chemicznych stały się przyczyną wielu zagrożeń dla ludzkiego zdrowia i środowiska naturalnego. Zagrożenia stwarza również ich transport, magazynowanie i powstałe po ich użytkowaniu odpady. W literaturze opisano przyczyny i konsekwencje licznych katastrof chemicznych. Seria tragicznych w skutkach poważnych awarii w sektorze chemicznym w latach siedemdziesiątych

i osiemdziesiątych ubiegłego wieku przyczyniła się do zmiany pozytywnego dotąd wizerunku chemii. Określenie „chemiczny" stało się odtąd synonimem niebezpieczeństwa [Emsley, 1996] i pozostało nim do dziś. Katastrofa w Seveso była inspiracją do podjęcia inicjatyw na rzecz zwiększenia bezpieczeństwa chemicznego.

Zasady zielonej chemii a bezpieczeństwo chemiczne

Szacuje się, że aktualnie liczba związków chemicznych znajdujących się w środowisku przekracza 65 mln, a zdecydowana większość z nich to związki pochodzenia antropogenicznego [Michalski, 2014]. Spośród tych związków spora część należy do niebezpiecznych. W pracy [Puchała, 2013] przybliżono działania zmierzające do zmniejszenia zagrożeń chemicznych. Jedną z takich inicjatyw jest program zielonej chemii (ang. *Green Chemistry*), który powstał ponad 20 lat temu. Zieloną chemię definiuje się jako projektowanie produktów i procesów, które zmieniają lub eliminują użycie i wytwarzanie niebezpiecznych substancji [Anastas i Warner, 1998]. Projektowanie to odbywa się na poziomie molekularnym, z uwzględnieniem faktu, że szkodliwość danego związku wynika z właściwości fizykochemicznych związanych z jego strukturą cząsteczkową (palność, wybuchowość, toksyczność, odporność na biodegradację) [Paryjczak i in., 2006]. Program zielonej chemii opiera się na 12 zasadach, które sformułowali Anastas i Warner [1998]. Dziewięć z tych zasad odnosi się bezpośrednio do działań zmierzających do podniesienia stanu bezpieczeństwa chemicznego.

Zgodnie z 12. zasadą zielonej chemii reagenty oraz sposoby ich wykorzystania w procesie chemicznym powinny być tak dobrane, aby w jak największym stopniu zmniejszyć ryzyko wypadków chemicznych, w tym wycieków niebezpiecznych substancji, wybuchów i pożarów. W przeszłości miały miejsce tragiczne zdarzenia z udziałem substancji chemicznych, podczas których dochodziło do wycieku niebezpiecznych substancji (np. w 1984 roku w Bhopalu), wybuchów (np. w 2001 roku w Tuluzie) i pożarów (np. w 1986 roku w Schweizerhalle k. Bazylei). W wielu przypadkach wymienione typy zagrożeń występują jednocześnie. Katastrofę w Bhopalu (Indie) uznać należy za największą na świecie. Przez nieszczelności uwolniło się ok. 40 ton metyloizocyjanianu [Shrivastava, 1987]. W katastrofie poniosło śmierć ponad 3800 osób, a kilka kolejnych tysięcy zmarło po pewnym czasie [Kowalski, 2008]. W 2001 roku w zakładach AZF firmy Grande Paroisse w Tuluzie (Francja) doszło do wybuchu azotanu(V) amonu o sile 30 – 40 ton (w przeliczeniu na ekwiwalent TNT), który spowodował trzęsienie ziemi o sile 3,4 w skali Richtera. Zginęło 30 osób, 2242 zostało rannych, a straty sięgały 1,5 mld euro [Gajek i in., 2014]. W 1986 roku w magazynach firmy Sandoz w Schweizerhalle k. Bazylei (Szwajcaria),

w których znajdowało się ok. 680 ton pestycydów, doszło do pożaru. Użyta do gaszenia woda została zanieczyszczona pestycydami i insektycydami, a następnie przedostała się do Renu. W efekcie życie biologiczne w rzece na odcinku 400 km zostało zniszczone [Michalik, 2008].

Postęp chemii analitycznej sprawił, że stało się możliwe wykrywanie minimalnych stężeń substancji toksycznych, z obecności których wcześniej często nie zdawano sobie sprawy. O postępie tym świadczy porównanie wykrywalności substancji. W latach 60. ubiegłego wieku wykrywano substancje na poziomie miligramów, w latach 80. na poziomie mikrogramów, a obecnie wykrywa się substancje na poziomie nanogramów, a nawet pikogramów [Michalski, 2014]. Według 11. zasady zielonej chemii niezbędne jest rozwijanie analitycznych metod „w czasie rzeczywistym", umożliwiających ciągły monitoring produkcji, w aspekcie zapobiegania powstawaniu niebezpiecznych substancji.

W procesach chemicznych stosowane są często niebezpieczne reagenty (np. cyjanowodór, fosgen, fluorowodór, chlor i związki chloroorganiczne). W myśl 3. zasady zielonej tam, gdzie to tylko możliwe, syntezy chemiczne powinny być przeprowadzane z udziałem reagentów i materiałów nietoksycznych lub o nieznacznej toksyczności dla ludzkiego zdrowia i środowiska naturalnego.

Czwarta zasada zielonej chemii głosi, że powinno się dążyć do wytwarzania produktów alternatywnych, które zachowując swoje funkcje (np. lecznicze lub owadobójcze), są nietoksyczne. Jako przykłady mogą służyć surfaktanty i biopestycydy. Niezwykle rozpowszechnione w użyciu są rozpuszczalniki organiczne (np. toluen, ksylen, formaldehyd, benzen, aceton), które stosuje się nie tylko w procesach technologicznych i laboratoriach chemicznych, ale także w życiu codziennym. Wpływają one niekorzystnie na organizmy żywe i środowisko naturalne. W myśl 5. zasady zielonej chemii substancje pomocnicze (np. rozpuszczalniki) powinny być wyeliminowane, a tam, gdzie to możliwe, należy stosować substancje nieszkodliwe. Rozpuszczalnikami spełniającymi wymogi zielonej chemii są ciecze jonowe [Pernak, 2010] i płyny nadkrytyczne [Burczyk, 2006].

Jedną z ilościowych miar zielonej chemii jest czynnik środowiskowy E (E -factor), który określa masę odpadów (w kg) przypadającą na 1 kg produktu finalnego. Odpady stanowią dziś poważny problem. O skali problemu świadczy porównanie czynnika E dla różnych gałęzi przemysłu. Otóż w procesach przeróbki ropy naftowej wartość czynnika środowiskowego zawiera się między 0,1 - 1, dla produkcji masowych chemikaliów 1 - 5, dla produkcji *fine chemicals* 5 - 50, natomiast w przemyśle farmaceutycznym waha się od 25 do 100 [Paryjczak i in., 2005]. Pierwsza i druga zasada zielonej chemii pokazują, jak można rozwiązywać problem odpadów. Zasada 1. mówi, że lepiej zapobiegać tworzeniu zanieczyszczeń i odpadów, niż je unieszkodliwiać. Według zasady 2. syntezy powinny być projektowane w taki sposób, aby do końcowego produktu wprowadzić jak najwięcej materiałów wyjściowych (ekonomia atomowa). Realizacja

syntez zgodnie z tą zasadą pozwoli na wyeliminowanie lub ograniczenie produktów ubocznych dzięki wkomponowaniu jak największej ilości atomów pochodzących z wyjściowych reagentów do produktu.

Zgodnie z 9. zasadą zielonej chemii reakcje katalityczne powinny być przedmiotem preferencji. Katalizę uważa się za „filar zielonej chemii". T. Paryjczak i A. Lewicki [2006] dokonali przeglądu zastosowań katalizy z punktu widzenia zielonej chemii. Zakres ten jest obszerny i obejmuje:

- katalityczne oczyszczanie spalin samochodowych,
- katalityczne spalanie paliw,
- katalityczne usuwanie lotnych związków organicznych,
- katalityczne unieszkodliwianie związków chloroorganicznych,
- biokatalizę.

Postępując zgodnie z 10. zasadą zielonej chemii, należy dążyć do produkcji materiałów chemicznych ulegających biodegradacji po zużyciu do nieszkodliwych produktów. Zasady zielonej chemii ukazały się w języku polskim w wielu pracach (np. Paryjczak i in., 2005).

Badania znajomości tematyki zielonej chemii

Celem badań było określenie stopnia znajomości tematyki związanej z zieloną chemią przez studentów kierunku *biotechnologia* i porównanie ich wyników z wcześniejszymi badaniami dla kierunków: *chemia* i *ochrona środowiska* w Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie. Materiał badawczy stanowiły dane ankietowe pochodzące z badań 155 studentów. Jako technikę zastosowano ankietę, a narzędziem badawczym był kwestionariusz, który składał się z pytań zamkniętych, półotwartych i jednego otwartego. Przedstawione w tym artykule wyniki stanowią kontynuację wcześniejszych badań [Puchała, 2012]. Pierwsze pytanie ankietowe brzmiało: *Jakie ma Pan/Pani skojarzenia z chemią i jej produktami?*. Najwięcej studentów odpowiedziało, że niejednoznaczne, gdyż chemia i jej produkty są potrzebne w życiu, ale mogą także szkodzić (podpunkt b w tabeli 1). Odpowiedź: *pozytywne, gdyż wykorzystanie chemii w życiu podniosło jego poziom* (a w tabeli 1) wybrało 22,0% studentów kierunku *chemia* i znacznie mniej pozostałych dwóch kierunków. Najwięcej negatywnych skojarzeń z chemią i jej produktami mieli studenci ochrony środowiska (c w tabeli 1). Ostatnia możliwość (e) pozwalała na swobodną wypowiedź na wymienione wcześniej pytane.

Tab. 1. Wyniki odpowiedzi na pytanie 1

Odpowiedź	Wyniki (%) biotechnologia	Wyniki (%) chemia	Wyniki (%) ochrona środowiska
a	9,5	22,0	5,9
b	87,3	73,1	82,3
c	1,6	4,9	11,8
d	0	0	0
e	1,6	0	0

Odpowiadając na pytanie 2., należało wskazać miejsce, które zajmuje według statystyk przemysł chemiczny w zanieczyszczaniu środowiska naturalnego. Najwięcej studentów kierunku chemii i ochrony środowiska wskazało na 2. miejsce, ale w zestawieniach statystycznych przemysł chemiczny znajduje się na 3. pozycji. Daje tu o sobie znać negatywny wizerunek chemii, który kreują m.in. środki masowej informacji. Natomiast 38,1% studentów kierunku *biotechnologia* przyznało, że tego nie wie. Na pytanie: *Czy wyobraża sobie Pan/Pani życie bez żadnych wyrobów chemicznych?* „nie" odpowiedziało 58,5% studentów chemii, 49,2% studentów biotechnologii i 37,2% studentów ochrony środowiska.

Wszyscy ankietowani studenci kierunku chemii spotkali się z terminem „zielona chemia", 86,3% studentów ochrony środowiska i 84,1% studentów biotechnologii. Następnie studenci mieli napisać, jak rozumieją termin „zielona chemia". Odpowiedzi były bardzo różne, a najczęściej studenci kojarzyli zieloną chemię jako bezpieczną dla środowiska. W pytaniu 5. należało zaznaczyć kiedy pojawił się termin „zielona chemia". Prawidłowego wyboru dokonała ponad połowa studentów chemii i ochrony środowiska, a w przypadku studentów biotechnologii nieco ponad 30%. Wyniki odpowiedzi na pytanie: *Które z wymienionych określeń są synonimami zielonej chemii*? przedstawiono w tabeli 2. Studenci mogli wybrać: chemię barwników (podpunkt a w tabeli), chemię dla rolnictwa (b), chemię przyjazną dla środowiska (c) i czystą chemię (d). Dwie ostatnie odpowiedzi były poprawne. Suma odpowiedzi w każdej kolumnie tabeli 2 przekracza 100%, gdyż możliwy był wybór więcej niż 1 odpowiedzi.

Tab. 2. Wyniki odpowiedzi na pytanie 6

Odpowiedź	Wyniki (%) biotechnologia	Wyniki (%) chemia	Wyniki (%) ochrona środowiska
a	6,3	4,9	2,0
b	38,1	14,6	17,6
c	84,1	82,9	94,1
d	60,3	63,4	56,9

W pytaniu 7 należało wskazać, na czym polega idea zielonej chemii, a możliwości były następujące:

a) na stosowaniu jedynie naturalnie pozyskiwanych barwników i ograniczeniu stosowania barwników syntetycznych,
b) na projektowaniu produktów i procesów chemicznych minimalizujących użycie i wytwarzanie niebezpiecznych substancji,
c) na genetycznej modyfikacji roślin w celu ulepszenia ich właściwości,
d) na propagowaniu żywności pozbawionej syntetycznych dodatków chemicznych.

Wyniki zamieszczono w tabeli 3.

Tab. 3. Wyniki odpowiedzi na pytanie 7

Odpowiedź	Wyniki (%) biotechnologia	Wyniki (%) chemia	Wyniki (%) ochrona środowiska
a	17,5	0	15,7
b	82,5	87,8	80,4
c	0	2,4	0
d	0	9,8	3,9

Odpowiadając na następne pytanie, 52,9% studentów kierunku *ochrona środowiska* stwierdziło, że zielona chemia zdecydowanie może przyczynić się do ochrony środowiska. W przypadku studentów chemii opinię taką wyraziło 48,8%, a w przypadku studentów biotechnologii 42,3%. Ponad 95% studentów kierunku *biotechnologia* jest zdania, że zielona chemia może być wykorzystywana w biotechnologii.

Ostatnie pytanie dotyczyło sposobów propagowania zielonej chemii. Studenci mogli wybrać więcej niż 1 odpowiedź spośród poniższych (wyniki w tabeli 4):

a) należy rozpowszechniać wiedzę o zielonej chemii wśród pracowników przemysłu chemicznego,
b) zielona chemia powinna być przedmiotem nauczania na studiach chemicznych,
c) informacje o zielonej chemii powinny być obecne w massmediach,
d) nie ma takiej potrzeby,
e) inne.

Tab. 4. Wyniki odpowiedzi na pytanie 10

Odpowiedź	Wyniki (%) biotechnologia	Wyniki (%) chemia	Wyniki (%) ochrona środowiska
a	76,2	80,5	56,9
b	61,9	65,9	51,0
c	85,7	85,4	76,5
d	0	4,9	2,0
e	0	0	2,0

Suma odpowiedzi w każdej kolumnie tabeli 4 przekracza 100%, gdyż można było wybrać więcej niż 1 odpowiedź.

Podsumowanie

Zastosowanie zasad zielonej chemii zwiększa bezpieczeństwo chemiczne, o czym świadczą przytoczone w pracy przykłady. Pierwszym krokiem w tym kierunku jest znajomość programu zielonej chemii. Dotyczy to nie tylko decydentów, pracowników nauki, inżynierów, studentów, ale także szerokich kręgów społeczeństwa. W pracy przedstawiono wyniki badań dotyczących znajomości tematyki zielonej chemii wśród studentów. Poziom tej znajomości należy ocenić jako zadowalający.

Literatura

[1] Anastas P.T., Warner J.C., Green Chemistry: Theory and Practice, Oxford University Press, New York 1998.
[2] Burczyk B., Zielona chemia. Zarys, Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2006.
[3] Emsley J.E., Przewodnik po chemii życia codziennego, Wyd. Prószyński i S-ka, Warszawa 1996.
[4] Gajek A., Gałkowska O., Zatorski W., Poważne awarie przemysłowe w przemyśle nawozowym – na przykładzie awarii w Tuluzie, Chemik, 68, 3, 2014, s. 235 – 240.
[5] Kowalski M., Katastrofy antropogeniczne [w:] Batura W. (red.) Katastrofy i zagrożenia we współczesnym świecie, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 2008, s.84-97.
[6] Michalik J.S., Poważne awarie przemysłowe [w:] Koradecka D. (red.) Bezpieczeństwo i higiena pracy, CIOP-PIB, Warszwa 2008, s.527-551.
[7] Michalski R., Nowe wyzwania w analityce chemicznej, Laborant, nr 2, 2014, s.46 – 50.
[8] Paryjczak T., Lewicki A., Zaborski M., Zielona chemia, Oddział PAN w Łodzi, Komisja Ochrony Środowiska, Łódź 2005.
[9] Paryjczak T., Lewicki A., Kataliza w zielonej chemii, Przemysł Chemiczny, 85/2, 2006, s. 85-95.
[10] Pernak J., Ciecze jonowe jako związki wielofunkcyjne, Przemysł Chemiczny, t.89, nr 11, 2010, s.1499-1503.
[11] Puchała Cz., International action on chemical threats reduction [w:] Cieśla P., Nodzyńska M., Stawoska I. (red.) Chemistry Education in the Light of the Research. Pedagogical University: Kraków; 2012, 111-113.
[12] Puchała Cz., Przegląd działań zmierzających do zmniejszenia zagrożeń chemicznych, Prace Naukowe Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie - Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa, t. I, 2013, s. 171-181.
[13] Shrivastava P., Preventing industrial crises: the challenges of Bhopal, International Journal of Mass Emergencies and Disasters, vol. 5, nr 3, 1987, s. 199 -221.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 287–296

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.24

Krzysztof Radwan
Wojewódzki Sztab Wojskowy w Katowicach
ul. Francuska 30, 40-028 Katowice

ZARZĄDZANIE A DOWODZENIE W SYTUACJACH KRYZYSOWYCH NA OBSZARZE ODPOWIEDZIALNOŚCI SZEFA WOJEWÓDZKIEGO SZTABU WOJSKOWEGO

Streszczenie. Niniejszy artykuł jest poświęcony problematyce zarządzania i dowodzenia w sytuacjach kryzysowych na obszarze odpowiedzialności Szefa Wojewódzkiego Sztabu Wojskowego (WSzW). W pierwszej części niniejszego artykułu omówiono funkcje zarządzania w kontekście zadań szefa WSzW oraz przywołano podstawy prawne zarządzania kryzysowego. Drugą część artykułu poświęcono rozważaniom dotyczącym dowodzenia w kontekście zarządzania oraz przedstawiono podstawy prawne dowodzenia siłami zbrojnymi w sytuacjach kryzysowych.
Słowa kluczowe: zarządzanie, dowodzenie, sytuacje kryzysowe, unormowania prawne, Szef Wojewódzkiego Sztabu Wojskowego.

A COMMAND MANAGEMENT CRISIS IN THE HEAD OF LIABILITY VOIVODSHIP MILITARY STAFF

Abstract. This article is dedicated to the management issues and command in a crisis in the area of responsibility of the Provincial Chief of Military Staff (WSS). In the first part of this article was discussed the management functions in the context of the boss WSS tasks and there was quoted the legal basis for crisis management. The second part of the article was devoted to elaborate on command in the context of the management and presented the legal basis of command of the armed forces in crisis situations.
Keywords: management, leadership, emergencies, legal regulations, the Provincial Chief of the Military Staff.

Wprowadzenie

W literaturze do niedawna terminem „zarządzanie" określano relacje społeczne występujące między zarządzającymi i zarządzanymi, czyli przełożonymi i podwładnymi. W procesie zarządzania uczestniczą więc przynajmniej dwie osoby (przełożony i podwładny). W szczegółowym ujęciu zarządzanie polega na podejmowaniu decyzji, koordynowaniu działalności podwładnych, ich motywowaniu do efektywnej pracy i kontroli uzyskiwanych rezultatów. Istotną cechą zarządzania jest także to, iż zmierza ono do realizacji założonych celów przez działanie innych osób (podwładnych). Wg przyjmowanych obecnie ustaleń terminologicznych zarządza się zarówno ludźmi, jak i wszystkimi pozostałymi elementami procesów gospodarczych. Oprócz pojęcia zarządzanie używa się terminu kierowanie. Wyjaśniając różnicę między tymi pojęciami, można w uproszczeniu stwierdzić, iż kierowanie jest synonimem pojęcia zarządzanie. Jednakże kierowanie występuje na wyższych szczeblach struktury organizacyjnej i wymaga większego wkładu pracy koncepcyjnej (myślowej). W interpretacji administracyjnej zarządzania na pierwszy plan wysuwa się system autorytetów. Przez autorytet rozumie się tu: potwierdzone prawnie pełnomocnictwo do wydawania decyzji kierowniczych. W ramach interpretacji administracyjnej zarządzania akcentuje się więc proces sprawowania władzy. Sprawność tego procesu traktuje się jako rezultat racjonalności alokacji uprawnień władczych pomiędzy różnymi szczeblami struktury organizacyjnej instytucji.

Funkcje zarządzania oraz podstawy prawne w kontekście działalności Szefa Wojewódzkiego Sztabu Wojskowego (WSzW)

W procesie zarządzania można wyodrębnić kilka podstawowych grup czynności składających się na ten proces. Działania te układają się w logiczny ciąg funkcji zarządzania, do których należą:

- przewidywania lub planowanie – każdy, kto ma podwładnych, najpierw musi przewidywać. Proces ten odzwierciedla się szczególnie w prognozowaniu, czy przewidywaniu zagrożeń w rejonie odpowiedzialności Szefa WSzW;
- organizowanie – w tym wypadku działalność Szefa WSzW polega na wykonywaniu czynności mających na celu powiązanie różnorodnych działań żołnierzy zawodowych oraz pracowników wojska w określone bardziej lub mniej trwałe zespoły działań. W ten sposób tworzy on określone jednostki zadaniowe, czyli stanowiska, komórki, piony organizacyjne, oraz zleca im zadania i obowiązki, przyznaje uprawnienia decyzyjne. Istotne jest, aby merytoryczne zakresy obowiązków, uprawnień i odpo-

wiedzialności były na każdym stanowisku dokładnie takie same. Funkcja organizowania w zarządzaniu polega więc na kształtowaniu struktur organizacyjnych, a ponadto na organizowaniu pracy zespołów ludzkich. Na szczeblu WSzW w sytuacji kryzysowej powołuje się Zespół Wzmocnienia Służby Oficera Dyżurnego WSzW, który funkcjonuje w oparciu o opracowaną „Instrukcję" i „Stałe Operacyjne Procedury (SOP)". Zespół Wzmocnienia, zwany skrótowo „WZMOCNIENIEM", jest organem wykonawczym Szefa Wojewódzkiego Sztabu Wojskowego powoływanym do oceny zagrożeń, analiz zaistniałych sytuacji kryzysowych oraz przygotowania propozycji ich rozwiązań w ramach wsparcia procesu decyzyjnego Szefa WSzW. WZMOCNIENIE stanowi integralny element Systemu Zarządzania Kryzysowego Sił Zbrojnych RP. W sytuacjach kryzysowych WZMOCNIENIE służby Oficera Dyżurnego WSzW koordynuje działaniami „Wzmocnień WKU" i wydzielanymi siłami jednostek wojskowych do działań ratowniczych na obszarze odpowiedzialności;

- motywowanie - funkcja ta polega na pracy Szefa WSzW z podwładnymi dla osiągnięcia określonych celów. Skuteczność działań przełożonego zależy w znacznym stopniu od umiejętności realizacji funkcji motywowania. W procesie motywowania przełożeni stosują instrumenty motywacji materialnej (pozytywne i negatywne) oraz motywacji niematerialnej (pozytywne i negatywne);
- kontrola - istotą jest porównywanie stanu rzeczywistego z zaprojektowanym wzorcem oraz ustalenie odchyleń od wzorca i ich przyczyn. Kontrola zapewnia wystąpienie sprzężeń zwrotnych w zarządzaniu i stanowi punkt wyjścia do opracowania nowych koncepcji działania w ramach nowego cyklu procesu zarządzania. Stały nadzór i kontrola Szefa WSzW nad podległymi jednostkami (sztabem WSzW oraz WKU) wynika z jego zakresu kompetencji.

Powyższe funkcje zarządzania mają swoje odzwierciedlenie, przełożenie na zarządzanie w sytuacjach kryzysowych w każdych jej fazach (zapobieganie, przygotowanie, reagowanie oraz odtwarzanie – odbudowa).

Uregulowania prawne w zakresie zarządzania w sytuacjach kryzysowych w większości są rozproszone i dotyczą źródeł praw, począwszy od konstytucji, również ratyfikowane umowy międzynarodowe, stosowne ustawy, a także akty wykonawcze, jak również akty prawa miejscowego, niemniej jednak za najważniejsze, moim zdaniem, należy uznać:

- Konstytucja Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 2 kwietnia 1997 r.;
- Ustawa o zarządzaniu kryzysowym (Obwieszczenie Marszałka Sejmu Rzeczypospolitej Polskiej z dnia 7 sierpnia 2013 r. w sprawie ogłoszenia jednolitego tekstu ustawy o zarządzaniu kryzysowym);

- Ustawa z dnia 21 listopada 1967 r. o powszechnym obowiązku obrony Rzeczypospolitej Polskiej;
- Ustawa z dnia 6 kwietnia 1990 r. o Policji;
- Ustawa z dnia 8 października 1991 r . o Państwowej Straży Pożarnej;
- Ustawa z dnia 24 sierpnia 2001 r. o Żandarmerii Wojskowej i wojskowych organach porządkowych;
- Ustawa z dnia 18 kwietnia 2002 r. o stanie klęski żywiołowej;
- Ustawa z dnia 21 czerwca 2002 r. o stanie wyjątkowym;
- Zarządzenie Nr 74 Prezesa Rady Ministrów z dnia 12 października 2011 r. w sprawie wykazu przedsięwzięć i procedur systemu zarządzania kryzysowego.

Dowodzenie a zarządzanie w sytuacjach kryzysowych. Podstawy prawne dowodzenia siłami zbrojnymi w sytuacjach kryzysowych

W Nowej encyklopedii PWN [4, s. 388] odnajdujemy, iż zarządzanie definiowane jest jako „szczególny sposób kierowania działalnością ludzi zatrudnionych w podmiotach gospodarczych, obejmujących tworzenie, kontrolę oraz ciągłe dostosowanie reguł postępowania (norm, planów, instrukcji itp.) w danym przedsiębiorstwie (zakładzie, dziale, filii) do aktualnych potrzeb". W polskiej praktyce zarządzanie „Jest to kierowanie złożonymi systemami ekonomicznymi przez wyspecjalizowany zespół zarządzający lub osobę, polegające na ustalaniu celów strategicznych zarządzanej organizacji jako całości, oraz środków i metod niezbędnych do ich osiągania w warunkach konkurencyjnego otoczenia. Realizację celów strategicznych zapewniają prognozy zmian w otoczeniu, programowanie czynności i procesów wykonawczych, koordynacja funkcjonowania struktur systemu oraz kontrola realizacji założeń strategicznych. Kończy się ona odpowiednimi wnioskami oraz bodźcami pozytywnymi, czy sankcjami, stosowanymi do grup lub osób odpowiedzialnych za wykonanie poszczególnych segmentów programu. Funkcje zarządzania wykonują specjaliści nazywani menedżerami" [10, s. 379]. Zatem można przyjąć, iż zarządzanie w szerokim ujęciu występuje we wszystkich dziedzinach działalności ludzkiej. Mo ono duże znaczenie w zarządzaniu gospodarką narodową. Szczególnym rodzajem zarządzania jest zarządzanie w wojsku. W ujęciu Michniaka [3] „Zarządzanie w wojsku to działalność kierownicza polegająca na ustalaniu celów i powodowania ich realizacji w obrębie struktur organizacyjnych systemu dowodzenia, a przede wszystkim w produkcji (zabezpieczeniu) usług sztabowych, a również w szkoleniu itp." [3, s. 14].

Co się zaś tyczy dowodzenia, to dowodzenie było i jest immanentną częścią zarządzania, pożądaną do stosowania w warunkach szczególnych, kiedy szybkość i waga znaczeniowa podejmowanych reakcji przesłaniają groźbę zagrożenia życia i zdrowia uczestników akcji, a aktem przymusu wykonawczego staje się decyzja wydawana z mocą rozkazu. W ujęciu słownikowym dowodzić:

1) Jeśli ktoś dowodzi oddziałem wojska lub jego działaniem, to sprawuje zwierzchnictwo nad tym oddziałem i jest odpowiedzialny za jego działanie i organizację.
2) Jeśli ktoś dowodzi grupą ludzi, to kieruje nią na sposób wojskowy [2, s. 311].

Jak podaje Michniak, „Dowodzenie jest podstawową formą kierowania wojskami, opartą na uprawnieniu do kompleksowego kształtowania wszystkich elementów gotowości i zdolności bojowej […] podległych żołnierzy, a wiec wszechstronnego przygotowania ich w czasie pokoju do wszelkiego rodzaju działań i do kierowania nimi podczas realizacji w okresie pokoju, kryzysu i wojny" [3, s. 17].

Dowodzenie, ze względu na zakres nacisku wykonawczego wynikającego z istoty rozkazów, można porównywać tylko z rządzeniem, które sankcjonowane jest legalnym przymusem, zatem bardzo istotne w fazie reagowanie, oraz odtwarzanie – odbudowy w zarządzaniu kryzysowym.

Rozkaz w dowodzeniu również jest sankcjonowany legalnym przymusem, z tą tylko różnicą, że z większym rygorem. Istota tego wynika z przeznaczenia organizacji, których działanie może się odbywać w warunkach zagrożenia życia lub zdrowia. Dotyczy to wojska, policji, straży pożarnej, straży miejskich itp. W innych organizacjach każdy ma prawo do odmówienia wykonania polecenia, bez ponoszenia negatywnych konsekwencji z tego tytułu, jeśli jego realizacja zagraża życiu lub zdrowiu, co jest niedopuszczalne w przypadku otrzymania rozkazu.

Faktem też jest, że żadna organizacja militarna nie może efektywnie funkcjonować tylko na podstawie zarządzania zdeterminowanego rozkazodawstwem, ograniczającym siłą rzeczy kreatywność wykonawczą potencjału ludzkiego. Musi być ono racjonalnie zespalane z łagodniejszymi formami oddziaływania. Innymi słowy, dowodzić powinno się tylko wówczas i w takim zakresie, kiedy jest to niezbędne. W pozostałych okresach powinno się zarządzać. Nieuwzględnianie tej reguły prowadzi również do deprecjacji rozkazodawstwa, co w warunkach rzeczywistych konieczności może powodować bardzo negatywne następstwa. Zdarza się też i tak, że hierarchizacja wynikająca z zewnętrznych oznak ubioru jest utożsamiana z nadmierną hierarchizacją struktur organizacyjnych, co w żadnym stopniu nie pokrywa się z rzeczywistością. Istniejące obecnie organizacje militarne i im podobne mają zwykle bardzo elastyczne struktury macierzowe, dostosowane do szybkiego wydzielania i zestawiania, w miarę pojawiających się potrzeb, różnych konfiguracji wyko-

nawczych, zdolnych do szybkiego i skutecznego podejmowania działań. Podobnie dzieje się z podejmowaniem realizacji projektów w dobrze funkcjonujących organizacjach cywilnych, z tą jednak różnicą, że w militarnych dzieje się to szybciej [1, s. 27].

Zatem, przy tak postawionym problemie zawartym w tytule artykułu, powstają następujące pytania:

1. Kiedy zarządzamy, a kiedy dowodzimy w sytuacjach kryzysowych w odniesieniu do Szefa Wojewódzkiego Sztabu Wojskowego?
2. Jakie są podstawy prawne dowodzenia w odniesieniu do Szefa Wojewódzkiego Sztabu Wojskowego?

Odpowiedzi na punkt pierwszy odnajdujemy w części wstępnej artykułu, przyjmując, że dowodzenie jest integralną częścią zarządzania, niemniej jednak ma swoją specyfikę wynikającą z rządzenia zgodnie z uregulowaniami wynikającymi z przepisów prawa. Odpowiedź na punkt 2 zamieszam w rozważaniach poniżej.

Z racji omawianej problematyki w zarządzaniu kryzysowym terenowymi organami administracji wojskowej (w prezentowym przypadku Szef WSzW) szczególną uwagę poświecę organom administracji niezespolonej w województwie. W załączniku do ustawy o administracji rządowej w województwie wymieniono organy administracji niezespolonej m.in: szefów wojewódzkich sztabów wojskowych, wojskowych komendantów uzupełnień. Za tworzeniem takiego wyodrębnionego systemu administracyjnego przemawiają bądź względy operatywnego i jednolitego zarządzania w skali kraju (np. administracja wojskowa), bądź względy terytorialne, gdy działania w granicach określonych w zasadniczym podziale terytorialnym kraju będą nieracjonalne. Organami administracji niezespolonej są terenowe organy administracji rządowej podporządkowane właściwemu ministrowi, a także kierownicy państwowych osób prawnych i kierownicy innych państwowych jednostek organizacyjnych wykonujących zadania z zakresu administracji rządowej na obszarze województwa [5, s. 69, 87-93]. Ustanowienie organów administracji niezespolonej może następować wyłącznie w drodze ustawy i pod warunkiem, że jest to uzasadnione ogólnopaństwowym charakterem wykonywanych zadań lub terytorialnym zasięgiem działania, przekraczającym obszar jednego województwa.

W organizacji administracji wojskowej funkcjonują organy wojskowe, które są wyodrębnionymi pod względem organizacyjnym i kompetencyjnym elementami aparatu wojskowego (instytucja centralna, dowództwo, terenowy sztab wojskowy, komenda, itp.) wykonującymi określone funkcje kierownicze w procesie dowodzenia i zarządzania siłami zbrojnymi lub w innej dziedzinie działalności resortu obrony narodowej, a także osoby funkcyjne kierujące jednostką organizacyjną sił zbrojnych (m.in. dowódcy, szefowie, komendanci). Wszystkie organy administracji wojskowej mogą wykonywać funkcje administracji, jednakże do prowadzenia działalności w tej dziedzinie są uprawnione te

tylko, które dopuszczone do tego zostały ustawą lub wydanym na jej podstawie aktem wykonawczym. Tak rozumiane ograny wojskowe, z przypisanymi kompetencjami, korzystają z prawnych środków władczego działania [6, s. 37].

Charakterystyczną cechą organów administracji wojskowej jest również to, że uprawnione zostały do sprawowania funkcji dowódczych, uprawniających je do wydawania rozkazów i ich egzekwowania za pomocą przysługujących im środków przymusu państwowego. Do środków tych zaliczamy w szczególności: prawo karania dyscyplinarnego, wymuszenie posłuszeństwa, wnioskowanie ścigania przestępstw swoich podwładnych.

Kluczowym dokumentem dającym podstawy prawne użycia SZ RP w sytuacji kryzysowej jest ustawa z dnia 21 listopada 1967 r. o powszechnym obowiązku obrony Rzeczypospolitej Polskiej, która dopuszcza możliwość użycia Sił Zbrojnych RP do realizacji zadań z zakresu zarządzania kryzysowego w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowej o charakterze niemilitarnym oraz prowadzenia działań z zakresu ratownictwa. Powyższe zadania określone są przepisami art. 3. ust. 2., który stanowi że: „Siły Zbrojne mogą ponadto brać udział w zwalczaniu klęsk żywiołowych i likwidacji ich skutków, działaniach antyterrorystycznych i z zakresu ochrony mienia, akcjach poszukiwawczych oraz ratowania lub ochrony zdrowia i życia ludzkiego, oczyszczaniu terenów z materiałów wybuchowych i niebezpiecznych pochodzenia wojskowego oraz ich unieszkodliwianiu, a także w realizacji zadań z zakresu zarządzania kryzysowego".

Kolejna to ustawa z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym, która stwierdza:

- Art. 25.1. Jeżeli w sytuacji kryzysowej użycie innych sił i środków jest niemożliwe lub może się okazać niewystarczające, o ile inne przepisy nie stanowią inaczej, Minister Obrony Narodowej, na wniosek wojewody, może przekazać do jego dyspozycji pododdziały lub oddziały Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej, zwane dalej „oddziałami Sił Zbrojnych", wraz ze skierowaniem ich do wykonywania zadań z zakresu zarządzania kryzysowego;
- Art. 25.7. Zadania dla oddziałów Sił Zbrojnych organy administracji państwowej przekazują wyłącznie ich dowódcom;
- Art. 25.8. Dowodzenie oddziałami Sił Zbrojnych odbywa się na zasadach określonych w regulaminach wojskowych i według procedur obowiązujących w Siłach Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej;
- Szef Wojewódzkiego Sztabu Wojskowego swoje działania (dowodzenie) w zakresie zarządzania kryzysowego opiera również na dokumentach normatywnych wydanych w RON:
- decyzji Nr Z-1/MON z dnia 3 stycznia 2014 r. w sprawie Systemu Zarządzania Kryzysowego RON [7];

- decyzji nr 83/MON Ministra Obrony Narodowej z dnia 18 marca 2014 r. w sprawie trybu postępowania przy wydzielaniu dodatkowych sił i środków Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej w sytuacjach przewidzianych w przepisach odrębnych [8];
- Zarządzenia Nr 1/MON z dnia 16 stycznia 2014 w sprawie Zespołu Zarządzania Kryzysowego MON [9];
- Rozkaz Dowódcy Operacyjnego RSZ nr 13 z dnia 22 stycznia 2014 r.;
- Wytyczne Szefa Sztabu DO RSZ z dnia 22 stycznia 2014 r.
- Plan Zarządzania Kryzysowego MON.

W myśl przytoczonych przepisów SZ RP utrzymują swoją dotychczasową rolę w systemie zarządzania kryzysowego kraju, tj. rolę wspierającą w przypadku wyczerpania zdolności układu pozamilitarnego do przeciwdziałania powstałej sytuacji kryzysowej. Ma to swoje odzwierciedlenie w Krajowym Planie Zarządzania Kryzysowego.

Przepisy resortowe przewidują możliwość wydzielania dodatkowych sił i środków SZ RP do realizacji zadań w różnego rodzaju sytuacjach kryzysowych i nadzwyczajnych. Decyzję o wydzieleniu takich sił i środków podejmuje zawsze Minister Obrony Narodowej. Przewidując, że wydanie przedmiotowej decyzji będzie zazwyczaj następowało w sytuacjach nagłych i będzie wymagało dokonania odpowiednich uzgodnień w zakresie sił i środków, które mogą być dodatkowo wydzielone przez Dowódcę Generalnego Rodzajów Sił Zbrojnych, konieczne jest wprowadzenie procedury gwarantującej szybkie jej podjęcie.

Właściwym organem w kierowaniu akcją w sytuacji kryzysowej jest wojewoda/starosta/wójt (w zależności od skali sytuacji), a wydzielone jednostki SZ RP są wspierającymi organa administracji publicznej i ich służby. Dodatkowo Dowódca Operacyjny RSZ został upoważniony przez Ministra ON do podejmowania decyzji o aktywacji sił i środków SZ RP ujętych w Planie Zarządzania Kryzysowego MON do wsparcia administracji publicznej. Upoważnienie ma na celu maksymalne skrócenie czasu reakcji SZ RP na ewentualny wniosek wojewody. W zależności od skali i rodzaju sytuacji kryzysowej Dowódca Operacyjny RSZ może podjąć decyzję o utworzeniu Wojskowych Zgrupowań Zadaniowych, które będą realizowały zadania w obszarach przytoczonego art. 25 ust. 2 ustawy o zarządzaniu kryzysowym. Tak też postępuje, gdyż najczęściej siły i środki wydzielane są z różnych jednostek, a utworzenie zgrupowania zadaniowego usprawnia proces dowodzenia podczas realizacji zadań.

Podsumowanie

W podsumowaniu należy stwierdzić, że udział szefa WSzW w zarządzaniu w obszarze realizacji zadań z zakresu zarządzania kryzysowego w województwie (faza: zapobieganie, przygotowanie) będzie realizowany jako organ doradczy poprzez: uczestniczenie w pracach wojewódzkiego zespołu zarządzania kryzysowego, uczestniczenie w planowaniu użycia oddziałów i pododdziałów Sił Zbrojnych RP w ramach wojewódzkiego planu zarządzania kryzysowego, organizowaniu i utrzymaniu w stałej gotowości zespołów zarządzania kryzysowego na szczeblu WSzW,tj.: Zespół Wzmocnienia Służby Oficera Dyżurnego WSzW i WKU, Zespół Wzmocnienia Służby Oficera Dyżurnego WKU. Natomiast w odniesieniu do dowodzenia w zarządzaniu kryzysowym (faza reagowanie oraz odtwarzanie) będzie realizowany poprzez pełnienie funkcji organu wspomagającego wojewodę w przypadku wystąpienia sytuacji kryzysowych: na wniosek wojewody uruchomianie sił i środków wojskowych do akcji ratowniczej i usuwania skutków klęsk żywiołowych i katastrof, koordynowanie działań jednostek wojskowych biorących udział w akcji kryzysowej na terenie administrowanym, organizowanie współdziałania jednostek wojskowych w czasie akcji ratowniczych z jednostkami Policji Państwowej, Państwowej Straży Pożarnej, formacjami samoobrony i ochotniczymi drużynami ratowniczymi organizowanymi przez terenowe organy administracji rządowej i samorządowej.

Literatura

[1] Ciborowski L., Zarządzanie i dowodzenie w organizacjach zhierarchizowanych, Organizacja i zarządzanie. Kwartalnik naukowy Nr 4, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
[2] Inny Słownik Języka Polskiego PWN, T. 1(A-Ó), M. Bańko (red.), Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2000.
[3] Michniak J. W., Dowodzenie w teorii i praktyce wojsk, Akademia Obrony Narodowej, Warszawa 2003.
[4] Nowa encyklopedia PWN, t. 6. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1997.
[5] Szynowski R., Administracja wojskowa w systemie bezpieczeństwa narodowego, Wydawnictwo AON, Warszawa 2013.
[6] Ura E., Ura R., Prawo administracyjne, Warszawa 2001.
[7] Decyzja Nr Z-1/MON z dnia 3 stycznia 2014 r. w sprawie Systemu Zarządzania Kryzysowego RON.

[8] Decyzji nr 83/MON Ministra Obrony Narodowej z dnia 18 marca 2014r. w sprawie trybu postępowania przy wydzielaniu dodatkowych sił i środków Sił Zbrojnych Rzeczypospolitej Polskiej w sytuacjach przewidzianych w przepisach odrębnych.
[9] Zarządzenia Nr 1/MON z dnia 16 stycznia 2014 w sprawie Zespołu Zarządzania Kryzysowego MON.
[10] Główczyk J., Uniwersalny słownik ekonomiczny, Fundacja Innowacja, Warszawa 2000.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 297–301

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.25

Yuri Rak, Dmitry Kobylkin
Lviv State University of Life Safety
Ukraine, 79007, Lviv, Kleparivska St., 35
e-mail: jurarak@rambler.ru, dmytro_kobylkin@ukr.net

MODEL OF RESOURCE MANAGEMENT IN PROJECTS OF THE CONDITIONS IMPROVEMENT OF IMPLEMENTATION OF SYSTEM 112

Abstract. In this scientific article is shown and systematized the basic resources that characterize the organizational and technical components of emergency call System 112 for the conditions of successful implementation in dimension of Ukraine taking into account the regional character through the use of project-oriented management of projects and programs and the characteristics of complexity. Proposed the model of resource management in the project of System 112 and is identified the key factors that influence into the project.
Keywords: project, System 112, proactive management, resource management, project resources.

MODEL ZARZĄDZANIA ZASOBAMI W PROJEKTACH POPRAWY REALIZACJI SYSTEMU 112

Streszczenie. W artykule przedstawiono i usystematyzowano podstawowe zasoby, które charakteryzują organizacyjno-techniczne elementy systemu awaryjnego wezwania za jednym numerem alarmowym 112, oraz warunki udanej realizacji w ramach Ukrainy poprzez wykorzystanie zarządzania projektowo-orientowanego projektów i programów. Zaproponowano model zarządzania zasobami w projektach wprowadzenia Systemu 112 oraz określono kluczowe czynniki wpływające na sam projekt.
Słowa kluczowe: projekt, System 112, proaktywne zarządzanie, zarządzanie zasobami, zasoby projektu.

System of emergency call number - is a universal and unified organizational and technical structure that is designed for day and night information receiving on emergencies (ES) and timely response to them had come to USA in 1968. In 1991, the EU pledged to develop a European counterpart of the project and implement it by 1998.

The system of a single emergency number (System 112) has been successfully operating in Europe and similar projects are developed and implemented in the Commonwealth of Independent States (CIS) countries including Ukraine. Analysis of the test launching of the System 112 in Ukraine during Euro 2012 revealed a number of incompatibilities and necessity to systematize all project components of the System 112 and to determine the influence of various factors on them. A key element in the successful implementation of regional development of projects in Ukraine's 112 Systems is the use of proactive management, in the context of mission realization on the reaction of a turbulent external environment, that take's into account the competitive of environment and urgent emerging issue.

Effective project management [2] of System 112 implementation requires a clear structuring as a project and as system management, by dividing the project into subsystems, and the system of control itself to the relevant components. Thus the success of the efficiency of project and programs management of regional development of implementation of System 112 requires strict sustainable management of complex processes under the conditions of uncertainty under influence of external and internal environment.

An important factor in the effective use of proactive management [1] is the development of tools and mechanisms that significantly improve project management of regional development implementation of System 112. The success of proactive management of projects and programs of regional development can be achieved by modeling of project environment, taking into account the impact of external and internal factors throughout the life cycle of the organization process and implementation of System 112 to ensure the sustainability of growth in the region during the implementation of innovative strategies [3].

On the basis of above mentioned is proposed model diagram, which takes into account proactive management and mental space, as well as term-historical component of Ukraine's regions (see image 1).

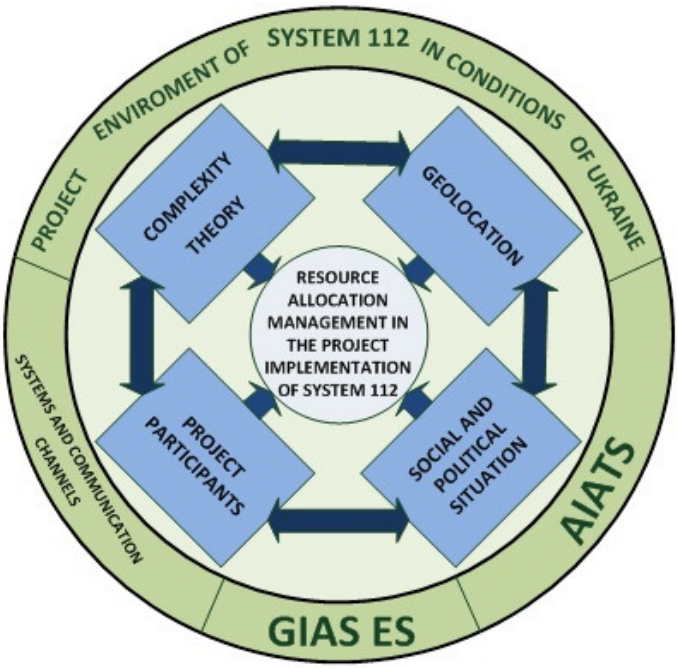


Image 1. Model diagram of the project environment implementation of System 112 in projects and programs of regional development for conditions of Ukraine, where AIATS - automated information and analytic telecommunication systems

As shown in Image 1, the main factors ensuring success of the implementation of System 112 in the regional dimension is the study of the main factors as: geolocation (G), the socio-political state of society at the national and regional levels (SPS), and competence of all participants in the project (C), based on the theory of complexity (TC) for reaching a state of balance and harmonization at all levels of causality. Formalizing the above factors we obtain the following dependence:

$$RAM = < G, SPS, C, TC >; \quad (1)$$

where *RAM* - resource allocation management in the project of *System 112*.

As it is shown in Image 1, a significant impact for the success implementation of System 112 has external turbulent environment and coordination during interacting with Government Information and Analytical System for Emergency Situations (GIAS ES) [5]. GIAS ES as the central executive agency shall ensure round the clock functioning of its maintenance, monitoring and formation of accounting documentation and international integration (for software and hardware) of formal and informal organizations.

$P = < PE, GIAS\ ES >;$ (2)

where P – project of implementation of System 112, PE – project environment.

Theories of complexity of project implementation of System 112 consists in the calculation of project implementation at the regional level based on the parameters of difficulty. Taking into account the different levels of the state of readiness of regions to the project and their features require the use of project-oriented approach in management of project and portfolio of project. Exploring the security status of regions for 2011-2012 year by ranking we defined the priority areas of the project of System 112 in the case of Ukraine. This are the regions of the biggest danger for safe life of citizens, particularly the south - eastern regions of Ukraine and Crimea.

Proceeding from theory of complexity success implementation of project of System 112 depends on the process of time management in all phases and cycles of the project, which can be represented in the following formalization:

$Tproject = (Tin.+Tpl.+Tim.+Tst.)*PE;$ (3),

where $Tproject$ – time management of project. Elements of the expression is the amount of time the elements of project initiation $Tin.$, Planning $Tpl.$, Implementation $Tim.$ and start $Tst.$ and its multiplying on a factor of influence of project environment PE.

Geolocation of callers is carried by automated system for cooperation and coordination with national mobile operators and landline communications.

To socio-political situation we assign the impact of factors such as unstable and crisis economic situation, not coordinated work of national and regional legislative, executive and judicial authority, intense social status and level of education among the citizens of the state and military instability, the state of education, science and innovation technologies.

Participants of the project of System 112 are authorities, departmental service: State Service for Emergencies of Ukraine (SSEU), the Ministry of Internal Affairs (MIA), Ambulance and Emergency Medicine (AEM), Gas-Emergency Service (GES), firms and companies that are providing communications, municipal services, public formal and informal organizations, self-governments, and others [4].

The core of the model (Image 1) are the resources of the project of implementation of System 112. Resources of the project are any sources and prerequisites of getting some tangible or intangible benefits which together can create the conditions for successful implementation of project. Resources are divided into material, financial, human and information (see Image 2).

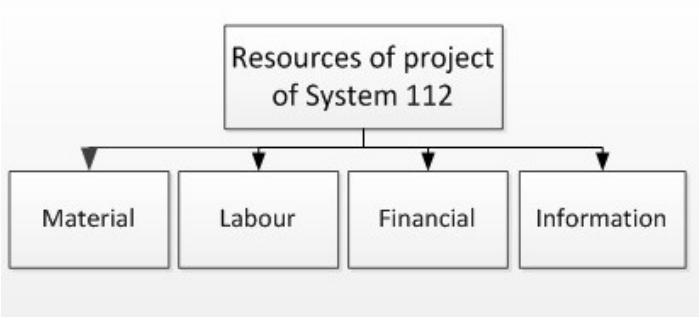


Image 2. Classification of project resources for successful implementation of System 112

Analyzing the model diagram Image 1 and Image 2 it can be stated that the efficiency of project of implementation of System 112 in the regional dimension requires rigorous and systematic action-oriented project management and balanced, harmonized control of the distribution of resources and minimize the impact of turbulence medium term, taking into account historical component, characteristics of of complexity and regional peculiarities Ukraine.

References

[1] Bushueva N.S. Modeli i metody proaktivnogo upravleniya programmami organizacionnogo razvitiya / N.S. Bushueva. – K.: nauk. svit, 2007. – 270 s.

[2] Bushuev S.D. Kreativnye texnologii v upravlenii proektami i programmami / S.D. Bushuev, N.S. Bushueva, S.A. Babaev i dr. – K.: sammit kniga, 2010. –768 s.

[3] Kobylkin D.S., Ustilovskij Ya.V., Rak Yu.P. Model effektivnoj realizacii proekta sistemy ekstrennogo vyzova 112 v Ukraine // Chrezvychajnie situacii : teoriya i praktika. : mater. mezhdunarod. nauch. – prakt. konf. kursantov, studentov i slushatelej. – Gomel, 2013. – s. 137–138.

[4] Konceptualni rishennya stvorennya avtomatizovanoï sistemi ekstrenoï dopomogi naselennyu za yedinim televonnim nomerom "112"/ Dodonov O.G.,Koval O.V., Dzyubanenko R.I., Cepkov P.A., Zhidovlenko Yu.O., Mayurov M.O. // Reyestraciya, zberigannya i obrobka danix. t.12, №2 – 2010. – s. 165–180.

[5] Rak Yu.P. Identifikaciya proektiv u portfelyax ta programax regionalnogo rozvitku z pitan nadzvichajnix situacij / Yu.P. Rak, O.B. Zachko, A.O. Sachenko, I.O. Palij – Upravlinnya proektami ta rozvitok virobnictva. – 2011. – № 4(40). – s. 64–69.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 303–309

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.26

Yuri Rak, Jaroslav Ustilovskyy
Lviv State University of Life Safety
Ukraine, 79007, Lviv, Kleparivska St., 35
e-mail: jurarak@rambler.ru, manul1991@ukr.net

ZARZĄDZANIE PROJEKTAMI POPRAWY EFEKTYWNOŚCI ELIMINACJI POŻARÓW LASÓW: PODEJŚCIE TOPOLOGICZNE

Streszczenie. W pracy naukowej zaproponowano podejście topologiczne zarządzania projektami i programami, które jest wykorzystywane w celu zwiększenia efektywności eliminacji pożarów lasów przy pomocy samolotów i ogólnie lotnictwa. Scharakteryzowano uwarunkowania formalne oraz czynniki wewnętrznego i zewnętrznego środowiska projektu, które wpływają na skuteczość realizacji projektów i programów.
Słowa kluczowe: proaktywne zarządzanie, podejście topologiczne, pożary lasu.

PROJECT MANAGEMENT OF EFFICIENCY IMPROVEMENT OF ELIMINATION OF FOREST FIRES: A TOPOLOGICAL APPROACH

Abstract. In the scientific paper is proposed a topological approach of managing the projects and programs to improve the efficiency of elimination of forest fires using aircraft and aviation in general. Reasons of external and internal project environment that affect the successful implementation of projects and programs, are descibed taking into account the regional constituent of Ukraine.
Keywords: project, proactive management, resource management, project resources, topological approach, forest fires

Wstęp

Kierunkiem strategicznym DSNS Ukrainy w nowoczesnych warunkach społeczeństwa jest opracowanie i wprowadzenie projektowo-orientowanego zarządzania na wszystkich szczeblach organów ratowniczych, w oparciu o zastosowanie metodologii zarządzania projektów, programów i portfeli projektów, aby osiągnąć ścisłą współpracę pomiędzy zainteresowanymi stronami i poprawę efektywności eliminacji pożarów lasów (PL). Skuteczna realizacja tych celów wymaga ciągłego monitorowania stanu upraw leśnych, poprawy przepisów prawnych, dynamiki rozwoju społeczno-gospodarczego w regionalnych programach rozbudowy, poprawy technologii transportu i komunikacji oraz środków likwidacji PL.

Każdego roku na Ukrainie wybucha kilka tysięcy PL i ich dynamika stale się zmienia.W związku z tym rząd krajowy wydaje znaczne środki materialne na likwidację skutków PL, a to wskazuje na znaczenie badań w tej dziedzinie.

Określenie problemu

Utrudnienie dynamiki rozwoju PL charakteryzuje się występowaniem rosnącej tendencji, która powoduje znaczne straty fizyczne, finansowe i ludzkie. Głównymi przyczynami słabej ochrony przeciwpożarowej lasów i nieefektywnego gaszenia PL jest niewątpliwie wysoki stopień złożoności i struktury terytorialnej drzewostanów, brak ścisłej koordynacji na poziomie prawnym, zespołów operacyjnych i ratunkowych należących do DSNS Ukrainy i leśnictwa, a także niski poziom logistyki. Rozwiązanie wyżej określonego problemu naukowo-aplikacyjnego jest możliwe w wypadku stosowania metodologii projektowo-orientowanego zarządzania w procesie modelowania gaszenia PL, biorąc jako biuro zarządzania centrum informacyjno-analityczne, zdolne do generowania różnych topologii procesu gaszenia pożarów. Zarządzanie projektami modernizacji i poprawa procesu gaszenia PL jest bardzo złożonym procesem, który najlepiej przedłożyć w postaci różnych topologii schematu technologicznego, z możliwością automatyzacji ograniczeń w celu zabezpieczenia optymalnych warunków do podziału zarówno zasobów ludzkich, jak i materialnych, aby szybko zlokalizować i wyeliminować pożar w początkowej fazie.

Analiza badań

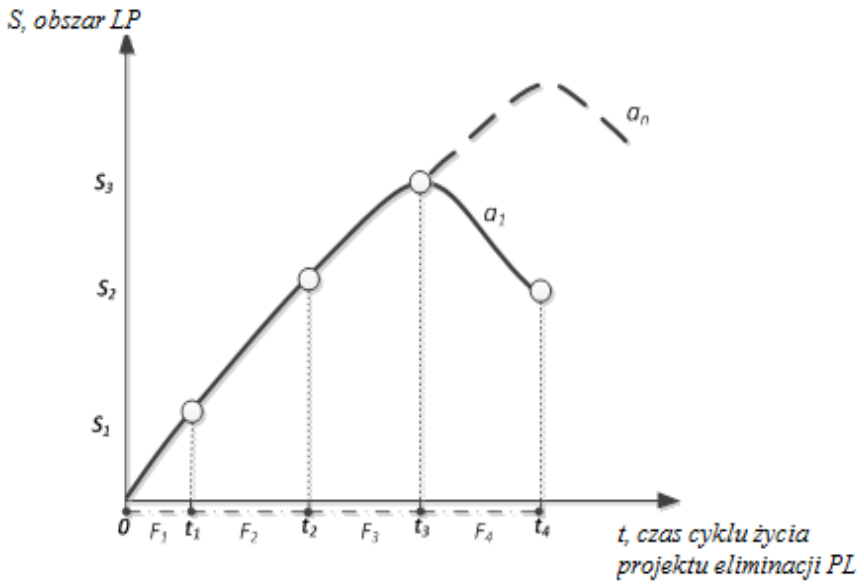
Analityczny przegląd badań naukowych w dziedzinie zarządzania projektami poprawy stanu BP w okolicy laśnej pokazał brak podejścia topologicznego

do rozwoju metod i modeli projektowo-orientowanego zarządzania procesami gaszenia PL, biorąc pod uwagę złożonośc regionów Ukrainy. Do badania problemów projektowo-orientowanego zarządzania zostali zaangażowani przez wybitnych uczonych Ukrainy takich jak S. Bushuev, N. Bushueva, Yu. Tesla, J. Rak, A. Sidorchuk i inni [1, 2]. Proces projektowo-orientowanego zarządzania likwidacją PL na Ukrainie wymaga jednak więcej uwagi.

Główna część badań

Topologiczne podejście upraszcza proces automatyzacji ograniczenia PL i zapewnia wizualizacji informacji oraz ma praktyczne zastosowanie w realizacji projektów, programów i portfeli projektów gaszenia PL. W tych badaniach naukowych określono różne topologie, które są stosowane na terytorium Ukrainy oraz przeprowadzono optymalizacje schematów technologicznych i zbadano czynniki, które najbardziej wpływają na realizację projektów i programów w celu eliminacji PL [1]. Aby uprościć proces badawczy uwzględniamy proces gaszenia PL jako linie technologiczną i wprowadzamy pojęcie "block linii technologicznej gaszenia PL".

Definicja: Block linii technologicznej gaszenia PL - kompleks sprzętu gaśniczego i materialnego, zasobów finansowych i ludzkich niezbędnych do osiągnięcia podanej (niepodzielnej) operacji technologicznej, aby wyeliminować PL. Każda jednostka jest integralną częścią linii technologicznej gaszenia PL, która jest zbiorem powiązanych ze sobą sekwencyjna bloków, zależnych od zewnętrznego i wewnętrznego środowiska. Zarządzania projektami, programami i portfelami projektów do eliminacji pożaru lasu jest skomplikowanym procesem, którego realizacja wymaga zaangażowania znacznych zasobów materialnych i ludzkich. Organy leśne i DSNS Ukrainy są głównymi organami, które wykonują zadania likwidacji PL. Głównym problemem lokalizacji i likwidacji pożaru w sektorze leśnym jest jego rozmiar, osiągany przed przybyciem pierwszych służb ratowniczych na miejsce zdarzenia oraz niedopasowanie czasowe pomiędzy siłami, które eliminują pożar. PL charakteryzuje wysoka liniowa prędkość płomienia, która jest w zakresie 1,4 -18,0 m / min [3]. Analizując parametry PL i środowiska leśnego, możemy wykreślić schemat cyklu życia projektu eliminacji PL (rysunek 1).



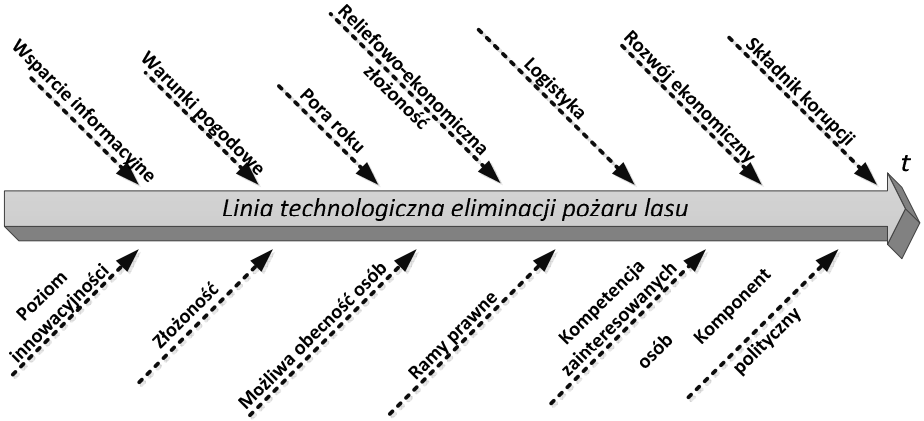
Rys. 1. Model cyklu życia projektu eliminacji PL

Na rys.1 określono schemat cyklu życia projektu eliminacji PL, który jest scharakteryzowany przez cztery fazy:
F1 - faza cyklu wolnego rozpowszechniania się ognia;
F2 - faza cyklu reagowania na wypadek zgłoszenia o pojawieniu się PL;
F3 - faza cyklu lokalizacji PL;
F4 - faza cyklu eliminacji PL.

Analizując diagram modelu (patrz rysunek 1) widzimy, że zmniejszenie czasu wolnego rozprzestrzeniania się ognia i szybka dostawa sił gaśniczych i techniki jest kluczowym parametrem dla eliminowania PL.

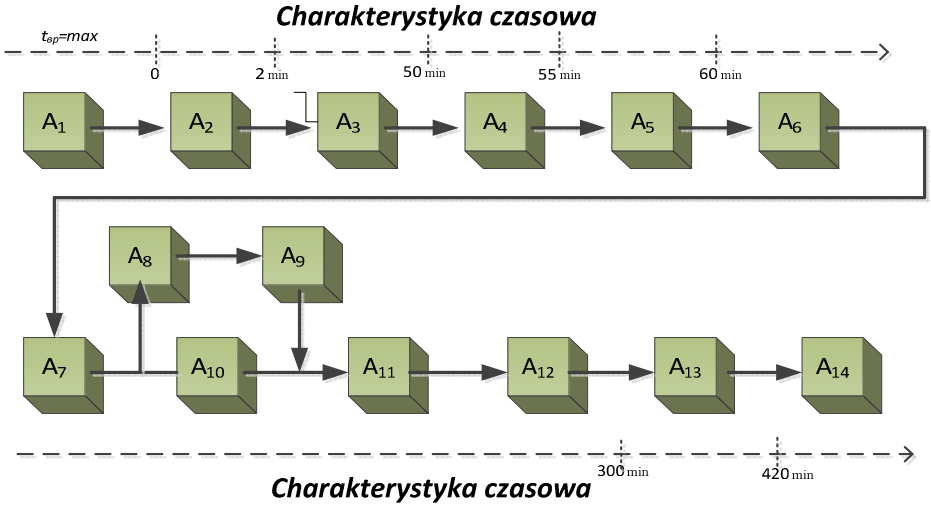
Na skuteczność linii technologicznej gaszenia PL wpływa turbulentne środowisko, które charakteryzuje się za pomocą czynników przedstawionych na rysunku 2.

Analiza wykazała, że można anlizować tak skomplikowaną i wieloaspektową strukturę wpływu środowiska projektowego na zwiększenie stanu bezpieczeństwa w zakresie ochrony przeciwpożarowej przez innowacje w każdej fazie cyklu projektu gaszenia PL. Jednym z takich podejść innowacyjnych jest wykorzystanie analizy typologicznej i syntezy całego procesu eliminacji pożarów lasów, biorąc pod uwagę fakt, że w linii produkcyjnej trasy gaszenia złożoność czasowa ostatecznie pozwoli otrzymać rozwiązanie problemu optymalizacji.



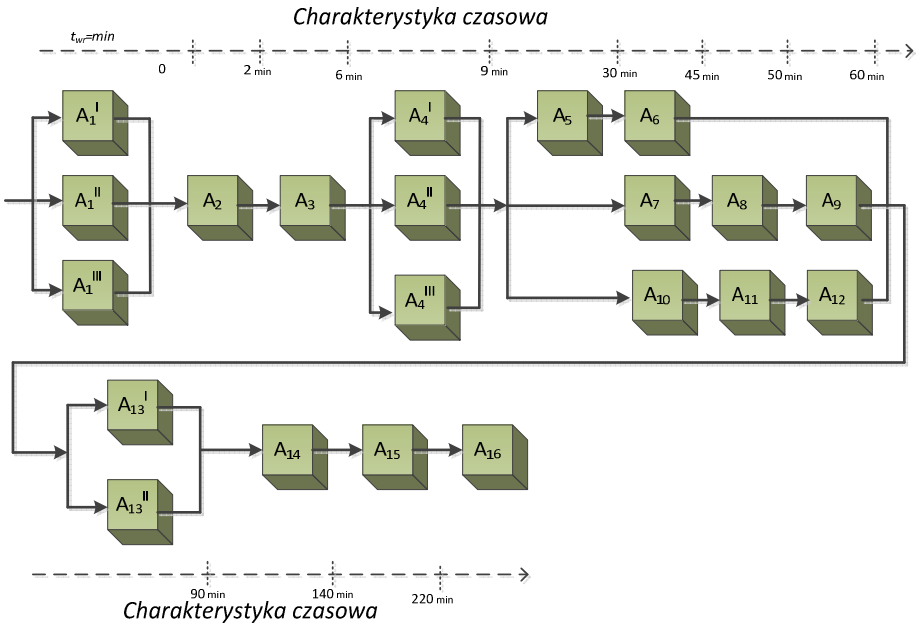
Rys. 2. Główne czynniki wpływu na dynamike przepływu i skuteczność gaszenia PL

Na podstawie analizy danych z Ukrainy i krajów europejskich zaproponowano model standardowej (linii technologicznej) eliminacji pożaru lasu do optymalizacji (patrz rys. 3) [4].



Rys. 3. Linia technologiczna gaszenia pożaru lasu (w celu optymalizacji)

A1 - punkty obserwacyjne; A2 - informowanie usług leśnictwa i PSSN o zdarzeniu sie pożaru ; A3 - przybycie służb i urządzeń do miejsca pożaru; A4 - obserwacja; A5 - szybki rozwój i dostarczanie śubstancji gaśniczej; A6 - przybycie służb dodatkowych; A7 - udział innych służb i agencji; A8 - organizacja ciaglego dostarczania środkow gasniczych; A9 - rezerwacja narzędzia przeciwpożarowego; A10 - udział awiacji przeciwpożarowej podczas pożarów na dużym obszarze; A11 - manewrowanie sił; A12 - lokalizacja pożaru lasu; A13 - likwidacja pożarów lasów; A14 - powrót do jednostki.



Rysunek 4. Linia topologiczna linii technologicznej gaszenia pożaru lasu (po optymalizacji).

A1l - monitorowanie obszarów lądowych; A1ll - monitorowanie za pomocą awiacji; A1lll - monitorowanie kosmiczne; A2 - proces przetwarzania informacji za pomocą centrum analitycznego; A3 - wysyłanie terminowej informacji do zainteresowanych stron o miejscu zdarzenia, sposoby wejścia, rozmieszczenie źródeł wody, itp.; A4l - wysyłanie statku powietrznego; A4ll - sprzęt pożarniczy; A4lll - maszyny oraz sprzęt leśny; A5 - skierowanie statkow powietrznych; A6 - zrzut wody; A7, A10 - przybycie następującego sprzętu przeciwpożarowego i techniki leśnictwa; A8, A11 - uzyskanie szybkich zadań; A9, A12 - akcja pożarnicza i dostarczanie środkow gasniczych; A13l - zagwarantowanie ciągłości wysokiego napięcia; A13ll - korzystanie dodatkowych materiałów i siły roboczej. A14 - lokalizacja pożaru lasu; A15 - likwidacja pożarów lasów; A16 - powrót do jednostki.

W wyniku badań zaproponowano optymalną linię produkcyjną gaszenia pożaru lasu, co pozwala na bardziej precyzyjne współdziałanie wszystkich zainteresowanych stron i zmniejszenie ogólnego czasu gaszenia ognia [5]. Rezultatem jest zmniejszenie szkód spowodowanych przez gaszenie pożarow lasów.

Literatura

[1] Azarov N.Ya. Innovatsionnyie mehanizmyi upravleniya programmami razvitiya / N.Ya. Azarov, F.A. Yaroshenko, S.D. Bushuev. – K. : Sammit kniga, 2011. – 564 s.
[2] Bushueva N.S. Modeli i metody proaktivnogo upravleniya programmami organizacionnogo razvitiya / N.S. Bushueva. – K.: nauk. svit, 2007. – 270s.
[3] But V.P., Kutsyshchiy L.B., Bolibrukh B.V. Praktychnyy posibnyk z pozhezhnoyi taktyky. – L'viv: Vyd-vo "SPOLOM", 2003. – 122 s.
[4] Nakaz DSNS Ukraïni № 225 vid 23.04.2014 "Pro zaluchennya aviatsiï do gasinnya pozhezh u pozhezhonebezpechniy period 2014 roku"
[5] Rak Yu.P., Dunets' R.B. Proektuvannya tekhnolohichnykh liniy operatyvnoyi polihrafiyi: systemnyy pidkhid: Navch. posibnyk. – Drohobych: NVTs "Kamenyar" DDPU, 2002. – 122 s.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 311–324

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.27

Dorota Riegert, Paweł Suchorab, Zuzanna Ślosorz
Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej
Państwowy Instytut Badawczy
ul. Nadwiślańska 213, 05-420 Józefów
e-mail: driegert@cnbop.pl, psuchorab@cnbop.pl, zslosorz@cnbop.pl

OCHRONA PRZECIWPOWODZIOWA Z WYKORZYSTANIEM WYSPECJALIZOWANEGO ZESTAWU PRZECIWPOWODZIOWEGO – SZKOLENIE RATOWNIKÓW

Streszczenie. Jednym ze środków wykorzystywanych do zabezpieczenia przed powodzią są rękawy przeciwpowodziowe. Ich główne zalety, takie jak krótki czas sprawiania i mała pracochłonność przy budowie zapór, powodują, że pracownicy PSP coraz częściej sięgają po nie w trakcie akcji przeciwpowodziowych. Dlatego ważnym aspektem jest prowadzenie szkoleń i warsztatów z obsługi rękawów. Szkolenia te kierowane są do PSP oraz do administracji publicznej zajmującej się zarządzaniem kryzysowym. Szkolenie obejmuje wiedzę teoretyczną z zakresu budowy rękawa przeciwpowodziowego, ukompletowania i obsługi Wyspecjalizowanego Zestawu Przeciwpowodziowego (WZP) oraz zajęcia praktyczne z wykorzystaniem WZP. Program warsztatów szkoleniowych został opracowany w ramach projektu: „Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi (rękawy przeciwpowodziowe)".
Słowa kluczowe: powódź, rękawy przeciwpowodziowe, warsztaty szkoleniowe.

FLOOD PROTECTION USING WYSPECJALIZOWANY ZESTAW PRZECIWPOWODZIOWY – LIFESAVER TRAINING

Abstract. One of the measures used to protect against flood are sleeves flood. Their main advantages, such as short period of time to putting, and a little labor intensity in the construction of dams cause that State Fire Service employees are increasingly using

that during the flood. Therefore, an important aspect is to conduct trainings and workshops with the service sleeves. These courses are directed to the State Fire Service employees and public administration dealing with crisis management. Training in its scope includes theoretical knowledge in the construction of flood protection sleeve, manning and operation Specialized Set Flood (SSF) and practical classes using SSF. The program of training workshops has been developed within the project "Optimization of procedures, dislocation bases and improving technical equipment used by the Polish emergency services in dealing with natural hazards with particular emphasis on flooding (flood sleeves)".
Keywords: flood, flood sleeves, training workshops.

Wstęp

Woda to jeden z czterech żywiołów świata. Żywioł twórczy i niszczycielski jednocześnie. Tworzący życie oraz niszczący je [5]. Prawidłowe wykorzystanie pierwszej z jego funkcji oraz nauka radzenia sobie z „ciemną" stroną wody wpływa na poziom naszego dobrobytu i rozwoju cywilizacyjnego, a także na poziom naszego bezpieczeństwa. Woda to dobro, które może służyć człowiekowi i przyrodzie. Dobro, które pomaga w rozwoju cywilizacyjnym świata. Rozmieszczenie zasobów wodnych na świecie jest bardzo zróżnicowane zarówno w czasie, jak i w przestrzeni. Nieregularność zasobów wodnych w czasie jest szczególnie niebezpieczna dla ludzi, w związku z tym prowadzona jest intensyfikacja działań w celu przynajmniej częściowego okiełznania tego żywiołu lub łagodzenia skutków, jakie może za sobą nieść [1].

Na świecie istnieje wiele różnorodnych, ale nie zawsze powszechnie popieranych, metod walki z niszczycielską stroną wody [4]. Na te działania przeznaczanych jest wiele środków finansowych. Realizowanych jest również wiele prac badawczych, w tym między innymi projekt badawczy pt.: „Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi (rękawy przeciwpowodziowe)", realizowany w konsorcjum, w skład którego wchodzą następujące jednostki: Instytut Technologii Bezpieczeństwa „Moratex" z Łodzi (Lider Projektu), Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy z Józefowa k. Otwocka, Szkoła Głowna Służby Pożarniczej w Warszawie, Wyższa Szkoła Zarządzania i Prawa im. Heleny Chodkowskiej z Warszawy, AMZ-Kutno, Delta Lester z Grudziądza oraz Zakład Pracy Chronionej Przedsiębiorstwo Produkcyjno-Handlowo Usługowe „Lester" z Kwidzyna [7].

Głównym celem projektu jest optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenia rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służ-

by ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi.

Cel projektu obejmuje wielopłaszczyznowe działania, które mają za zadanie kompleksowe ujęcie problemu ochrony przeciwpowodziowej w naszym kraju. Dzięki przekrojowemu prowadzeniu prac, realizowane są zadania obejmujące opracowanie Lokalnego Systemu Ostrzegania przed Powodzią, przygotowanie dokumentacji ochrony przeciwpowodziowej na wybranym terenie zalewowym, która obejmuje weryfikację procedur reagowania, alarmowania ludności na tym terenie. W projekcie zaproponowana zostanie również możliwość poprawy dyslokacji baz sprzętowych zawierających wyposażenie przeciwpowodziowe [3].

Efekty projektu

Bardzo ważną częścią projektu jest modyfikacja rozwiązań technicznych stosowanych w rękawach przeciwpowodziowych, w taki sposób, aby usprawnić i ułatwić działania ratownicze. Rękaw opracowywany i modyfikowany w projekcie przedstawiono na rys. 1 i 2.

Rys. 1. Rękaw przeciwpowodziowy ZP-10 (fot. Z. Ślosorz)

Rys. 2. Rękaw ZP-10 ułożony w sposób piramidalny 2+1 (fot. S. Dziedzianowicz)

W ramach projektu modyfikowany jest rękaw przeciwpowodziowy wykonany z folii polietylenowej. Mimo że wytworzony jest z cienkiej folii, to charakteryzuje się on dobrymi właściwościami wytrzymałościowymi, co zostało w sposób pośredni zobrazowane na rys. 3.

Rys. 3. Test wytrzymałości rękawów - 11 strażaków na rękawie (fot. S. Dziedzianowicz)

Oprócz rękawów przeciwpowodziowych w projekcie opracowywany jest także Wyspecjalizowany Zestaw Przeciwpowodziowy, w skład którego wchodzi pojazd zadaniowy w postaci amfibii (rys. 5) oraz przyczepa transportowa

przedstawiona na rys. 4, na wyposażeniu której są rękawy wytworzone w projekcie oraz podstawowy sprzęt ochrony przeciwpowodziowej potrzebny do sprawiania rękawów i prowadzenia akcji przeciwpowodziowej.

Rys. 4. WZP - przyczepa transportowa (fot. P. Suchorab)

Opracowywana w ramach projektu w firmie AMZ – KUTNO Sp. z o. o. amfibia (rys. 5) jest pojazdem dla sześcioosobowej załogi, w skład której wchodzą trzy osoby obsługujące pojazd oraz trzech ratowników. Dla całej załogi miejsca siedzące przewidziane są w zadaszonej kabinie znajdującej się w przedniej części pojazdu, natomiast w tylnej jego części znajduje się przestrzeń ładunkowa. Podstawowym zadaniem tego pojazdu jest ewakuacja ludzi, mienia oraz zabezpieczenie logistyczne służb ratowniczych. Amfibia ta charakteryzuje się następującymi parametrami:

- Długość: 8 135 mm
- Szerokość: 2 620 mm
- Wysokość: 3 260 mm
- Ładowność: do 3 ton
- Prędkość po drogach utwardzonych: do 50 km/h
- Prędkość na wodzie: około 10 km/h
- DMC: 15 ton

Rys. 5. WZP – amfibia (fot. D. Riegert)

Kolejnym ważnym etapem realizowanych w projekcie prac jest opracowanie metod dekontaminacji użytego podczas powodzi sprzętu, bowiem wody powodziowe powodują zanieczyszczenie i skażenie wszystkich przedmiotów, które mają z nimi kontakt. Dlatego projekt wprowadza propozycje procedur dekontaminacji sprzętu ratowniczego na przykładzie opracowanego w projekcie Wyspecjalizowanego Zestawu Przeciwpowodziowego.

Oprócz namacalnych efektów projektu nieocenioną wartością jest współpraca jednostek badawczych z zakładami produkcyjnymi, co sprzyja rozwojowi polskiej gospodarki, powodując wzrost konkurencyjność tych zakładów na rynku polskim i międzynarodowym. Współpraca i wzajemne kontakty pomiędzy pracownikami jednostek naukowych i zakładów produkcyjnych w ramach projektów badawczych wpływają również na poszerzenie wiedzy i umiejętności pracowników obu rodzajów instytucji.

W celu skutecznego i bezpiecznego wykorzystania WZP w ramach projektu powstaje program szkolenia służb ratowniczych w zakresie ochrony przeciwpowodziowej z wykorzystaniem Wyspecjalizowanego Zestawu Przeciwpowodziowego.

Warsztaty szkoleniowe

W dniu 7.05.2014 w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym przeprowadzono „Warsztaty szkoleniowe służb ratowniczych w zakresie ochrony przeciwpowodziowej". Prowadzenie tego typu szkoleń i warsztatów jest niezmiernie ważnym aspektem, bowiem właśnie wtedy służby biorące udział w akcjach ratowniczych mogą zaznajomić się z nowoczesnym sprzętem i jego obsługą. Realizowane w CNBOP – PIB szkolenie miało na celu przedstawienie opracowywanych w ramach projektu rękawów przeciwpowodziowych z omówieniem ich podstawowych właściwości, a także zaprezentowanie zaprojektowanej i zbudowanej w projekcie amfibii przeznaczonej do działań ewakuacyjnych, ratowniczych i transportowych oraz przyczepy ze sprzętem przeciwpowodziowym.

Spotkanie warsztatowe składało się z dwóch części: teoretycznej i praktycznej. W części teoretycznej wygłoszone zostały następujące referaty:

- „Cele projektu: Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi (rękawy przeciwpowodziowe)" – wygłoszony przez przedstawiciela lidera projektu.
- „Akty prawne regulujące problemy klęsk żywiołowych". W trakcie wystąpienia została omówiona przez reprezentanta CNBOP – PIB tematyka dotycząca uregulowań prawnych związanych z klęskami żywiołowymi na terenie Polski. Przedstawiono schemat organizacji gospodarki wodnej w Polsce, sprecyzowano zadania Państwowej Straży Pożarnej (PSP) na podstawie Ustawy z dnia 24 sierpnia 1991r. o Państwowej Straży Pożarnej. Określono nadrzędny cel – osiągnięcie dobrego stanu wszystkich wód do 2015 roku – Ramowej Dyrektywy Wodnej (Dyrektywa 2000/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2000 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania w dziedzinie polityki wodnej). Zaprezentowano cel – zmniejszanie i zarządzanie ryzykiem powodziowym – ustanowiony w dyrektywie powodziowej (Dyrektywa 2007/60/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 22 grudnia 2007 roku w sprawie oceny ryzyka powodziowego i zarządzania nim, tak zwana Dyrektywa Powodziowa.). Ponadto omówiono regulacje zawarte w Ustawie z dnia 18 lipca 2001 r. Prawo wodne. Dz.U. 2001 nr 115 poz. 1229, Ustawie z dnia 26 kwietnia 2007 r. o zarządzaniu kryzysowym, Ustawie z dnia 18 kwietnia 2002 r. O stanie klęski żywiołowej, Dekret z dnia 23 kwietnia 1953 r. o świadczeniach w celu zwalczania klęsk żywiołowych, Ustawie z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej, Ustawie z dnia 21 listopada 1967 r. o powszechnym obo-

wiązku obrony Rzeczypospolitej Polskiej, a także Rozporządzeniu Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 18 lutego 2011 r. w sprawie szczegółowych zasad organizacji krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego.

- „Doraźne metody zabezpieczeń przed powodzią". W trakcie wystąpienia autorzy z CNBOP – PIB omówili problem związany ze sposobem prowadzenia doraźnych działań umożliwiających zabezpieczenie życia i mienia przed skutkami powodzi. Zaprezentowano przykładowe doraźne metody zabezpieczeń przed powodzią, np. worki z piaskiem, rękawy przeciwpowodziowe, zapory, płoty przeciwpowodziowe, szklane bariery. Omówiono ich budowę oraz sposób użytkowania.
- „Lokalny System Ostrzegania przed Powodzią (LSOP) dla powiatu buskiego". W trakcie prezentacji autorzy (UTH) przybliżyli problem związany z ochroną przeciwpowodziową na przykładzie lokalnego systemu ostrzegania przed powodzią na terenie powiatu buskiego (LSOP). Uwzględniając położenie geograficzne powiatu, określono związane z nim niebezpieczeństwo powodziowe. Wskazano, które mosty, wały przeciwpowodziowe w powiecie buskim są najbardziej zagrożone. Przedstawiono siły i środki Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego, jakie ma do zadysponowania starosta na podstawie powiatowego planu reagowania kryzysowego. Przedstawiono schemat postępowania na wypadek zagrożenia powodziowego. Określono czynności, jakie powinien wykonać operator LSOP w okresie alarmu powodziowego. Zaprezentowano zadania Zespołów Zarządzania Kryzysowego. Zaproponowano działania udoskonalające systemu.
- „Przyczyny powodzi w Polsce". W trakcie prezentacji reprezenanci CNBOP – PIB przedstawili podstawowe informacje dotyczące czynników sprzyjających powstawaniu powodzi na terenie Polski. Za przyczyny uznano m.in. długotrwałe lub gwałtowne opady, sztormy na Bałtyku, zatory lodowe, roztopy. Określono, w których miejscach najczęściej występują wezbrania oraz powodzie. Przedstawiono rys historyczny katastrofalnych powodzi w Polsce. Omówiono powstające szkody i straty powodziowe (bezpośrednie mierzalne, pośrednie mierzalne oraz niemierzalne). Zaprezentowano przykładowy system bezpieczeństwa.
- „Polietylenowe zapory napełniane wodą". W trakcie prezentacji reprezentanci firm Delta Rescue oraz Lester przedstawili informacje związane z polietylenową zaporą napełnianą wodą – rękawami przeciwpowodziowymi. Przedstawiono sposób budowy zapory - składającej się z dwóch rękawów. Omówiono metodę napełniania zapory wodą. Przedstawiono procedurę dekontaminacji. Zaproponowano sposób przechowywania zapór w nadstawkach koszowych.

- „WYDRA". Podczas prezentacji reprezentanci firmy AMZ – Kutno Sp. z o. o. omówili przeznaczenie oraz sposób użytkowania pojazdu transportowego do wykorzystania w sytuacjach klęsk żywiołowych, ze szczególnym uwzględnieniem stanów powodziowych oraz gdy podtopione drogi uniemożliwiają dotarcie do niektórych zalanych terenów. Określono, że prezentowany pojazd (amfibia) przede wszystkim służy do ewakuacji ludności, mienia oraz zabezpieczenia logistycznego służb ratowniczych np. Państwowej Straży Pożarnej, Policji, Sił Zbrojnych. Przedstawiono podstawowe parametry użytkowe amfibii. Pokazano sposób konstrukcji i montażu, zaprezentowano pierwsze próby na otwartym zbiorniku wodnym w celu sprawdzenia szczelności kadłuba amfibii i określenia linii wodnej przy zakładanym obciążeniu.
- „Przygotowanie służb ratowniczych do działań przeciwpowodziowych". W trakcie prezentacji autorzy przedstawili koncepcję sposobu przygotowania podmiotów ratowniczych do działań przeciwpowodziowych. Poddano ocenie przygotowania podmiotów ratowniczych. Omówiono sposób i zakres działania Krajowego Systemu Ratowniczo-Gaśniczego na przykładzie powiatu buskiego. Omówiono sekcje specjalne Centralnego Odwodu Operacyjnego w działaniach przeciwpowodziowych. Określono konieczność współpracy z innymi podmiotami uczestniczącymi w działaniach ratowniczych np. zespołem zarządzania kryzysowego, Policją, stacją sanitarno-epidemiologiczną, pogotowiem ratunkowym, wojskiem, Zarządem Melioracji i Urządzeń Wodnych, Instytutem Meteorologii Gospodarki Wodnej, Zarządem Gospodarki Wodnej, Obroną Cywilną. Przedstawiono plan ochrony przeciwpowodziowej na terenie powiatu.

Pierwsza część warsztatów składała się z wykładów teoretycznych, które w głównej mierze miały na celu usystematyzowanie i uzupełnienie wiedzy słuchaczy z zakresu ochrony przeciwpowodziowej. Tematyka szkolenia koncentrowała się na poruszeniu takich tematów, jak: akty prawne regulujące działania związane z prowadzeniem akcji przeciwpowodziowych, geneza powstawania powodzi i ich rodzaje, rodzaje doraźnych metod ochrony przed powodzią, sposoby ostrzegania przed powodzią na podstawie zaproponowanego w ramach realizacji projektu Lokalnego Systemu Ostrzegania przed Powodzią (LSOP). Omówiono również rękawy przeciwpowodziowe opracowane w ramach projektu, ze szczególnym uwzględnieniem ich budowy, zalet oraz sposobu sprawiania, a także przedstawiono przygotowanie służb ratowniczych do działań przeciwpowodziowych.

W drugiej części warsztatów zaprezentowano uczestnikom Wyspecjalizowany Zestaw Przeciwpowodziowy ze wszystkimi jego elementami (amfibia, przyczepa, rękawy przeciwpowodziowe). Podczas prezentacji amfibii (rysunek 6) przedstawiono poszczególne przedziały pojazdu: przedział załogi i ratowników, przedział siłowy, przedział ładunkowy.

Rys. 6. Zapoznanie uczestników warsztatów z WZP – amfibia (fot. P.Suchorab)

Rys. 7. WZP – amfibia, przestrzeń ładunkowa (fot. P.Suchorab)

Omówiono sposób działania załogi, przedstawiono sposób prowadzenia i techniki jazdy amfibią. Zaprezentowano i objaśniono sposób napędzania pojazdu, zarówno na nawierzchni utwardzonej, jak i w wodzie. Omówiona została ładowność i gabaryty skrzyni ładunkowej w czasie jazdy i pływania (rysunek 7).

W kolejnym punkcie części praktycznej warsztatów zaprezentowano wyposażenie WZP i jego przestrzenny rozkład na przyczepie (rysunek 8). Przedstawiono możliwość rozłożenia rękawów przeciwpowodziowych na całej powierzchni ładunkowej przyczepy, a sprzętu do obsługi i napełniania rękawów przeciwpowodziowych na specjalnych półkach siatkowych na tyle przyczepy. Taki sposób rozłożenia wyposażenia pozwala na utrzymanie sprzętu stale w gotowości do użycia. Sprzęt na tyle przyczepy za otwieralną burtą pozwala na jego szybkie użycie. Zaprezentowano również zestaw nr 2 sprzętu przeciwpowodziowego, który zawiera oprócz rękawów przeciwpowodziowych sprzęt niezbędny do ich sprawiania i obsługi (rysunek 9).

Rys. 8. Zapoznanie uczestników warsztatów z WZP – przyczepa (fot. D. Riegert)

Rys. 9. Prezentacja zestawu nr 2 sprzętu przeciwpowodziowego (fot. D. Riegert)

Druga część warsztatów składała się z zajęć praktycznych, które miały na celu przedstawienie sprzętu opracowanego w ramach realizacji projektu, sprzętu w postaci: amfibii i przyczepy ze sprzętem przeciwpowodziowym. Bezpośrednie zapoznanie uczestników szkolenia z możliwościami sprzętowymi stanowi niezmiernie ważny etap zajęć, bowiem możliwe jest dokładne poznanie sprzętu, a także przedyskutowanie jego możliwości.

Prowadzenie szkoleń i warsztatów z zakresu ochrony przeciwpowodziowej ma na celu współpracę jednostek naukowo-badawczych z przedstawicielami służb ratowniczych oraz administracji, która ma za zadanie prowadzić do usprawnienia prowadzonych działań ratowniczych podczas powodzi.

Wnioski

W przypadku zagrożenia takiego jak powódź współpraca między jednostkami badawczymi, przemysłem i służbami ratowniczymi jest niezbędna. Z tego powodu realizowany jest projekt „Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym, ze

szczególnym uwzględnieniem powodzi (rękawy przeciwpowodziowe)", który ma na celu przy wsparciu różnych jednostek wspomóc działania służb ratowniczych straży pożarnej. Prace w tym projekcie koncentrują się zarówno na opracowaniu nowoczesnego sprzętu ratowniczego, jak i przeprowadzeniu cyklu szkoleń i warsztatów dla przedstawicieli władz administracyjnych oraz wyżej wymienionych służb.

Podziękowania

Narodowe Centrum Badań i Rozwoju

Praca została sfinansowana przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu „Optymalizacja procedur, dyslokacji baz i doskonalenie rozwiązań technicznych sprzętu stosowanego przez polskie służby ratownicze w zakresie przeciwdziałania zagrożeniom naturalnym ze szczególnym uwzględnieniem powodzi (rękawy przeciwpowodziowe)", nr umowy 0013/R/ID2/2011/01. Projekt jest realizowany w konsorcjum, w skład którego wchodzą następujące instytucje: Instytut Technologii Bezpieczeństwa MORATEX (Lider projektu), Centrum Naukowo Badawcze im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy, Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Wyższa Szkoła Zarządzania i Prawa im. Heleny Chodkowskiej w Warszawie, AMZ Kutno, Delta Rescue, Z.P.Chr. P.P.H.U. „Lester".

Literatura

[1] Bartnik A., Jokiel P., Geografia wezbrań i powodzi rzecznych, Wyd. Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2012

[2] Kopa D., Wielka woda 2010"organizacja przeciwpowodziowych ćwiczeń aplikacyjnych, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 2010/3

[3] Porycka B., Radwan K., Rakowska J., Ślosorz Z., Matkowska D., Dyslokacja przeciwpowodziowych baz kontenerowych, II Międzynarodowa Konferencja Naukowa Inżynieria Bezpieczeństwa a Zagrożenia Cywilizacyjne. Wyzwania dla Bezpieczeństwa, Częstochowa 10-11.06.2013

[4] Riegert D. (red.), Doraźne metody ochrony stosowane podczas powodzi ze szczególnym uwzględnieniem rękawów przeciwpowodziowych, Wyd. CNBOP-PIB, 2012, Józefów

[5] Simonović S. P., Floods in Changing Climate. Risk Management, Cambridge 2012, DOI: http://dx.doi.org/10.1017/CBO9781139088404

[6] Smolarkiewicz M.M., Gra decyzyjna „WODA" – symulacja powodzi na potrzeby szkoleniowe centrum zarządzania kryzysowego, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 2011/4
[7] Suchorab P., Riegert D., Konsorcjum na zagrożenia, Przegląd pożarniczy 3/2014
[8] Szylar J. Szkolenie Strażaków Ratowników OSP z zakresu działań przeciwpowodziowych oraz ratownictwa na wodach, 2009, Wyd. CNBOP-PIB
[9] Włodarczyk K., Oprogramowanie wspomagające zarządzanie kryzysowe na szczeblu lokalnym – ELIKSIR, Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza 2008/2
[10] Wróblewski D. (red.), Wybrane problemy z zakresu planowania cywilnego w systemie zarządzania kryzysowego RP, 2014, Wyd. CNBOP-PIB

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 325–336

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.28

Grzegorz Rogalewicz[1], Wioletta Maria Bajdur[2]
[1]SAFETY Biuro Usług BHP
ul. Polna 22, Makowiska, 90-330 Pajęczno
[2]Politechnika Częstochowska
al. Armii Krajowej 36B, 42-200 Częstochowa
e-mail: wiolawb@poczta.onet.pl

MODELOWANIE ZAGROŻEŃ PRZEMYSŁOWYCH NA PRZYKŁADZIE SUBSTANCJI CHEMICZNEJ - AMONIAKU

Streszczenie. Rozwój przemysłu chemicznego i wzrastająca ilość produkowanych i stosowanych w procesach produkcyjnych materiałów o charakterystycznych właściwościach chemicznych mogą, w razie nieprawidłowego obchodzenia się z nimi, spowodować śmierć lub uszkodzenie ciała, a także zagrożenia dla dóbr materialnych i stanu środowiska naturalnego. Obserwuje się także stały wzrost liczby awarii i katastrof powstałych na terenie zakładów bądź w transporcie materiałów niebezpiecznych. Nagłe przedostanie się do otoczenia większej ilości substancji toksycznych wywołuje lokalne zaburzenia funkcjonowania ekosystemu. W celu ograniczenia zagrożeń chemicznych w przemyśle można wykorzystywać oprogramowanie komputerowe ALOHA. W pracy dokonano analizy potencjalnych zagrożeń w zakładach mleczarskich, wykorzystujących w swoich procesach technologicznych amoniak. Wyznaczono strefy zagrożeń powodowanych używaniem amoniaku w warunkach rzeczywistych oraz przeprowadzono badania prognostyczne. Analiza przeprowadzonych pomiarów chmury amoniakalnej w warunkach rzeczywistych i modelowania zagrożeń z wykorzystaniem programu komputerowego ALOHA wykazała, że zobrazowane zasięgi stref zagrożeń wyliczone z użyciem programu pokrywają się z wartościami stref, które zostały wyznaczone przez przyrządy pomiarowe w warunkach rzeczywistych. Tego rodzaju badania prognostyczne i analizy mogą pozwolić na ograniczenie zagrożeń, a nawet na wyeliminowanie awarii.
Słowa kluczowe: modelowanie, zagrożenia chemiczne, ograniczenie awarii w przemyśle.

INDUSTRIAL HAZARDS MODELLING BASED ON THE EXAMPLE OF A CHEMICAL SUBSTANCE – AMMONIA

Abstract. The development of chemical industry and increasing number of materials with characteristic chemical properties, which are produced and used in production processes, can cause death or injury as well as damage to tangible property and natural environment if they are handled improperly. Also constant increase in the number of industrial accidents and disasters in factories or during transport of hazardous materials is observed. Sudden penetration of a significant amount of toxic substances into the environment causes local disorders in ecosystem functioning. In order to limit chemical hazards in industry ALOHA software may be used. An analyses of potential hazards has been carried out in a milk processing plant which uses ammonia in its technological processes. Hazardous areas caused by using ammonia in actual conditions were determined and forecasting studies were conducted. The analysis of the results of measurements of ammonia cloud in actual conditions and hazards modelling using ALOHA computer programme proved that the depicted ranges of hazardous areas calculated by means of the programme have similar values to the areas which have been designated by measurement instruments in actual conditions. Forecasting studies and analyses of this type can allow to limit the hazards and even to eliminate industrial accidents.
Keywords: modelling, chemical hazards, limiting the number of industrial accidents.

Wprowadzenie

Przemysł chemiczny zaspokaja wiele różnych potrzeb człowieka. Stanowi równocześnie zagrożenie dla pracowników bezpośrednio zatrudnionych w produkcji i dla mieszkańców terenów położonych w pobliżu zakładów.
Do dynamicznego rozwoju przemysłu chemicznego przyczynił się Eugeniusz Kwiatkowski, który kierował się hasłem: „Chemia żywi, leczy i ubiera" [1]. Jednak chemia może również stanowić poważne zagrożenie. Obecnie, pomimo zwiększającej się świadomości społecznej, nie każdy zdaje sobie sprawę z zagrożeń, które stwarzają produkty chemiczne, zwłaszcza w procesach produkcji. Podobnie produkty chemiczne, w zależności od parametrów fizykochemicznych, mogą mieć właściwości toksyczne, powodować pożary czy też mogą stać się przyczyną wybuchu. Amoniak staje się najważniejszym czynnikiem chłodniczym stosowanym nie tylko w standardowych dużych i średnich liniach technologicznych, lecz także w układach małych – używanych w sieci handlowej, w małych przetwórniach żywności i innych. Dlatego też zagadnienie bezpieczeństwa eksploatacji amoniakalnych urządzeń chłodniczych wszystkich typów nabiera obecnie szczególnie wielkiego znaczenia, co znajduje odbicie w przepisach bezpieczeństwa ogólnego w wielu krajach.

Właściwości fizyko-chemiczne [2, s. 154] NH_3 – z pozoru dobrze znanego gazu – sprawiają, iż jest to jedna z bardziej niebezpiecznych substancji. W warunkach normalnych amoniak jest bezbarwnym gazem o charakterystycznym, ostrym, przenikliwym zapachu.

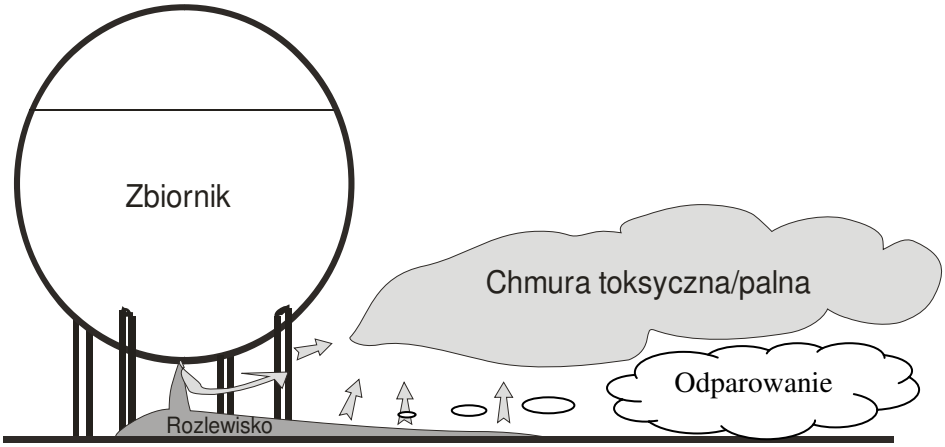
Najmniejsze stężenie amoniaku, przy którym zaobserwowano wpływ na układ oddechowy, działanie drażniące na górne drogi oddechowe i oczy oraz zakłócenia w funkcji oddechowej płuc, wynosi 70 mg/m³ (LOAEL). Wartości NDS amoniaku przyjęto na poziomie stężenia 35 mg/m³. Po narażeniu na oddziaływanie amoniaku o mniejszym lub równym stężeniu od wymienionego nie zaobserwowano skutków szkodliwych dla ludzi (NOAEL). Uwzględniając różną wrażliwość osobniczą ludzi oraz wartości normatywne przyjęte w Unii Europejskiej, zaproponowano wartość NDS amoniaku na poziomie średniej wartości ważonej dla 8-godzinnego dnia pracy, tj. 14 mg/m³ (19,74 ppm), a wartość NDSCh na 28 mg/m³ (39,48 ppm).

Tab. 1. Szybkość parowania ciekłego amoniaku z otwartego stalowego zbiornika o średnicy d = 0,6m^2

Lp.	Czas (min)	Poziom cieczy (mm)	Spadek poziomu (%)	Ubytek masy (kg)
1.	0	400	0	0,00
2.	2	365	9	2,67
3.	8	360	10	3,05
4.	195	290	27	8,40
5.	220	280	30	9,20

Istotnym zagrożeniem wynikającym z właściwości fizyko-chemicznych amoniaku jest jego przechowywanie w dużych ilościach, zwykle w postaci skroplonej. Ryzyko wystąpienia niepożądanego zdarzenia w tym przypadku występuje podczas rozszczelnienia zbiornika i emisji gazów do atmosfery lub wydostania się do otoczenia ciekłego amoniaku i jego rozprzestrzenianie się. Od około kilkudziesięciu lat amoniak jest magazynowany w warunkach izotermicznych w zbiornikach, gdzie ciśnienie substancji NH_3 jest nieznacznie wyższe niż atmosferyczne. Oczywiście cały czas użytkowane są zbiorniki ciśnieniowe, zarówno kuliste, jak i cylindryczne. Amoniak reaguje z większością metali i ich stopami, głównie w obecności wody. Materiały, z którego wykonuje się zbiorniki, powinny być odporne w warunkach kriogenicznych i na korozję naprężeniową. Zazwyczaj stosuje się stale ulepszone cieplnie i stale austenityczne, które są odporne na kruche pękanie i posiadają niską temperaturę progu kruchości.

Procesem niebezpiecznym, z punktu widzenia stworzenia zagrożenia podczas magazynowania amoniaku, jest wytworzenie się wysokiej temperatury wewnątrz tego zbiornika. Podczas magazynowania ciekłego amoniaku w zbiornikach w warunkach atmosferycznych ważne jest to, aby nie doszło do różnic temperatury wewnątrz zbiornika, ponieważ doprowadzić może to do gwałtownego przemieszczania się cieczy i wytworzenia dużej ilości pary, co spowoduje gwałtowny wzrost ciśnienia w zbiorniku. Następuje to podczas napełniania zbiornika amoniaku zawierającego znaczne ilości wody lub wprowadzania amoniaku o podwyższonej temperaturze albo przy dopływie znacznej ilości ciepła, np. wskutek uszkodzenia izolacji. Rozwarstwianie amoniaku zachodzi przy zawartości wody ponad 0,5%. Amoniak, jak wskazują różnorodne opracowania, jest uznawany za najlepszą alternatywę, w porównaniu z konkurencyjnymi czynnikami chłodniczymi, jak fluorowęglowodory czy freon [3].



Rys. 1. Przykład uwolnienia amoniaku ze zbiornika – powstanie chmury toksycznej
Źródło: opracowanie własne

Potencjalnymi zagrożeniami chemicznymi, w tym między innymi amoniakiem, objęte mogą być zarówno tereny zakładów wykorzystujących tego rodzaju substancje, jak i obszary z nimi sąsiadujące. Analizując możliwość wystąpienia realnych zagrożeń toksyczną substancją przemysłową, jaką jest amoniak w ilości na przykład około 3 ton, zawarty w urządzeniach stacjonarnych w badanym zakładzie mleczarskim, można stwierdzić, że jest to substancja zagrażająca zdrowiu i życiu pracowników oraz mieszkańców obszarów przyległych do terenu zakładu.

Opis stanowiska pracy przy obsłudze instalacji amoniakalnej w zakładzie mleczarskim

Zagrożenia występujące w badanym zakładzie mleczarskim wynikają przede wszystkim z rodzaju, ilości i właściwości fizyko-chemicznych magazynowanych, przerabianych i stosowanych materiałów niebezpiecznych takich, jak: gazy palne, ciecze palne oraz toksycznych środków przemysłowych i niebezpiecznych substancji chemicznych. Stopień zagrożenia wynika również z istoty samych operacji technologicznych oraz wielkości parametrów technicznych, jak: ciśnienie, temperatura, stężenie przepływu itp. Zagrożenie w tego typu obiektach jest zagrożeniem w znacznym stopniu uzależnionym również od samego człowieka, który sprawuje nadzór i kontrolę nad wszystkimi procesami i zadaniami.

Jednym z najpoważniejszych potencjalnych zagrożeń w zakładzie mleczarskim jest używanie substancji chemicznych, w tym wypadku amoniaku, w procesie technologicznym. Amoniak ze względu na swoje doskonałe właściwości termodynamiczne stosowany jest jako czynnik do schładzania w urządzeniach chłodniczych w mleczarni.

W związku z użytkowaniem przez zakład instalacji amoniakalnej, do jej nadzoru i obsługi wyznaczone jest stanowisko operatora maszynowni. Jego głównym miejscem pracy jest maszynownia i stacja skraplania.

Z tabeli 2 jednoznacznie wynika, iż w przypadku wystąpienia powyższych zagrożeń skutki dla pracowników i otoczenia są bardzo duże. Można stwierdzić, że na stanowisku operatora bezwzględnie jest wymagane przestrzeganie reżimu technologicznego, procedur wewnętrznych oraz znajomość instrukcji w zakresie bezpieczeństwa pracy.

Tab. 2. Identyfikacja zagrożeń na stanowisku operatora maszynowni instalacji amoniakalnej

Lp.	Zagrożenie lub czynnik niebezpieczny, szkodliwy, uciążliwy	Źródło zagrożenia	Możliwe skutki
1.	Zagrożenia powodowane amoniakiem	Nieszczelność elementów amoniakalnej instalacji chłodniczej, zawierających skroplony lub gazowy amoniak: • zbiornik, • skraplacz, • parownik, • sprężarki	Amoniak może powodować: • zapalenie oskrzeli i płuc w przypadku wchłaniania go w postaci gazowej drogami oddechowymi, • poparzenia i podrażnienia skóry przez jego roztwory wodne, • uszkodzenia narządu wzroku, aż do spowodowania całkowitej ślepoty przez gaz

Lp.	Zagrożenie lub czynnik niebezpieczny, szkodliwy, uciążliwy	Źródło zagrożenia	Możliwe skutki
			i roztwór wodny. W skrajnych przypadkach może nastąpić śmierć przez uduszenie lub w wyniku doznanych ciężkich wewnętrznych i zewnętrznych obrażeń ciała.
2.	Pożar/wybuch	Instalacja chłodnicza w przypadku niekontrolowanego wycieku amoniaku. Instalacje i urządzenia elektryczne	Podrażnienia, poparzenia. Uszkodzenie dróg oddechowych. Uszkodzenia narządu wzroku. W skrajnych przypadkach – śmierć przez uduszenie, na skutek porażenia prądem elektrycznym lub w wyniku doznanych ciężkich wewnętrznych i zewnętrznych obrażeń ciała
3.	Porażenie prądem elektrycznym	Instalacja elektryczna, urządzenia zasilane energią elektryczną	Poparzenia, zwęglenia skóry, uszkodzenia narządu wzroku. W skrajnych przypadkach śmierć na skutek porażenia prądem elektrycznym lub w wyniku doznanych ciężkich wewnętrznych i zewnętrznych obrażeń ciała
4.	Zagrożenia powodowane przez ciśnienie: • wybuch, • wytryski czynnika chłodniczego pod ciśnieniem	Elementy składowe amoniakalnej instalacji chłodniczej zawierające skroplony lub gazowy amoniak pod ciśnieniem do 1,5 MPa	Poparzenia skóry, uszkodzenia narządu wzroku, śmierć w wyniku doznanych ciężkich wewnętrznych i zewnętrznych obrażeń ciała
5.	Zagrożenia powodowane przez elementy urządzeń technicznych w ruchu: • wplątanie, • wciągnięcie • pochwycenie, • uderzenie	Ruchome elementy maszyn i urządzeń, takich jak: • sprężarki • wentylatory • silniki	Zmiażdżenia, złamania kończyn górnych i dolnych, urazy głowy, otarcia i inne uszkodzenia skóry. W skrajnych przypadkach śmierć w wyniku doznanych ciężkich wewnętrznych i zewnętrznych obrażeń ciała

Lp.	Zagrożenie lub czynnik niebezpieczny, szkodliwy, uciążliwy	Źródło zagrożenia	Możliwe skutki
6.	Zagrożenia wynikające z niskiej temperatury powietrza: • odmrożenia, • przeziębienia	Komora chłodnicza o temperaturze $t < 5^0C$	Uszkodzenia skóry, tkanek, choroby układu oddechowego, przeziębienia
7.	Zagrożenia powodowane przez wystające elementy maszyn i urządzeń: • uderzenie, • upadek	Maszyny i urządzenia w komorze chłodniczej i maszynowni, instalacji do diagnostyki	Urazy głowy oraz kończyn górnych i dolnych
8.	Powierzchnie, na których możliwy jest upadek – zagrożenia: • upadek, • utrata równowagi	Nierówne, śliskie powierzchnie, progi	Złamania, zwichnięcia kończyn, stłuczenia ciała
9.	Zagrożenie powodowane obciążeniem nerwowo-psychicznym, stres	Możliwość popełnienia błędu przy czynnościach podejmowanych w warunkach normalnej, a szczególnie awaryjnej pracy instalacji chłodniczej	Choroby układu krążenia, zmęczenie, brak koncentracji. W konsekwencji pracownik może stworzyć poważne zagrożenie dla życia i zdrowia własnego oraz innych osób przebywających w zakładzie lub jego okolicy

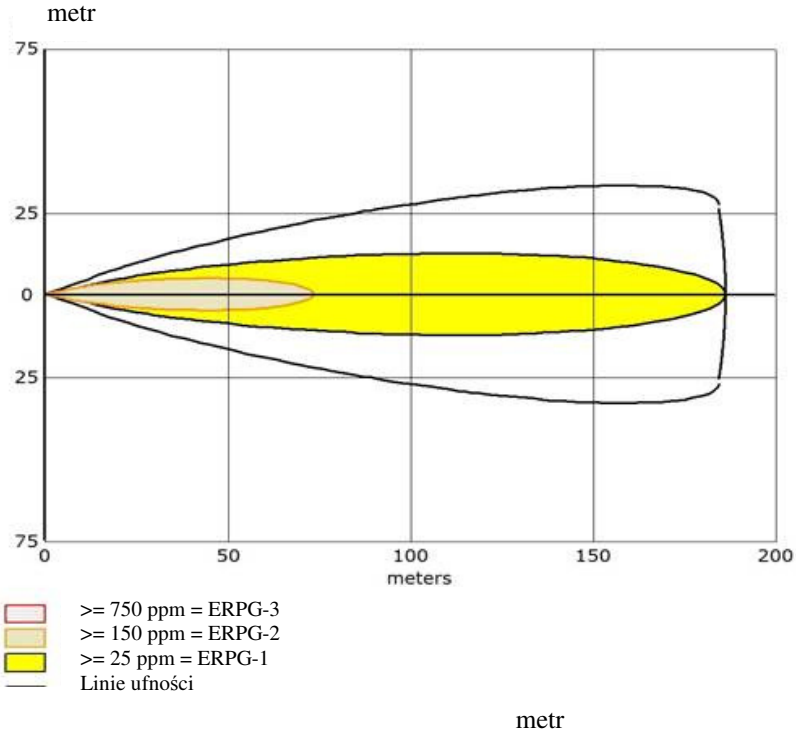
Źródło: opracowanie własne

Modelowanie zagrożeń powstałych w wyniku awarii z udziałem amoniaku z wykorzystaniem programu komputerowego ALOHA

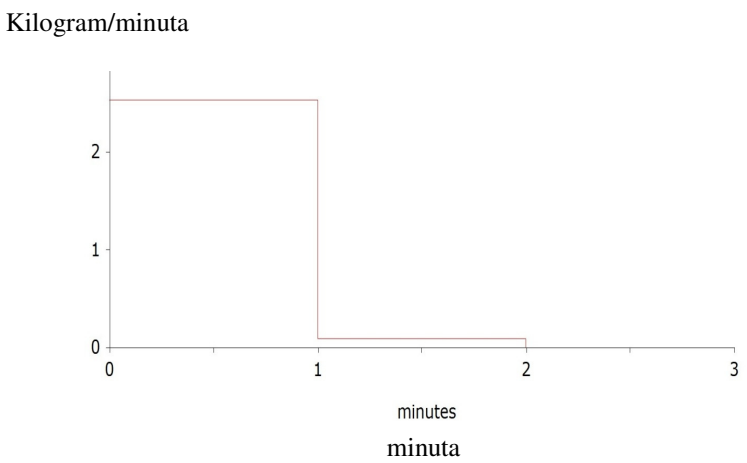
Program do modelowania zagrożeń chemicznych ALOHA jest programem komputerowym opracowanym przez The Cameo Software Suite, przy współpracy z Narodową Administracją Oceanu i Atmosfery (The National Oceanic and Atmospheric Administration) i Agencją Ochrony Środowiska (US Environmental Protection Agency). Program został zaprojektowany do użytku dla ludzi odpowiadających głównie za nadzór nad substancjami chemicznymi oraz służy też do tworzenia map ryzyka, planów awaryjnych oraz

do szkoleń. Program zawiera bibliotekę chemiczną, która zawiera informacje o właściwościach fizycznych około 1000 niebezpiecznych substancji chemicznych. Obliczenia w tym programie stanowią kompromis pomiędzy dokładnością i szybkością. ALOHA został zaprojektowany do generowania właściwych wyników wystarczająco szybko, aby mogły być przydatne dla ratowników [4]. Poniżej przedstawiono przyjęte dane do scenariusza symulacji wypływu amoniaku na otwartej przestrzeni: substancja:

- czas wycieku 2 min, szczeliną o wym. 10 mm x 3 mm ze zbiornika cylindrycznego
- temperatura otoczenia 10ºC ,
- wilgotność powietrza 50%,
- prędkość wiatru 5m/s, kierunek północny, lekkie zachmurzenie,
- masa cząsteczkowa 17,03 g/mol,
- ciśnienie w zbiorniku 0, 2 MPa,
- uwolnienie chmury gazu bez zapalenia.



Rys. 2. Zasięg stref zagrożenia (model depresji substancji)
Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu komputerowego ALOHA



Rys. 3. Zmiany szybkości emisji w czasie
Źródło: opracowanie własne z wykorzystaniem programu ALOHA

Zgodnie z wynikami symulacji został zobrazowany zasięg strefy zagrożenia. Powstały zatem nakładające się na siebie strefy o owalnym kształcie, uformowane zgodnie z kierunkiem i prędkością wiatru. Strefa odpowiadająca maksymalnej odległości – 180 m oraz 30 m szerokości. Jest to obszar, którego toksyczność zawiera się w przedziale między 25 ppm a 150 ppm, co odpowiada standardowi ERPG 1. Strefa druga, odpowiadająca ERPG 2 (150-750 ppm), posiada wymiary ok. 70 x 20 m.

Należy zaznaczyć, że zgodnie z przyjętymi parametrami nie zaistniała strefa ERPG 3 (powyżej 750 ppm).

Analizując intensywność wypływu amoniaku w funkcji czasu, co możemy zaobserwować (rys. 2), największa ilość substancji została uwolniona podczas pierwszej minuty (2,52 kg), natomiast ze względu na blokadę związaną z czopem lodowym, który znacznie zablokował dalszy wypływ, w kolejnej minucie wypłynęło tylko zaledwie 0,09 kg amoniaku.

Pomiary chmury amoniakalnej w warunkach rzeczywistych

Obłok gazowego amoniaku występuje jako żrąca, trująca mgła, rozprzestrzeniająca się z wiatrem nad powierzchnią ziemi, dobrze rozpuszcza się w wodzie. Nad powierzchnią wody utrzymuje się jego żrąca i trująca chmura (strefa). Amoniak w powietrzu pali się dobrze – zielonym płomieniem. Gazowy amoniak jest lżejszy od powietrza, co sprzyja gromadzeniu się w górnych partiach pomieszczeń. Produktami spalania są: tlenki azotu, azot oraz para wodna [2, s. 155].

Mając na uwadze właściwości fizyko-chemiczne amoniaku, przystąpiono do przeprowadzenia pomiarów substancji w warunkach rzeczywistych. Pomiary obłoku toksycznego przeprowadzono w dwóch kolejnych próbach. W pierwszej próbie z instalacji amoniakalnej w pomieszczeniu maszynowni uwolniono około 0,5 kg ciekłego amoniaku do pojemnika o średnicy około 350 mm, na wysokości około 1000 mm, co wywołało intensywne wydzielanie mgły, po czym nastąpiło powolne parowanie trwające około 20 min. W celu wyznaczenia strefy zagrożenia dokonano pomiaru granicy rozprzestrzeniania się obłoku gazowego. Do pomiaru użyto detektora czterogazowego firmy FENZY SPERIAN Multi Pro. W próbie drugiej na otwartej przestrzeni, z rury 19 mm wypuszczono ciekły amoniak przy ciśnieniu około 1,2 atm. i prędkością wypływu około 1,5 kg/min. Czas wypływu wynosił około 1 min, strumień skierowany był poziomo. Zaobserwowano proces tworzenia się mgły amoniaku na skutek skraplania wilgoci zawartej w powietrzu. Przy króćcu rury wyrzucającej amoniak nastąpiło oszronienie jej ścianek. Obłok mgły widoczny był w zasięgu około 10 m. W celu dokonania pomiarów konieczne było stosowanie sprzętu ochrony osobistej. W tej próbie pomiarów dokonano bezpośrednio przy występującej emisji na wysokości około 1 m. MultiPro aktywował alarm, czujnik został wyeksponowany na gaz, którego koncentracja przekraczała jego zakres. Z powyższych prób jednoznacznie wynika, iż proces rozprzestrzeniania się amoniaku w powietrzu jest częściowo ograniczony. Zachodzący proces wymiany ciepła, przy przechodzeniu amoniaku ze stanu ciekłego do stanu gazowego, powoduje natychmiastowe ochłodzenie otoczenia i skraplanie w nim pary wodnej, co skutkuje zamarzaniem otworów o mniejszych średnicach. Wynikiem tego procesu jest powstawanie mgły, która częściowo osiada blisko źródła emisji. W zależności od warunków pogodowych i parametrów wypływu obłok chmury gazowej amoniaku rozprzestrzenia się zgodnie z kierunkiem wiatru i ruchami konwekcyjnymi.

Powyższe właściwości przedmiotowej substancji sprawiają, że wszelkie działania w pobliżu amoniaku należy wykonywać z zachowaniem wszystkich zasad dotyczących ratownictwa chemicznego, w tym stosowaniem pełnej ochrony osobistej dla ratowników.

Podsumowanie

W niniejszym artykule przedstawione zostały zagrożenia związane z substancją chemiczną, jaką jest amoniak stosowany w zakładach przetwórstwa mleczarskiego. Ze względu na ilość podprogową substancji niebezpiecznych w nich występujących, zakłady te w większości przypadków nie kwalifikują się do grupy zwiększonego czy też dużego ryzyka wystąpienia poważnej awarii przemysłowej.

Na podstawie przyjętych parametrów dokonano obliczeń skali zagrożenia, jakie mogłoby być spowodowane poprzez niekontrolowane uwolnienie się amoniaku z instalacji technologicznej wykorzystywanej w zakładzie. Otrzymane wyniki pozwoliły na wskazanie obszaru oddziaływania na bezpośrednie środowisko pracy, jak również tereny przyległe do zakładu. Pozwala to w sposób praktyczny oceniać poziom bezpieczeństwa pracowników oraz mieszkańców miasta, w którym usytuowany jest zakład stosujący amoniak.

Przedstawione ogólne zasady bezpieczeństwa i procedury stosowane podczas wystąpienia zagrożenia, jak również sposób prowadzenia akcji ratownictwa chemiczno-ekologicznego, w znacznej mierze mogą przyczynić się do minimalizacji negatywnego oddziaływania skutków awarii i wypadków, zarówno wobec pracowników, ratowników niosących pomoc poszkodowanym, jak i osób postronnych.

Wszystkie nowe doświadczenia uzmysławiają nam, że systematyczne doskonalenie zawodowe daje gwarancję bezpieczeństwa i skutecznego prowadzenia akcji ratowniczych, a tym samym ratowania życia i zdrowia ludzkiego oraz otaczającego nas środowiska. Stwierdzono, iż instalacje chłodnicze stwarzają podczas awarii zagrożenie toksyczne i wybuchowe oraz w niewielkim stopniu pożarowe. Zagrożenie to wynika przede wszystkim z możliwości powstania mieszanin parowo-powietrznych wokół instalacji i zbiorników, spowodowanych wyciekami cieczy i ulatnianiem się par, których to zjawisk nie da się wyeliminować, a co najwyżej można je ograniczyć. W związku z tym wyznacza się strefy zagrożenia wybuchem, w których podejmuje się działania mające na celu niedopuszczenie do powstania jakichkolwiek bodźców energetycznych. Dla zapobiegania wyciekom z niesprawnych lub uszkodzonych instalacji i urządzeń powinno prowadzi się ich ciągłą, systematyczną kontrolę i konserwację oraz stosować zabezpieczenia technologiczne.

Z analizy przeprowadzonych badań i pomiarów chmury amoniakalnej w warunkach rzeczywistych oraz modelowania zagrożeń przy użyciu programu komputerowego ALOHA wynika, iż zobrazowane zasięgi stref zagrożeń wyliczone z programu mają przybliżone wartości do stref, które zostały wyznaczone przy pomocy przyrządów pomiarowych stosowanych w warunkach rzeczywistych.

Podsumowując, można stwierdzić, iż praca ta powinna wyzwolić u wszystkich zainteresowanych wspólny kierunek działań mających na celu stworzenie optymalnych warunków przeciwdziałania zagrożeniom dla ludzi i środowiska.

Literatura

[1] Nowak-Jeziorański J., Człowiek ze złota. Wspomnienie o Eugeniuszu Kwiatkowskim, Tygodnik Powszechny 1996, 3.
[2] Wojnarowski A. Obolewicz – Pietrasiak A.: Podstawy Ratownictwa Chemicznego, FIREX, Warszawa 2001, 154.
[3] Mikołajek D.: Charakterystyka specyficznych zagrożeń z udziałem gazów trujących, żrących (amoniak, chlor, dwutlenek siarki). Sposoby (systemy) przeciwdziałania zagrożeniom wewnątrz przedsiębiorstwa. w: Centrum kształcenia i doskonalenia kadr, Tarnów, 2007
[4] http://www.bhpowiec.cba.pl

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 337–344

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.29

Andrzej Roman
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa
e-mail: a.roman@ajd.czest.pl

STRATY WYWOŁANE PRZEZ PRĄDY WIROWE W ANIZOTROPOWYCH MATERIAŁACH MAGNETYCZNYCH PRZY ODKSZTAŁCONYM PRZEBIEGU INDUKCJI – METODA KOLEJNYCH REAKCJI PRĄDÓW WIROWYCH

Streszczenie. W artykule określono straty wywołane przez prądy wirowe, przy uwzględnieniu zjawiska wypierania prądu przy odkształconym przebiegu indukcji. W modelach anizotropowych materiałów magnetycznych Poliwanowa i Pry'a, Beana określono straty wywołane przez prądy wirowe, zakładając sinusoidalny przebieg strumienia. W praktyce często występują przypadki, że indukcja jest odkształcona. W pracy wykorzystując model Poliwanowa, określono – stosując metodę kolejnych reakcji prądów wirowych – straty wywołane przez prądy wirowe przy odkształconym przebiegu indukcji. Obliczona pierwsza składowa prądów wirowych pozwala określić wpływ zjawiska wypierania prądu na straty wywołane przez prądy wirowe. Odkształcony przebieg indukcji rozłożony został w szereg Fouriera i dla każdej harmonicznej określono przenikalność zespoloną i wartość strat.
Słowa kluczowe: anizotropowe materiały magnetyczne, straty z prądów wirowych, odkształcona indukcja.

DETERMINATION OF THE EDDY CURRENT LOSSES IN ANISOTROPIC MAGNETIC MATERIALS WITH DEFORMED INDUCTION - METHOD OF SUCCESSIVE REACTIONS OF THE EDDY CURRENT

Abstract. The work deals with calculating eddy current losses in anisotropic magnetic materials. When determining power losses in anisotropic materials using the Polivanov, Pry and Bean models, a sinusoidal magnetic flux is assumed. In practice, there occur

cases when the induction is deformed. In this work we calculated losses from eddy currents using the Polivanov model of anisotropic magnetic metal plate and some other assumptions. The influence of the skin effect on eddy current losses was determined using method successive reactions of the eddy cureent losses. The defromed induction response was expanded into a Taylor series and the complex permeability as well as the losses were calculated separately for each harmonic. The total losses are the sum of the losses for individual harmonics.
Keywords: anisotropic magnetic materials, eddy current losses, deformated induction.

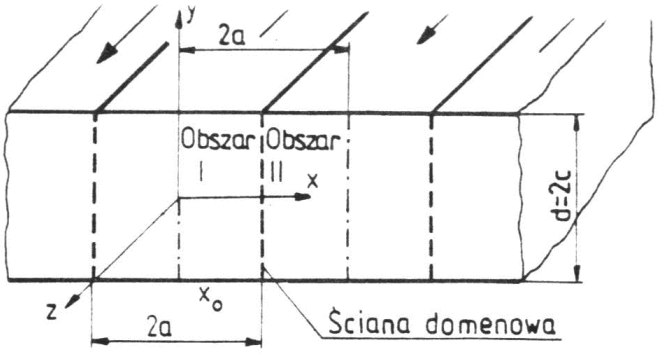
Wstęp

Przy obliczaniu strat wywołanych przez prądy wirowe zakłada się, że przebieg napięcia zasilającego jest sinusoidalny. Często jednak w praktyce zdarza się, że przebiegi prądu i napięcia nie są sinusoidalne. W przypadku, gdy występują odbiorniki nieliniowe, np. urządzenia elektroniczne, energoelektroniczne przebiegi czasowe prądu i napięcia są odkształcone. Powszechność stosowania tych urządzeń powoduje, że problem przebiegów odkształconych stał się zjawiskiem powszechnym. Każdy okresowy przebieg niesinusoidalny można przedstawić zgodnie z analizą Fouriera, w postaci sumy szeregu składowych sinusoid o różnych częstotliwościach.

W artykule określono, stosując metodę kolejnych reakcji prądów wirowych, wykorzystując model Poliwanowa [1] elektrotechnicznej blachy anizotropowej, straty wywołane prądami wirowymi przy odkształconym przebiegu indukcji. Przy dotychczasowych obliczeniach strat [1, 2, 3, 4] zakładano sinusoidalny przebieg indukcji i natężenia pola. W praktyce natomiast zdarza się, że indukcja jest odkształcona. Wykorzystując model i zależności na przenikalność zespoloną podane przez Poliwanowa, określono dla każdej harmonicznej przenikalność zespoloną i wartość strat. W artykule przyjęto założenia określone przez Poliwanowa, że wartość indukcji nie jest duża i w związku z tym wychylenie ściany nie jest duże. Wykorzystując zależność podaną w artykule [5], całkowitą wartość strat wywołanych przez prądy wirowe określono jako sumę strat mocy wywołanych przez poszczególne harmoniczne.

Założenia

Przenikalność magnetyczną anizotropowej blachy elektrotechnicznej określono przy założeniu, że płaskie ściany Blocha rozdzielają domeny antyrównoległe (rys. 1). Szerokość domeny wynosi 2a, natomiast grubość blachy d=2c. Warunki brzegowe przyjęto takie, jak w modelu Poliwanowa.



Rys.1. Przekrój modelu domenowego anizotropowej blachy elektrotechnicznej [2]

Metoda kolejnych reakcji prądów wirowych

Ze względu na znaczny wpływ zjawiska wypierania prądu na przenikalność zespoloną, zwłaszcza przy wyższych częstotliwościach, rozwiązano równanie przewodnictwa, które opisuje to zjawisko. Obliczenia wykonano dla przedstawionego poprzednio modelu wielodomenowego.

Wpływ zjawiska wypierania prądu można określić wychodząc z zależności:

$$rotrotH = -\gamma \frac{\partial B}{\partial t} \tag{1}$$

Mając na uwadze, że:

$$B = \mu_0 H + J \tag{2}$$

gdzie: μ_0 - przenikalność magnetyczna próżni,

J - wektor polaryzacji magnetycznej

i korzystając z tego, że w obrębie domen polaryzacja się nie zmienia, otrzymuje się wyrażenie dla natężenia pola magnetycznego H=H1_z (gdzie 1_z wektor jednostkowy osi z) w postaci równania przewodnictwa. Rozwiązanie tego równania pozwala na określenie wpływu zjawiska wypierania prądu.

Stosując znaną w literaturze metodę kolejnych reakcji prądów wirowych, pole H można przedstawić w postaci:

$$H = H_0 + H_1 + ...H_m + ... \tag{3}$$

przy czym składowa H_0 spełnia równanie Laplace'a, podczas gdy kolejne składowe spełniają równanie

$$\nabla^2 H_{m+1} = \mu_0 \gamma \frac{\partial H_m}{\partial t} \tag{4}$$

które przy danym H ma postać równania Poissona. Łatwo sprawdzić, że wyznaczone w ten sposób pole H spełnia równanie przewodnictwa. Wektor gęstości prądu dla poszczególnych składowych jest określony równaniem

$$j_m = rotH_m 1_z \tag{5}$$

a całkowity wektor gęstości prądu j jest równy

$$j = j_0 + j_1 + \ldots + j_m + \ldots \tag{6}$$

Całkowity wektor gęstości prądu j powinien spełniać wszystkie warunki brzegowe.

W celu określenia zależności $\overline{\mu}/\mu$ (gdzie $\overline{\mu}$ jest szukaną przenikalnością zespoloną, a μ przenikalnością przy niskiej częstotliwości, określoną jako początkowa, statyczna przenikalność) założono, że ściany domenowe poruszają się równolegle do położenia spoczynkowego i ich przemieszczenie nie jest duże i jest proporcjonalne do średniej wartości natężenia pola magnetycznego.

Natężenie pola magnetycznego wzdłuż ściany rozgraniczającej domeny zmienia się w miarę oddalania się od powierzchni blachy. Średnie natężenie pola można wyznaczyć, odejmując od wartości pola zewnętrznego całkę składowej y wektora gęstości prądu (całkowanej od y do c):

$$H_{śr} = \frac{1}{c}\int_0^c \left[H_0 + \int_y^c \gamma (E_x)_{x=a} dy \right] dy, \tag{7}$$

stąd

$$H_{śr} = H_0 - \frac{\gamma}{c}\int_0^c \left[\int_y^c \left(\frac{\partial \phi}{\partial x} \right)_{x=a} dy \right] dy. \tag{8}$$

Obliczoną z tej zależności wartość natężenia pola H_0 podstawiono do równania (4), otrzymując

$$\frac{\partial^2 H_1}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 H_1}{\partial y^2} = \mu\mu_0\gamma \frac{\partial H_0}{\partial t}. \tag{9}$$

Posługując się metodą rozdzielenia zmiennych, określono natężenie pola H_1, które spełnia równanie (9). Całkowite natężenie pola uwzględniając pierwszą składową reakcji prądów wirowych określone jest wzorem:

$$H_0 + H_1 = \sum_{n=1,3..}^{\infty} \left[A_n \cosh \lambda_n x + B_n \sinh \lambda_n x\right] \cos \lambda_n y \tag{10}$$

gdzie:

$$\lambda_n = \frac{n\pi}{2c}\ ,\ A_n = M_n + K_n - j\frac{\theta^2 M_n}{4n^2\pi^2}\ ,\ B_n = j\frac{\theta^2 M_n}{2n\pi d}\ , \tag{11}$$

$$M_n = \frac{4jad\omega\mu_0 B_{śr}(-1)^{\frac{n-1}{2}}}{n^2\pi^2 \sinh\lambda_n a}\ ,\ K_n = -j\frac{\theta^2 M_n}{4n^2\pi^2}\left(1 + \frac{2n\pi a}{d} ctgh\lambda_n a\right)$$

Wprowadzając do wzoru zależności na θ i δ

$$\theta^2 = 4c^2\omega\mu\mu_0\gamma \quad \delta = \frac{a}{2c}$$

obliczona przenikalność zespolona określona jest wzorem:

$$\frac{\overline{\mu}}{\mu} = \frac{1}{1 + j\theta^2\delta \sum_{n=1,3...}^{\infty} \frac{16}{n^3\pi^3}\left[ctgh\lambda_n a - j\frac{\theta^2}{2n^2\pi^2}\left(\frac{n\pi\delta}{\sinh^2 \lambda_n a} + ctgh\lambda_n a\right)\right]} \tag{12}$$

$$= \mu_1 - j\mu_2.$$

Określenie przenikalności przy odkształconym przebiegu indukcji

Aby określić przenikalność przy odkształconym przebiegu indukcji, zakłada się, że indukcja B określona jest wzorem

$$B = \sqrt{2}\,\mathrm{Re}\sum_{k=1}^{\infty} B_{k0}\,\mathrm{e}^{j\omega t}, \tag{13}$$

$$B_{k0} = \left|B_{k0}\right| \mathrm{e}^{j\varphi_k}.$$

gdzie: k – numer kolejnej harmonicznej.

Dla każdej harmonicznej określa się wartość przenikalności zespolonej.

Postępując podobnie jak w punkcie 3, określono wartości przenikalności zespolonej dla następnych harmonicznych:

$$\frac{\overline{\mu}}{\mu} = \frac{1}{1 + j\theta^2\delta \sum\limits_{n=1,3...}^{\infty} \frac{16k}{n^3\pi^3}\left[ctgh\lambda_n a - j\frac{\theta^2}{2n^2\pi^2}\left(\frac{n\pi\delta}{\sinh^2\lambda_n a} + ctgh\lambda_n a\right)\right]}$$

$$= \mu_1 - j\mu_2. \tag{14}$$

Straty z prądów wirowych przy odkształconym przebiegu indukcji

Straty wywołane przez prądy wirowe k-tej harmonicznej określone są zależnością:

$$P_{kw} = \frac{1}{\gamma}\int_V |\mathbf{j}_k|^2 dV, \tag{15}$$

gdzie **j** jest wektorem gęstości prądu, γ jest konduktywnością, a V obszarem całkowania.
Uwzględniając zależność:

$$|j_k|^2 = j_k \circ j_k^* = \gamma^2 grad\Phi_k \circ grad\Phi_k^* \tag{16}$$

oraz wykorzystując wzór (14):

$$B_{k\acute{s}\acute{s}} B_{k\acute{s}\acute{s}}^* = \frac{\overline{\mu}_k \circ \overline{\mu}_k^*}{\mu^2}|B_{k0}|^2. \tag{17}$$

można określić straty wywołane przez prądy wirowe przez każdą harmoniczną. Wykorzystując wzór na straty (15) oraz wykonując całkowanie po obszarze V, określono straty wywołane przez poszczególne harmoniczne k:

$$P_{kw} = \sum_{n=1,3...}^{\infty} \frac{32a^2\omega^2\gamma k^2}{n^4\pi^4 \sinh^2\lambda_n a} \circ |B_{k0}|^2 \frac{\overline{\mu}_k \overline{\mu}_k^*}{\mu^2}\{F_n \sinh 4\lambda_n a - G_n \cosh 4\lambda_n a - L_n\}. \tag{18}$$

gdzie:

$$F_n = \frac{n\pi}{2}\left(1+\frac{\theta^4}{4n^4\pi^4}\right)\left(1+\frac{2n\pi a}{d}ctgh\,\lambda_n a\right)^2 + \frac{\theta^4\delta^2}{2n\pi} + \frac{\theta^4}{8n^3\pi^3}$$

$$G_n = \frac{n\pi}{2}\left(\frac{\theta^4\delta}{2n^2\pi^2}\right)\left(1+\frac{2n\pi a}{d}ctgh\,\lambda_n a\right) + \frac{\theta^4\delta}{4n^2\pi^2}$$

$$L_n = \frac{\theta^4\delta}{2n^2\pi^2}\left(1+\frac{2n\pi a}{d}ctgh\lambda_n a\right) + \frac{\theta^4\delta^2}{4n^2\pi^2} \tag{19}$$

W artykule [5] wykazano, że straty całkowite są sumą strat wywołanych przez poszczególne harmoniczne. Wykorzystując tę zależność, określono straty całkowite prądów wirowych.

Wnioski

W artykule określono wpływ zjawiska wypierania prądu na straty wywołane przez prądy wirowe przy założeniu odkształconej indukcji, wykorzystując model Poliwanowa i obliczoną wartość przenikalności zespolonej (przy uwzględnieniu pierwszej składowej reakcji prądów wirowych). W przypadku, gdy przyrost strat przekracza 10% strat liczonych bez uwzględnienia zjawiska wypierania prądu, należy uwzględnić drugą reakcję prądów wirowych, której wpływ będzie wówczas zauważalny.

Straty można określić dla dowolnej harmonicznej dla arbitralnie przyjętych wartości indukcji. Metodę można wykorzystać dla określonego przebiegu odkształconego i określić wartość strat pochodzących od prądów wirowych.

Literatura

[1] Poliwanow K. M., Dinamiczeskie charakteristiki fierromagnetikow. Izwiestia Akademii Nauk 1952, Fizika XVI, nr 4, s. 449–464.

[2] Pry R. H., Bean C. P., Calculation of the energy loss in magnetic sheet materials using a domain model. Journal of Applied Physics 1958, vol. 29, s. 532–533, DOI: http://dx.doi.org/10.1063/1.1723212

[3] Alberts L., Bishop J. E. L., Lee E. W., The behavior of ferromagnetic sheets in alternating electric and magnetic sheet. Proc. Roy. Soc. A 1963, 276, s. 112–124.

[4] Roman A., Pole elektromagnetyczne w materiałach magnetycznie miękkich o uporządkowanej strukturze domenowej. Wyd. Politechniki Częstochowskiej, seria Monografie 36, 1996.
[5] Gąsiorski A., Straty mocy w dwóch długich walcowych przewodnikach umieszczonych w harmonicznym odkształconym poprzecznym polu magnetycznym. Rozprawy Elektrotechniczne, 1988, Warszawa 1989, t. XXXIV, z.1, s. 59–75.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 345–361

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.30

Joanna Rut, Anna Pytel
Politechnika Opolska
ul. Ozimska 75, Opole 45-370
e-mail: j.rut@po.opole.pl, pytelania@o2.pl

ANALIZA WYPADKÓW PRZY PRACY DLA POTRZEB ZMNIEJSZENIA RYZYKA ZAWODOWEGO NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO PRZEDSIĘBIORSTWA

Streszczenie: W minionym wieku rozwój techniki i technologii spowodował gwałtowny wzrost zagrożeń wypadkami i katastrofami, które jednocześnie przyczyniły się do rozwoju różnorodnych działań prewencyjnych, przybierających formę instytucjonalną, prawną oraz naukowo-techniczną. W przemyśle, gdzie proces produkcji jest realizowany w systemie „człowiek – obiekt techniczny – środowisko", ryzyko dotyczy wszystkich elementów tego systemu. Zakłócenia w działaniu któregokolwiek z wymienionych elementów mogą doprowadzić do pogorszenia stanu zdrowia człowieka, uszkodzenia obiektu technicznego czy zanieczyszczenia środowiska. Ryzyko zawodowe zawsze wiąże się z możliwością poniesienia straty i towarzyszy każdej działalności, a człowiek stale narażony jest na różnego rodzaju zagrożenia, które często prowadzą do wypadków. Dlatego ważne jest, aby dążyć do minimalizacji ryzyka, na które jesteśmy narażeni.
W artykule przedstawiono metodykę analizy i oceny wypadkowości w przemyśle na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa. Do oceny i analizy wypadkowości zaproponowano wskaźniki wypadkowości. Przeprowadzona analiza wypadków przy pracy w latach 2007-2013 przedstawia, na jakim poziomie kształtuje się liczba wypadków przy pracy w zależności od przyjętego kryterium. Na podstawie przeprowadzonej analizy wypadkowości, określono stanowisko pracy obciążone największą wypadkowość. Przeprowadzona ocena ryzyka zawodowego na stanowisku objętym największą wypadkowością pozwoliła na stwierdzenie, iż jednym z najlepszych sposobów minimalizacji ryzyka, a w konsekwencji zmniejszenia liczby wypadków przy pracy, jest ciągłe podnoszenie świadomości oraz kultury bezpieczeństwa pracy pracowników.
Słowa kluczowe: wypadki przy pracy, ryzyko zawodowe, bezpieczeństwo, zagrożenia.

ANALYSIS OF ACCIDENTS AT WORK FOR REDUCE THE RISK OF TRAINING ON THE EXAMPLE OF SELECTED COMPANY

Abstract: In the past century the development of techniques and technologies has caused a sharp increase in the risks of accidents and disasters, which also contributed to the development of a variety of preventive measures, taking the form of institutional, legal, and scientific and technical support. Occupational risk is always associated with the possibility of incurring losses and accompanies each activity. In an industry where the production process is implemented in the system "man - a technical object - environment," it refers to all elements of the system. Interference to any of the above elements can lead to the deterioration of human health, damage to a technical object or environment pollution. Society is constantly exposed to various risks, which often lead to accidents. Therefore, it is important to seek to minimize the risks to which we are exposed. The paper presents a methodology of analysis and evaluation of accidents in the industry as an example of the selected company. To assess and analyze the proposed accident accident rates. The analysis of accidents at work in the period 2007-2013 shows what level is as the number of accidents at work, depending on the adopted criterion. Based on the analysis of accidents, specified workstation loaded with the most accidents. The risk assessment training on a bench under the highest accident rate has allowed the conclusion that one of the best ways to minimize risk and, consequently, reduce the number of accidents at work is to continue raising awareness and safety culture workers.
Keywords: accidents, occupational risk occupat, safety, hazards.

Wprowadzenie

Wypadki przy pracy jako nagłe wydarzenia związane z pracą, wywołane przyczyną zewnętrzną i prowadzące do urazów lub utraty życia, stanowią z globalnego punktu widzenia poważny problem zarówno zdrowotny, jak i ekonomiczny. Na całym świecie w wypadkach przy pracy ginie rocznie kilkaset tysięcy osób, a wiele milionów ludzi staje się w ich następstwie niepełnosprawnych. W Polsce rocznie zdarza się kilkadziesiąt tysięcy wypadków przy pracy, w których ginie około pół tysiąca osób. Koszty związane z wypadkami ponosi całe społeczeństwo. Dlatego problematyka prewencji wypadkowej podlega szczególnej uwadze zarówno zespołów kierujących przedsiębiorstwami, jak i inspektorów pracy, osób zarządzających gospodarką narodową oraz polityków [2].

Historia ludzkości i cywilizacji dostarcza wielu informacji o wypadkach i katastrofach, które powodowały ogromne straty ludzkie, materialne i środowiskowe. W minionym wieku rozwój techniki i technologii spowodował gwałtow-

ny wzrost zagrożeń wypadkami i katastrofami, które jednocześnie przyczyniły się do rozwoju różnorodnych działań prewencyjnych, przybierających formę instytucjonalną, prawną oraz naukowo-techniczną.

Uświadomiono sobie również, że problemy bezpieczeństwa w różnych obszarach i branżach przemysłowych mają bardzo podobny charakter i mogą być opisywane w jednakowy sposób. Należy zaznaczyć, że racjonalność i optymalność w kształtowaniu i zarządzaniu bezpieczeństwem może być realizowana tylko wówczas, gdy potrafimy określić poziom bezpieczeństwa. Dzięki temu powstała koncepcja oceny ryzyka i metodologia zarządzania ryzykiem. W powszechnym rozumieniu ryzyko zawsze wiąże się z możliwością poniesienia straty. Towarzyszy ono właściwie każdej działalności. W przemyśle, gdzie proces produkcji jest realizowany w systemie „człowiek – obiekt techniczny – środowisko", dotyczy ono wszystkich elementów tego systemu. Zakłócenia w działaniu któregokolwiek z wyżej wymienionych elementów mogą doprowadzić do pogorszenia stanu zdrowia człowieka, uszkodzenia obiektu technicznego czy zanieczyszczenia środowiska. Współcześnie społeczeństwo stale narażone jest na różnego rodzaju zagrożenia, które często prowadzą do wypadków. Dlatego ważne jest, aby dążyć do minimalizacji ryzyka, na które jesteśmy narażeni [3].

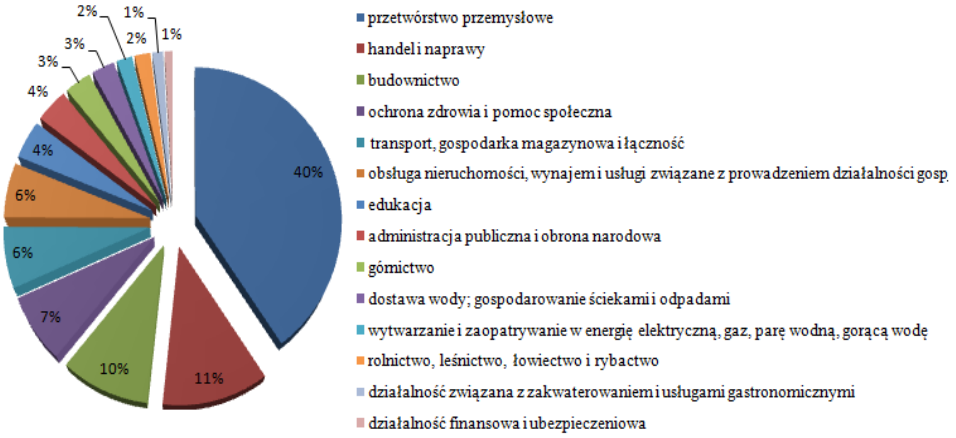
Celem artykułu jest przedstawienie analizy wypadków i zagrożeń występujących w procesie pracy w wybranym przedsiębiorstwie oraz określenie stanowiska pracy obciążonego największą wypadkowością.

Materiał zawarty w artykule nie wyczerpuje wszystkich zagadnień związanych z analizą wypadków przy pracy i projektowaniem działań profilaktycznych.

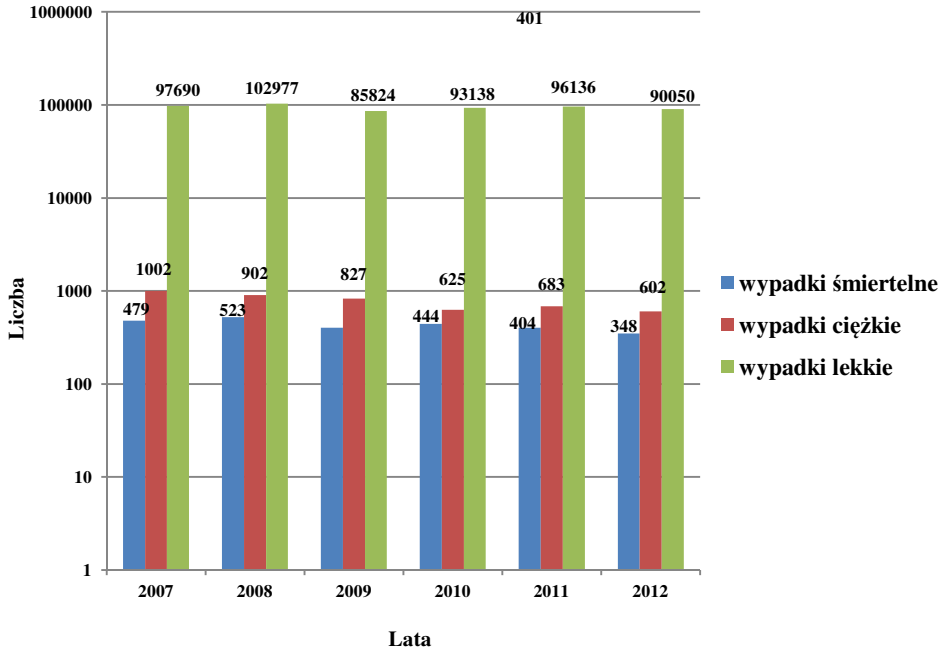
Wypadki przy pracy

Według danych Głównego Urzędu Statystycznego największą liczbę osób, które uległy wypadkom przy pracy, odnotowano w 2008 roku w następujących sekcjach (wg Polskiej Klasyfikacji Działalności). Procentowy rozkład wypadkowości przedstawia rys. 1.

Na rys. 2 przedstawiono dane dotyczące wypadków przy pracy, z podziałem na wypadki śmiertelne, wypadki ciężkie oraz wypadki lekkie. W latach 2007-2012 największą wypadkowość odnotowano w roku 2008, gdzie wypadkom ze skutkiem śmiertelnym uległy 523 osoby, natomiast wypadek lekki odniosło 102 977 osób. W badanym okresie nastąpił znaczny spadek wypadków ciężkich. W 2012 roku odnotowano o 400 mniej wypadków w porównaniu do roku 2007, gdzie wypadkom ciężkim uległy 1002 osoby.

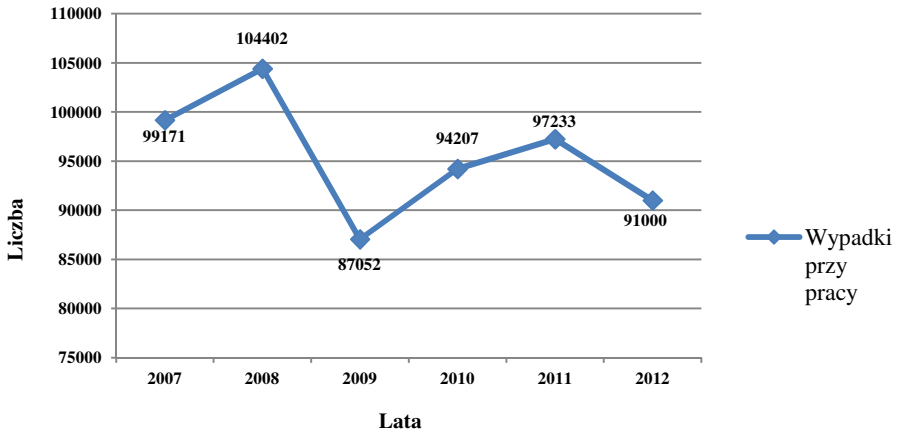


Rys. 1. Poszkodowani w wypadkach przy pracy w roku 2008 (opracowanie własne na podstawie [1])

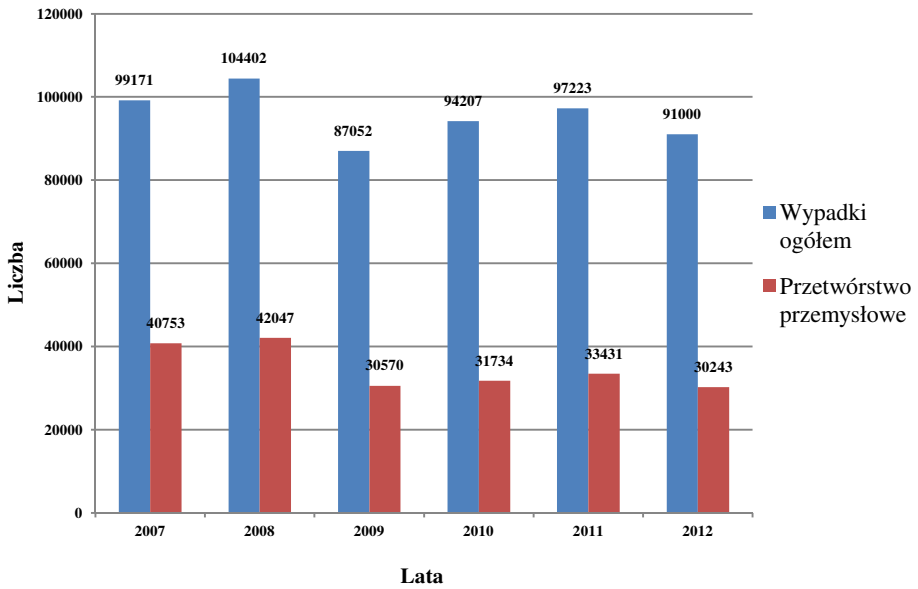


Rys. 2. Liczba wypadków przy pracy z podziałem na śmiertelne, ciężkie i lekkie w latach 2007–2012 (opracowanie własne na podstawie danych [1])

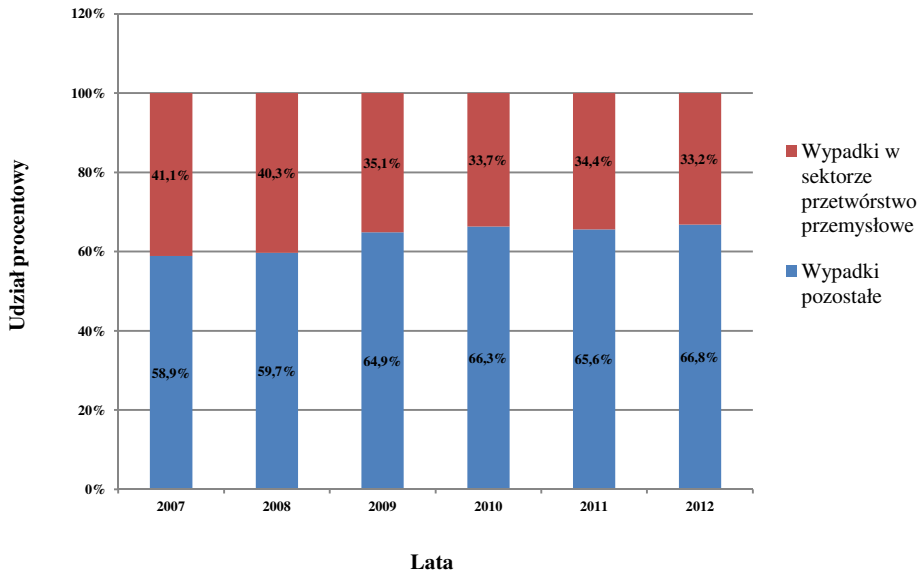
Przeprowadzona analiza wypadków przy pracy w latach 2007-2012 jest bardzo zróżnicowana. Rok 2008 pokazuje bardzo wysoką liczbę wypadkowości, natomiast w roku 2009 następuje duży spadek. W kolejnych latach liczba wypadków znowu nieco rośnie, ale w roku 2012 wypadkowość spada (rys. 3).



Rys. 3. Zależność liczby wypadków do czasu (opracowanie własne na podstawie danych [1])



Rys. 4. Udział liczbowy wypadków w sektorze przetwórstwa przemysłowego w wypadkach ogółem (opracowanie własne na podstawie danych [1])



Rys. 5. Udział procentowy wypadków w sektorze przetwórstwa przemysłowego, w stosunku do wypadków ogółem (opracowanie własne)

Urazy ciała lub nawet śmierć pracownika, choroba zawodowa czy obniżenie sprawności organizmu powstają pod wpływem czynników niebezpiecznych, szkodliwych i uciążliwych w środowisku pracy. Decydujący jest tutaj kontakt pracownika z czynnikami, które przekraczają dopuszczalne stężenia i natężenia, a także czas narażenia, czyli narażenie zawodowe. Podjęcie przez pracodawcę działań mających na celu ograniczenie narażenia zawodowego przyczynia się do obniżenia prawdopodobieństwa lub częstotliwości występowania niekorzystnych zdarzeń, czyli obniża powstawanie ryzyka zawodowego [4].

Analiza wypadkowości i zagrożeń w wybranym przedsiębiorstwie

Wybrane przedsiębiorstwo, w którym przeprowadzono analizę wypadków i zagrożeń, świadczy usługi, które według Polskiej Kwalifikacji Działalności zalicza się do sekcji przetwórstwa przemysłowe. Na poziomie ogólnopolskim, na przestrzeni lat, w tym sektorze zaobserwować można bardzo wysoką liczbę wypadków.

Omawiane przedsiębiorstwo rozpoczęło działalność komercyjną w 2004 roku. Specyfika rynku w tamtym okresie sprawiła, że rozwój Spółki potoczył

się szybko i sprawnie. Produktami wiodącymi przedsiębiorstwa są kompleksowe usługi konserwacyjno-remontowe oraz wykonawstwo obiektów, maszyn i instalacji koksowniczych.

Do oceny i analizy wypadkowości w wybranym przedsiębiorstwie zaproponowano wskaźniki wypadkowości uwzględniające różne aspekty jej oceny i ujmujące badane zjawiska zarówno w ujęciu jakościowym, jak i ilościowym. Przeprowadzona analiza wypadków przy pracy w latach 2007-2012 przedstawia, na jakim poziomie kształtuje się liczba wypadków przy pracy w zależności od przyjętego kryterium. Na podstawie przeprowadzonej analizy wypadkowości określono stanowisko pracy obciążone największą wypadkowością.

W przedsiębiorstwie na podstawie analizy wypadkowości oraz ciągłego zarządzania oceną ryzyka zawodowego stwierdzono osiem znaczących zagrożeń, które mają największy wpływ na występujące wypadki przy pracy – tabela 1.

Tabela 1. Wykaz znaczących zagrożeń w wybranym przedsiębiorstwie (opracowanie własne)

L.p.	**Zagrożenia występujące w przedsiębiorstwie**	**Opis zagrożenia**
1	poparzenie	Zagrożenie występuje podczas procesów technologicznych, którym towarzyszy wysoka temperatura. Kontakt bezpośredni człowieka z substancjami chemicznymi posiadającymi właściwości parzące i żrące. Płomień spawalniczy, gorące elementy, kawałki łączonych materiałów podczas wykonywania prac spawalniczych. Gorące powierzchnie podczas remontów regeneratorów, ścian grzewczych i innych części baterii koksowniczych. Miejsca te są oznaczone.
2	pożar/wybuch	Zagrożenie występuje w miejscach występowania atmosfery wybuchowej na wolnej przestrzeni oraz pomieszczeniach oznakowanych znakami ostrzegawczymi, strefami wybuchu, w szczególności na: bateriach koksowniczych, węglopochodnych, zakładach górniczych, kotłowniach parowych, magazynach butli gazów technicznych, prace pożarowo niebezpieczne. Miejsca te są oznaczone na terenie zakładu pracy.

L.p.	Zagrożenia występujące w przedsiębiorstwie	Opis zagrożenia
3	ruchome, luźne elementy	Zagrożenia tego rodzaju występują na terenie zakładu, dochodzi do nich podczas bezpośredniego kontaktu człowieka z ruchomymi elementami maszyn, urządzeń, oprzyrządowania, wyposażenia technologicznego (np. taśmociągi). Wynikiem czego jest uderzenie, wciągnięcie miedzy ruchome elementy, zgniecenie części ciała człowieka. Do zagrożenia zalicza się także odpadające, obluzowane lub zużyte części maszyn, narzędzi, oprzyrządowania. Prace transportowe dużych, ciężkich, niestabilnych elementów, w których trudno ustalić środek ciężkości. Ruchome elementy maszyn i urządzeń, przemieszczające się maszyny po terenie zakładu pracy. Miejsca te wyposażone są w osłony lub zaopatrzone w inne skuteczne urządzenia ochronne.
4	porażenie prądem	Zagrożenie występuje na stanowiskach pracy elektryków i automatyków, którzy m.in. wykonują prace z zakresu utrzymania ruchu maszyn, urządzeń i instalacji energetycznych, w tym głównie elektrycznych na terenie zakładów przemysłowych. Zdecydowana większość prac wykonywana jest na podstawie polecenia zgodnie zobowiązującymi przepisami bhp przy pracach energetycznych. Ponadto pracownicy korzystają z detektorów napięcia, środków ochronnych (izolacji zbiorowych, osobistych) i innych zabezpieczeń technicznych (np. uziemiacze, widoczne przerwy w obwodach zasilających).
5	upadek z wysokości	Zagrożenie występuje wówczas, gdy znajdujemy się na wysokości co najmniej 1 m nad poziomem podłogi lub ziemi, niezabezpieczonej barierkami lub ścianami.
6	prace poniżej poziomu „0”	Zagrożenie występuje przy pracach wykonywanych poniżej poziomu gruntu - przy instalacjach: prace w sieciach kanalizacyjnych, studzienkach, instalacjach podziemnych itp. - przy pracach ziemnych, robotach budowlanych: wykopy pod fundamenty, rurociągi, roboty montażowe itp.

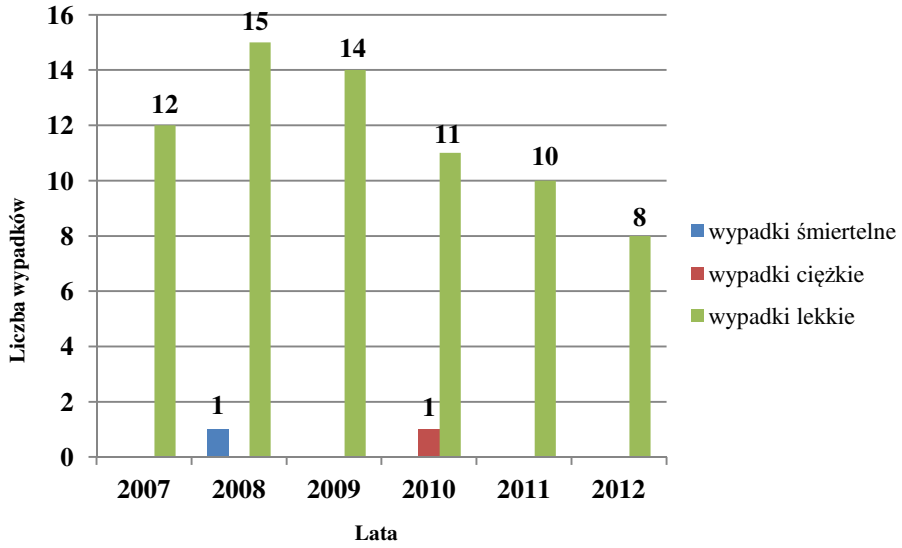
L.p.	Zagrożenia występujące w przedsiębiorstwie	Opis zagrożenia
7	czynniki chemiczne o działaniu uczulającym, drażniącym, żrącym, szkodliwym i rakotwórczym	Zagrożenie występuje na terenie koksowni, na bateriach koksowniczych czy w rejonie węglopochodnych, gdzie produktami ubocznymi są związki chemiczne powstające podczas procesu termicznego odgazowania węgla. Wydzielanie się związków chemicznych podczas procesu spawania konstrukcji stalowych, wytrawianie spoin spawalniczych. Miejsca występowania zagrożeń chemicznych są oznaczone. Karty charakterystyk substancji są dostępne dla pracownika.
8	uduszenie, niedotlenienie	Zagrożenia występują podczas wykonywania prac w zbiornikach, kanałach, studniach, studzienkach kanalizacyjnych, wnętrzach urządzeń technicznych i w innych zamkniętych przestrzeniach, do których wejście odbywa się przez włazy lub otwory o niewielkich rozmiarach lub jest w inny sposób utrudnione. Miejsca te są opisane w wykazie prac szczególnie niebezpiecznych a prace w tych miejscach mogą być wykonywane tylko i wyłącznie przez dwie osoby.

Wyszczególnione w tabeli 1 zagrożenia mają ogromny wpływ na wypadkowość przy pracy w badanym przedsiębiorstwie. Zaznacza się, że pracodawca jest obowiązany dostarczyć pracownikowi nieodpłatnie środki ochrony indywidualnej, zabezpieczające przed działaniem niebezpiecznych i szkodliwych dla zdrowia czynników występujących w środowisku pracy oraz informować go o sposobach posługiwania się tymi środkami. Środki ochrony indywidualnej odgrywają kluczowe znaczenie w ograniczeniu wypadków przy pracy.

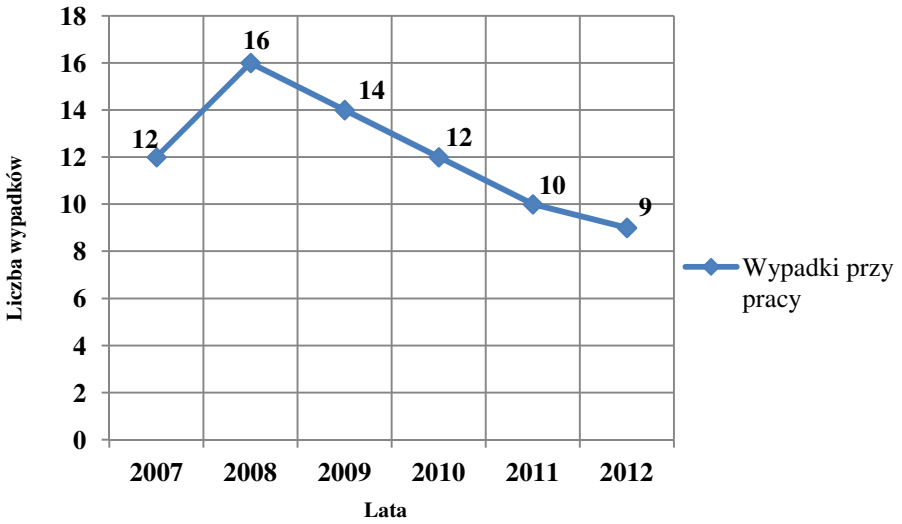
Stan bezpieczeństwa pracy w przedsiębiorstwie odzwierciedla jeden z podstawowych mierników, jakim jest wypadkowość. Obowiązkiem pracodawcy jest przeprowadzanie okresowych analiz stanu BHP, która zwykle zawiera między innymi analizę wypadków za dany okres. Rozpatrzono wypadkowość bezwzględną i względną.

1. Analiza wypadkowości bezwzględnej w wybranym przedsiębiorstwie

Na rys. 6 i 7 przedstawiono dane statystyczne w wybranym przedsiębiorstwie w latach 2007-2012.



Rys. 6. Wypadkowość w latach 2007-2012 z podziałem wypadków na śmiertelne, ciężkie oraz lekkie (opracowanie własne)

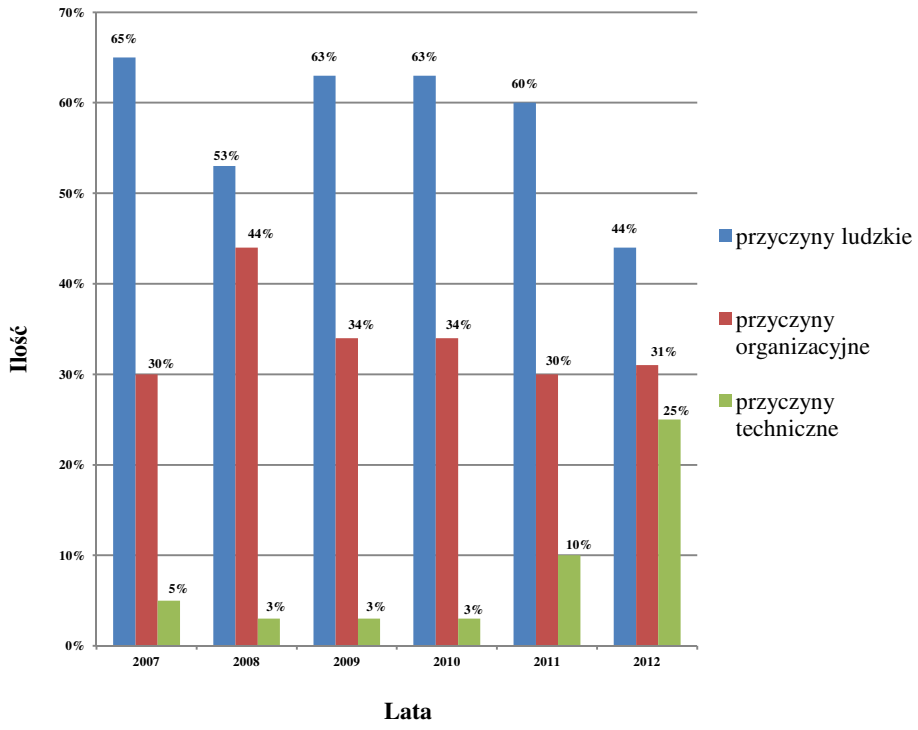


Rys. 7. Ilość wypadków w analizowanym okresie (opracowanie własne)

Przeprowadzona analiza ukazuje, iż największą wypadkowość odnotowano w roku 2008, w tym jeden wypadek śmiertelny. Dużo optymistyczniej przebiegały kolejne lata, co prawda w 2010 roku był jeden wypadek ciężki, ale wszystkie pozostałe zostały sklasyfikowane jako wypadki lekkie. Ponadto zaobserwować można tendencję spadkową wypadków przy pracy, w tym przede wszystkim spadek wypadków śmiertelnych i ciężkich – występuje na poziomie zero. Niemniej jednak nie należy traktować tego spadku jako stałego trendu. Kluczowym aspektem jest ciągłe doskonalenie systemu zarządzania bezpieczeństwem oraz analizowanie ryzyka zawodowego.

2. Analiza wypadkowości względnej w zależności od przyczyny wypadku

Zespoły powypadkowe odnotowały przyczyny wypadków, które zostały odpowiednio podzielone na przyczyny ludzkie, organizacyjne oraz techniczne (rys. 8).



Rys. 8. Przyczyny wypadków przy pracy w latach 2007–2012 (opracowanie własne)

Analizując przyczyny powstania wypadków przy pracy, najwięcej zdarzeń wypadkowych powstało z przyczyn ludzkich. W 2012 roku liczba ta nieco spadła, jednak ciągle to ludzie są najczęstszą przyczyną powstania wypadków przy pracy. Do głównych przyczyn ludzkich powstania wypadków w wybranym przedsiębiorstwie zaliczyć można:

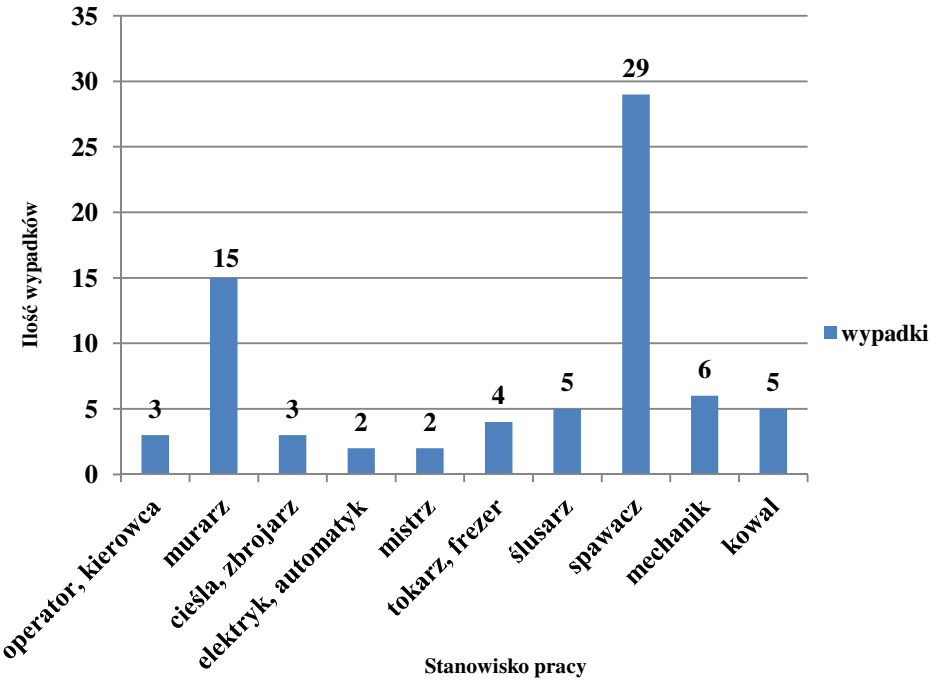
- nieużywanie sprzętu ochronnego przez pracowników, przede wszystkim ochron indywidualnych oraz urządzeń zabezpieczających,
- niewłaściwe używanie narzędzi i maszyn,
- nieuwagę, niedostateczną koncentrację na wykonywanych czynnościach,
- lekceważenie zagrożeń,
- nieprzestrzeganie lub lekceważenie obowiązujących przepisów i zasad BHP,
- niewłaściwe wykonanie powierzonej pracy.

Z analizy wypadków (według wieku pracownika) wynika, że największą wypadkowość w latach 2007-2012 odnotowano w przedziale wiekowym od 18 do 30 lat oraz od 50 do 60 lat. Podobną sytuację obserwujemy w przypadku wypadków przy pracy według stażu pracownika, a mianowicie najwięcej poszkodowanych było ze stażem poniżej 2 lat oraz ze stażem powyżej 10 lat. Spowodowane jest to między innymi przez:

- lekceważenie zasad i przepisów bhp,
- nieprzestrzeganie przepisów bhp,
- zbyt dużą brawurę,
- niewłaściwe używanie narzędzi i maszyn,
- niewłaściwe stosowanie środków ochrony indywidualnej lub ich brak,
- zbyt słabe obycie pracownika ze stanowiskiem pracy oraz miejscem pracy.

Tendencja ta jest spowodowana także dużą rotacją pracowników w przedsiębiorstwie oraz wieloma nowymi inwestycjami. Presja terminów inwestycji prowadzonych przez przedsiębiorstwo powoduje lekceważenie przez pracowników niektórych zasad i przepisów BHP, wynikiem czego są wypadki przy pracy.

Graficzne przedstawienie wypadków na różnych stanowiskach pracy zobrazowano na rys. 9.



Rys. 9. Wypadkowość w latach 2007-2012 według stanowiska pracy poszkodowanych (opracowanie własne)

Analizując wyniki przeprowadzonych badań, można wyszczególnić stanowisko pracy, które jest obciążone największą wypadkowością. Jest to stanowisko pracy spawacza. Ochrona zdrowia pracowników przy procesach spawania jest obecnie bezwzględną koniecznością dla każdego pracodawcy. Procesy spawania związane są z występowaniem wielu czynników stanowiących potencjalne zagrożenie dla zdrowia spawaczy i zagrażających otoczeniu. Zawód spawacza zajmuje więc jedno z czołowych miejsc pod względem szkodliwości i uciążliwości.

Analiza wypadkowości wskaźnikowej w wybranym przedsiębiorstwie

Dokonywanie porównań stanu wypadkowości umożliwiają wskaźniki częstotliwości i ciężkości wypadków. Wskaźniki te przyjęto w kraju za porównawcze w celu oceny stanu zagrożeń wypadkowych w ustalonych okresach w zakładzie pracy. W zakładach pracy posiadających wydziały, działy, inne jed-

nostki organizacyjne wskaźniki te oblicza się nie tylko dla całego zakładu, lecz również dla poszczególnych komórek organizacyjnych, celem ustalenia miejsc wysokiego ryzyka.

Wzorcowy sposób obliczania wskaźnika częstotliwości wypadków:

$$\boldsymbol{Wskaźnik\ częstotliwości\ wypadków} = \frac{\boldsymbol{W\ x\ 1000}}{\boldsymbol{2}}$$

gdzie: W - ilość wypadków w okresie sprawozdawczym,
Z - średnie zatrudnienie w okresie sprawozdawczym.

Wskaźnik częstotliwości wypadków określa liczbę wypadków przypadających na 1000 zatrudnionych.

Wzorcowy sposób obliczania wskaźnika ciężkości wypadków:

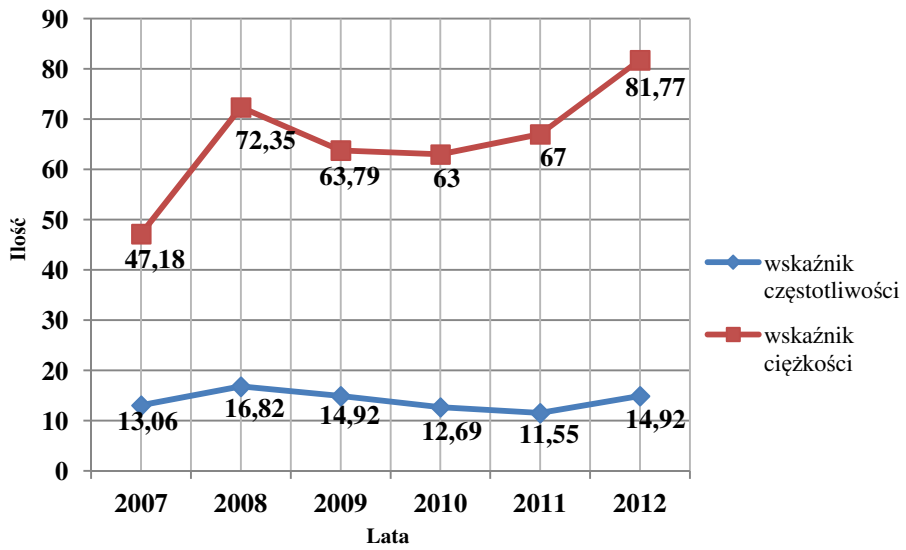
$$\boldsymbol{Wskaźnik\ ciężkości\ wypadków} = \frac{\boldsymbol{D}}{\boldsymbol{W - S}}$$

gdzie: D - suma dni zwolnień lekarskich w okresie sprawozdawczym,
W - ilość wypadków,
S - ilość wypadków śmiertelnych.

W wyniku wypadków przedsiębiorstwo odniosło największą stratę w wysokości 1158 dni roboczych w 2008 roku, w roku tym odnotowano także najwyższą wypadkowość oraz najwyższy wskaźnik częstotliwości. Najwyższy wskaźnik ciężkości pojawia się w 2012 roku i wynosi 81,77. Jest to spowodowane ilością osób zatrudnionych – w poprzednich latach zatrudnienie w analizowanym przedsiębiorstwie było większe, część pracowników została zatrudniona w nowo nabytej w 2009 roku koksowni. Rok 2011 określa wskaźnik w wysokości 67. Wartość ta określa średnią długość zwolnień chorobowych w wyniku wypadku przy pracy.

Graficzne zobrazowanie danych dotyczących wskaźnika częstotliwości i wskaźnika ciężkości przedstawiono na rys. 10.

Analiza wypadków przy pracy w wybranym przedsiębiorstwie w latach 2007-2012 na podstawie przyjętych kryteriów wykazała największą wypadkowość na stanowisku spawacza. Zagrożenia, które występują na tym stanowisku pracy, są szczególnie niebezpieczne. Większość zagrożeń występujących na stanowisku spawacza jest zakwalifikowanych jako znaczące zagrożenia, które mają wpływ na wypadki przy pracy w owym przedsiębiorstwie.



Rys. 10. Zależność wskaźników dotyczących wypadkowości do czasu (opracowanie własne)

Zagrożenia na stanowisku pracy spawacza - propozycje zmian zmniejszenia zagrożeń w aspekcie zwiększenia bezpieczeństwa

W procesie szacowania ryzyka zawodowego na stanowisku spawacza wyszczególniono wiele zagrożeń występujących podczas realizacji zadań. Wymienić można między innymi urazy kończyn górnych lub dolnych, poparzenia, olśnienie wzroku, zapylenie, schorzenia spowodowane wymuszoną pozycją ciała, upadek lub poślizgnięcie, nadmierny wysiłek fizyczny, wybuch, pożar. Wyszczególnienie zagrożeń pozwoliło na odpowiednie wyciągnięcie wniosków, że konieczne jest stosowanie środków prewencyjnych, minimalizujących ryzyko przy poszczególnych zagrożeniach, a w efekcie końcowym – na stanowisku pracy. Bardzo istotną kwestią minimalizacji ryzyka jest podniesienie świadomości pracowników wykonujących pracę na stanowisku spawacza poprzez szkolenia z zakresu BHP, np. prowadzonych w formie instruktażu czy warsztatów uwzględniających wizualizację przykładów wypadków przy pracy.

Istotną rolę odgrywają także instrukcje stanowiskowe oraz czynnościowe udostępnione pracownikom do regularnego wglądu, np. poprzez wywieszanie tablic informacyjnych BHP, na których zamieszczane są instrukcje oraz informacje o wypadkach przy pracy zaistniałych przy pracach spawalniczych.

Należy zaznaczyć, że samo podnoszenie świadomości pracowników poprzez szkolenia, warsztaty czy instrukcje stanowiskowe nie spowodują, że wypadki czy też zdarzenia potencjalnie wypadkowe znikną. Zgodnie z myślą, że

pracownik świadomy zagrożeń to pracownik bezpiecznie wykonujący pracę, musi iść technika i sposób wykonywania pracy. Rozwiązania techniczne mają tutaj ogromne znaczenie, ponieważ pośrednio przyczyniają się do minimalizacji zagrożenia w procesie pracy. Przykładowo zastosowanie wentylacji mechanicznej odciągów miejscowych oraz wyposażenie spawarek w indywidualne odciągi przy kolbie spawarki w znacznym stopniu minimalizują substancje szkodliwe powstające w procesie spawania. Substancja szkodliwa, taka jak wodna, krystaliczna krzemionka, czy też mangan, po przekroczeniu NDS powoduje bóle głowy oraz dekoncentrację, która powodować może zwiększenie prawdopodobieństwa wypadku przy pracy. Stosowanie środków ochrony indywidualnej również ma ogromny wpływ na obniżenie poziomu wystąpienia zagrożeń na stanowisku spawacza. Wśród takich środków ochrony indywidualnej na stanowisku spawacza można wymienić między innymi odzież chroniącą przed gorącymi czynnikami termicznymi, odpowiednie obuwie, rękawice spawalnicze, maski i półmaski, przyłbice i okulary ochronne.

Dostosowanie do potrzeb pracowników i procesu produkcyjnego stanowiska pracy oraz utrzymanie go w należytym stanie przyczynia się przede wszystkim do wzrostu bezpieczeństwa. Ponadto przyczynia się do wydajności wykonywanej pracy, do wzrostu produktywności, prawidłowego funkcjonowania przedsiębiorstwa, poprawy jakości pracy, jak również ograniczenia zagrożeń. Mniej wypadków przy pracy i chorób zawodowych oznacza mniej zwolnień chorobowych, co z kolei przyczynia się do ograniczenia przestojów w produkcji oraz do obniżenia kosztów.

Istotną kwestią zmniejszenia zagrożeń i ryzyka podczas wykonywania prac spawalniczych jest dbanie o otoczenie między innymi poprzez zabezpieczenie pomieszczenia i pomieszczeń sąsiadujących przed przeniknięciem płomieni, iskier i cząstek metalu, usunięcie na bezpieczną odległość, poza promień zasięgu iskier, wszelkich materiałów palnych, przykrycie szczelnie wszelkich materiałów palnych osłonami z materiałów niepalnych i nieprzewodzących ciepła, zabezpieczenie palnych elementów budynku przed możliwością zapalenia.

Wnioski

Analiza wypadków przy pracy przeprowadzona dla potrzeb zmniejszenia ryzyka zawodowego w wybranym przedsiębiorstwie, w oparciu o przyjęte wskaźniki i kryteria, zobrazowała, na jakim stanowisku pracy występują największe zagrożenia i wypadkowość. Zagrożenia, które występują na stanowisku pracy spawacza, są szczególnie niebezpieczne. W celu zwiększenia skuteczności profilaktyki wypadkowej wskazane jest doskonalenie statystyk w zakresie wypadków przy pracy, prowadzenie pogłębionych analiz danych o wypadkach przy pracy, planowanie działań prewencyjnych na podstawie wyników analiz danych

o wypadkach przy pracy, ukierunkowanie działań prewencyjnych na obszary rzeczywistych zagrożeń. Dobrym sposobem na zmniejszenie wypadków przy pracy jest wnikliwe badanie okoliczności i przyczyn wypadków przy pracy, zdarzeń potencjalnie wypadkowych, niebezpiecznych sytuacji oraz błędów i odchyleń w procesach pracy. Na bazie takich ustaleń z reguły wyciągane są wnioski i podejmowane są właściwe decyzje profilaktyczne oraz pełna ich realizacja.

Zapobieganie wypadkom przy pracy, urazom i chorobom ogranicza koszty ponoszone przez przedsiębiorstwo oraz przyczynia się do poprawy funkcjonowania przedsiębiorstwa jako całości. Monitorowanie i badanie środowiska, w którym wykonywana jest praca, przyczynia się do minimalizacji zagrożeń. Ograniczenie liczby wypadków przy pracy i chorób zawodowych oznacza, że przedsiębiorstwo dba o pracowników, swój wizerunek, jakość wyprodukowanych produktów, wiarygodność i konkurencyjność na rynku.

Literatura

[1] Główny Urząd Statystyczny http://www.stat.gov.pl/gus/5840_1817_PLK_HTML.htm (data dostępu: 14.05.2014)
[2] Pietrzak L. Analiza wypadków przy pracy dla potrzeb prewencji Państwowa Inspekcja Pracy Główny Inspektorat Pracy, Warszawa 2007
[3] Romanowska–Słomka I., Słomka A.: Zarządzanie ryzykiem zawodowym. Wyd. VI. Wydawnictwo Tarbonus Sp. z o.o., Kraków 2008
[4] Zawieski W.M. (red.): Ryzyko zawodowe. Metodyczne podstawy oceny. Centralny Instytut Ochrony Pracy, Warszawa 2009

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 363–370

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.31

Dariusz Rydz, Marlena Krakowiak, Teresa Bajor
Politechnika Częstochowska
al. Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa
e-mail: rydz@wip.pcz.pl

IDENTYFIKACJA POZIOMU HAŁASU NA STANOWISKU PRACY

Streszczenie. Terminem hałas opisywane są dźwięki o niepożądanym lub szkodliwym wpływie na człowieka. Ludzie na całym świecie są narażeni na hałas w miejscu pracy oraz na wszelkie zagrożenia, jakie za sobą on niesie. Od wielu lat problem nadmiernego hałasu w miejscu pracy jest tematem licznych prac z zakresu ergonomii i fizjologii człowieka. Szkodliwość hałasu zależy między innymi od natężenia dźwięku, częstotliwości czy też charakteru jego zmian w czasie. Pomimo wprowadzenia wielu nowoczesnych rozwiązań ograniczających szkodliwy wpływ hałasu na człowieka, nie ma możliwości całkowitego wyeliminowania go ze środowiska pracy. Dlatego też dla hałasu są ustalane i wprowadzane normy określające dopuszczalne, ze względu na ochronę słuchu, jego wartości na stanowiskach pracy. Pracodawca, w którego zakładzie są eksploatowane urządzenia będące źródłami hałasu, jest zobowiązany do dokonywania pomiarów tego czynnika oraz przeprowadzenia oceny ryzyka zawodowego związanego ze szkodliwym wpływem hałasu na pracowników.
W niniejszej pracy zostanie przedstawiony aktualny stan zagadnienia oraz poczynione działania mające na celu ograniczenia hałasu w hali produkcyjnej, w której znajdują się maszyny do obróbki skrawaniem oraz przeróbki plastycznej metali.
Słowa kluczowe: hałas przemysłowy, redukcja hałasu, stanowisko pracy.

IDENTIFICATION OF NOISE LEVEL AT THE WORKPLACE

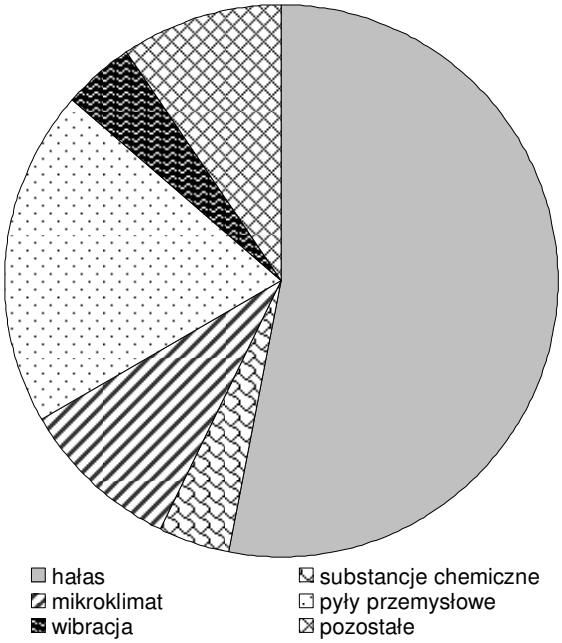
Abstract. The noise term describes sounds with undesirable or harmful effects on human being. The people around the world are exposed to noise in the workplace and to all sort of hazards connected with him. For many years, the problem of excessive noise in the workplace is the subject of numerous research in field of ergonomics and human physiology. The harmfulness of noise also depends on sound intensity, frequency or

nature of its changes in time. Despite the introduction of many modern solutions to reduction the harmful effect of noise on a human being, it is impossible to completely eliminate it from the environment. Therefore, the standards specifying the noise acceptable level at the workstand are established and implemented because of the hearing protection. In case of the plant where operate devices that are sources of the noise, the employer is required to make measurements of this factor and to conduct a risk assessment associated with the harmful effects of the noise on workers.
In this work, the current status and made efforts to reduce the noise level in the production room, where the devices for machining and metal forming works, will be presented.
Keywords: industrial noise, noise reduction, workplace.

Wstęp

Hałasem przyjęto nazywać szereg dźwięków o uciążliwym, a nawet szkodliwym działaniu na organizm ludzki. Ponadnormatywne działanie hałasu wpływa negatywnie na człowieka. Objawia się to między innymi zmęczeniem, trudnością w nauce i koncentracji, zaburzeniami orientacji, rozdrażnieniem, wzrostem ciśnienia krwi, bólami i zawrotami głowy oraz czasowym lub trwałym uszkodzeniem słuchu. Dlatego też w ostatnich latach dość restrykcyjnie prowadzi się kontrole w zakładach przemysłowych, związane z określeniem narażenia człowieka na szkodliwe działanie hałasu. Do oceny stwarzanego przez hałas zagrożenia konieczna jest znajomość parametrów hałasu występującego na stanowisku pracy.

Na podstawie danych Głównego Urzędu Statystycznego z roku 2013 jednym z głównych czynników stanowiących największe zagrożenie na stanowisku pracy jest hałas. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że na szkodliwe działanie hałasu narażonych było 190,1 tys. osób (53,0% osobozagrożeń związanych ze środowiskiem pracy). Liczba pracowników narażonych na hałas była niemal trzykrotnie większa od liczby pracowników zagrożonych drugim pod względem częstości występowania czynnikiem szkodliwym – pyłami przemysłowymi. Na podstawie przeprowadzonych przez Główny Urząd Statystyczny badań określono procentowy udział zagrożeń związanych ze środowiskiem pracy (rys. 1) [5].



Rys. 1. Procentowy udział zagrożeń związanych ze środowiskiem pracy [5]

Hałas i metody ochrony przed jego szkodliwym działaniem

W zakładach pracy, w których występuje zagrożenie hałasem prowadzi się okresowe pomiary natężenia dźwięku w celu określenia zagrożenia związanego ze szkodliwym działaniem hałasu na organizm ludzki.

Według dyrektywy 2003/10/WE Parlamentu Europejskiego z dnia 6 lutego 2003 roku dotyczącej między innymi ochrony przed hałasem określono:

- że w miejscu pracy, gdzie pracownicy narażeni są na hałas na poziomie 80 dB (A) lub wyższym, pracodawca ma obowiązek zapewnić im dostęp do odpowiednich środków ochrony słuchu, przy czym nie musi egzekwować ich stosowania,
- że w miejscu pracy, gdzie pracownicy narażeni są na hałas na poziomie 85 dB (A) lub wyższym, pracodawca ma obowiązek wyposażyć ich w odpowiednie środki ochrony słuchu, przy czym musi bezwzględnie egzekwować ich stosowanie,
- wartość graniczną ekspozycji, którą ustalono na poziomie 87 dB (A) - jest to górna granica hałasu, która nie może być przekroczona.

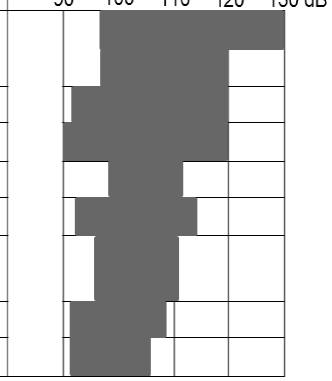
Natomiast najwyższe dopuszczalne wartości natężeń hałasu ze względu na ochronę słuchu zostały określone w Rozporządzeniu Ministra Pracy i Polityki Społecznej z 29 listopada 2002 r. [3] w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku, i wynoszą one odpowiednio:

- poziom ekspozycji na hałas w odniesieniu do 8-godzinnego dnia pracy – 85 dB,
- maksymalny poziom dźwięku A – 115 dB,
- szczytowy poziom dźwięku C – 135 dB.

Na podstawie pracy [4] w tabeli 1 podano typowe wartości poziomów hałasu generowanego przez różne źródła hałasu.

Tab. 1. Wartości poziomów hałasu generowanego przez różne źródła hałasu [4]

Źródło hałasu	**Poziom dźwięku A w dB**
Maszyny stanowiące źródło energii	98 – 130
Urządzenia przepływowe	98 – 120
Maszyny do obróbki plastycznej	92 – 120
Narzędzia i silniki pneumatyczne	90 – 120
Urządzenia transportu wewnątrzzakładowego	98 – 112
Maszyny włókiennicze	93 – 114
Maszyny do rozdrabniania, kruszenia, przesiewania, przecinania, oczyszczania	96 – 111
Obrabiarki skrawające do drewna	92 – 108
Obrabiarki skrawające do metali	92 – 105

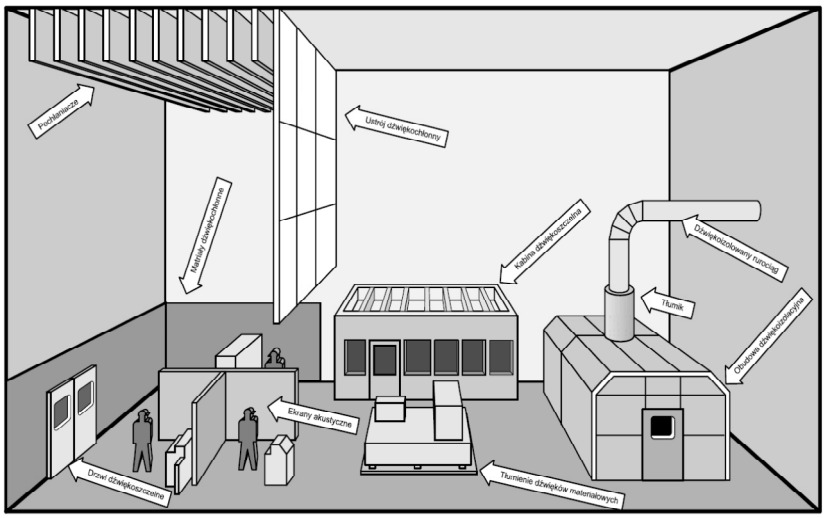


Do podstawowych metod ochrony przed negatywnym działaniem hałasu na organizm ludzki należą [2]:

a) środki techniczne (rys. 2), do których między innymi należą:

- zastąpienie hałaśliwych urządzeń maszynami mniej hałaśliwymi (np. zastąpienie kucia młotem poprzez procesy przeróbki plastycznej np. połączenie walcowania i tłoczenia),
- wyciszenie źródeł hałasu w maszynie (np. zastosowanie ekranów dźwiękochłonnych),
- zastosowanie ekranów dźwiękochłonnych na poszczególnych stanowiskach pracy oraz ścian i sufitów hal produkcyjnych,
- stosowanie ochraniaczy słuchu na stanowiskach, gdzie nie ma możliwości ograniczenia hałasu poniżej norm dopuszczalnych,
- stosowanie kabin dźwiękoizolacyjnych,

b) środki organizacji pracy, do których między innymi należą:
- prawidłowe zaprojektowanie pod względem akustycznym zakładu i zagospodarowania pomieszczeń produkcyjnych,
- stanowiska pracy należy umieszczać możliwie daleko od hałaśliwych maszyn i urządzeń,
- przerwy techniczne w pracy oraz rotacje pracowników na stanowiskach, na których występuje zagrożenie hałasem.



Rys. 2. Schemat środków technicznych ograniczenia hałasu [2]

Badania własne

Badania doświadczalne przeprowadzono w firmie zajmującej się działalnością obróbki skrawaniem metali, która powstała w latach 90. ubiegłego wieku. Produkcja firmy jest ukierunkowana głównie na produkcję części i akcesoriów samochodowych. Na początku firma była wyposażona w tradycyjne obrabiarki metalu: nożycę gilotynową, prasę hydrauliczną, tokarki, frezarki, wytaczarki, szlifierki oraz inne urządzenia niezbędne do wykonywania prac związanych z obróbką metali. Pojawiał się jednak problem związany z narażeniem pracowników na szkodliwe działanie hałasu, ponieważ jego wartość niejednokrotnie przekraczała 100 dB. Pracownicy zmuszeni byli do stosowania środków ochrony słuchu. Pracodawca, widząc pojawiający się problem i kierując się dążeniem do poprawy jakości produkowanych wyrobów, jak i poprawy warunków pracy, wprowadził do linii produkcyjnej firmy 11 maszyn CNC. Maszyny te wyposażone są w osłony

dźwiękochłonne, przez co znacznie ograniczono negatywny wpływ hałasu na pracowników. Nie udało się jednak zastąpić wszystkich urządzeń i na wyposażeniu firmy znajdują się jeszcze prasa i nożyca. Dodatkowo w celu ograniczenia negatywnego wpływu hałasu na człowieka w hali zastosowano przegrody (ekrany dźwiękochłonne) oddzielające poszczególne stanowiska pracy. Należy tu nadmienić, że zadaniem ekranów dźwiękochłonnych jest pochłanianie dźwięków padających na powierzchnie pochłaniacza i zamiana energii dźwięków w ciepło. Zastosowanie na ścianach oraz suficie ekranu dźwiękochłonnego powoduje znaczne zmniejszenie intensywność fal dźwiękowych odbitych. Ekrany dźwiękochłonne przyczyniają się do obniżenia poziomu hałasu w środowisku pracy [1, 2, 4].

Do pomiaru hałasu w środowisku pracy zastosowano miernik dźwięku SoundTest-Master z archiwizacją dla pomiarów długotrwałych. Istnieją dwie metody określenia hałasu w środowisku pracy [4]:

- w bezpośredniej strefie roboczej maszyny, gdzie bardzo małe znaczenie ma pole pogłosowe (dźwięki odbite od ścian hali produkcyjnej),
- w strefie, gdzie kumulują się pola pogłosowe, czyli w znacznej odległości od źródeł powstawania hałasu.

W niniejszej pracy analizie poddano wyniki pomiaru hałasu w bezpośrednim otoczeniu maszyn roboczych, ponieważ zastosowane przegrody dźwiękochłonne i wprowadzenie maszyn CNC z osłonami dźwiękochłonnymi do linii produkcyjnej firmy przyczyniły się do obniżenia poziomu hałasu, w taki sposób, że największe natężenie hałasu jest w strefie roboczej maszyn. W strefie pogłosowej można stwierdzić, że narażenie pracowników na działanie hałasu jest małe. Ze względu na proces technologiczny w hali produkcyjnej podczas pomiarów pracowało 6 maszyn CNC oraz prasa i nożyca. Wyniki pomiarów hałasu w ciągu 8 godzinnego dnia pracy zamieszczono w tabeli 2.

Tab. 2. Wyniki pomiaru hałasu na poszczególnych stanowiskach pracy

Lp.	**Maszyna (bezpośrednia strefa pracy)**	**Minimalna zarej. wartość hałasu [dB]**	**Maksymalna zarej. wartość hałasu [dB]**	**Średnia zarej. wartość hałasu [dB]**
1	nożyca	87,3	89,6	88,4
2	prasa	97,3	99,0	98,1
3	maszyna CNC - 1	78,1	82,1	80,1
4	maszyna CNC - 2	77,5	80,8	79,1
5	maszyna CNC - 3	78,4	79,5	78,9
6	maszyna CNC - 4	78,6	80,0	79,3
7	maszyna CNC - 5	79,1	80,2	79,6
8	maszyna CNC - 6	78,2	79,5	78,8

Na podstawie wyników pomiarów można stwierdzić, że po wprowadzeniu maszyn CNC do linii produkcyjnej oraz zastosowaniu przegród (ekranów dźwiękochłonnych) oddzielających poszczególne stanowiska pracy narażenie pracowników na działanie hałasu zmniejszyło się do poziomu około 80 dB. Obecnie w bezpośredniej strefie pracy nożycy i prasy hydraulicznej poziom wartości hałasu jest wyższy, i tam należy stosować środki ochrony słuchu. Należy podkreślić, że przed przeprowadzeniem modernizacji zakładu pracownicy byli narażeni na hałas często przekraczający wartość 100 dB. Podczas prowadzonych pomiarów hałasu w strefie roboczej maszyny CNC prowadzono operacje toczenia, gwintowania, frezowania i wycinania elementów metalowych. Wszystkie badane stanowiska znajdowały się w jednej hali. Głównymi źródłami hałasu były urządzenia i maszyny związane z produkcją wyrobów metalowych. Na podstawie przedstawionych w tabeli 2 wyników pomiarów można stwierdzić, że na żadnym stanowisku w badanym obiekcie nie stwierdzono podczas pomiarów przekroczenia maksymalnego poziomu dźwięku A (który nie powinien przekraczać 115 dB) oraz maksymalnego poziomu dźwięku C (który nie powinien przekraczać 135 dB).

Podsumowanie

W niniejszej pracy przedstawiono wpływ środków technicznych i organizacyjnych na ograniczenie szkodliwego wpływu hałasu na pracowników firmy prowadzącej działalność związaną z obróbką skrawaniem metali. Na początku działalności firmy pracownicy byli narażeni na nadmierne i szkodliwe działanie hałasu. Obowiązkiem pracodawcy było i jest zapewnienie środków ochrony słuchu, jak i prowadzenie ciągłej kontroli pracowników, czy te środki ochrony są stosowane. Ponadto pracodawca zobowiązany jest do organizowania okresowych pomiarów hałasu w miejscu pracy. W 2002 roku w zakładzie rozpoczęto modernizację zarówno hali produkcyjnej, jak i linii produkcyjnej. W wyniku zastosowania przegród dźwiękochłonnych, prawidłowego rozmieszczenia urządzeń oraz zastąpienia hałaśliwych maszyn nowoczesnymi maszynami CNC z osłonami dźwiękowymi udało się w znacznym stopniu ograniczyć poziom hałasu do poziomu około 80 dB.

W zakładzie pracy prowadzone są okresowe pomiary wartości hałasu na stanowiskach pracy, nie wykazują one przekroczenia maksymalnego poziomu dźwięku A i C.

Literatura

[1] Engel Z., Zawieska W.M., Hałas i drgania w procesach pracy - źródła, ocena, zagrożenia, CIOB PIB, Warszawa 2010,
[2] Mikulski W., Karczmarska A., Koton J.: Hałas na stanowiskach pracy (http://neur.am.put.poznan.pl/pwsz/pbwa/halaswpracy.pdf),
[3] PN-ISO 9612: Akustyka – Zasady pomiaru i oceny ekspozycji na hałas w środowisku pracy (ISO 9612:1997),
[4] www.ciop.pl - Źródła ekspozycji na hałas w środowisku pracy,
[5] http://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/praca-wynagrodzenia/warunki-pracy-wypadki-przy-pracy/warunki-pracy-w-2013-r-,1,8.html

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 371–382

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.32

Mikhail Selianinau
Akademia im. Jana Długosza
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa
e-mail: m.selianinov@ajd.czest.pl

KRYPTOGRAFICZNA OCHRONA DANYCH NA PODSTAWIE MINIMALNIE NADMIERNYCH WIELOMIANOWO-SKALARNYCH MODULARNYCH SYSTEMÓW LICZBOWYCH

Streszczenie. Obecnie jakość realizacji procedur przetwarzania informacji zależy w dużym stopniu od wybranego modelu matematycznego organizacji tego procesu i zrealizowanej na jego podstawie technologii informacyjnej.
Istnieje szereg naukowych i praktycznych rodzajów działalności, gdzie występuje potrzeba przetwarzania informacji przedstawionej w formie wielomianów. Działania na wielomianach odgrywają istotną rolę we współczesnej algebrze komputerowej, cyfrowym przetwarzaniu sygnałów, teorii kodowania, kryptografii itd. W związku z tym duże zainteresowanie znajduje modularna technika równoległych struktur obliczeniowych zdefiniowanych w zakresach wielomianów.
W artykule opisano algorytm kryptograficzny, który pozwala wykonywać operacje blokowego szyfrowania informacji przy użyciu minimalnie nadmiernych wielomianowo-skalarnych modularnych systemów liczbowych. W takich systemach na górnym poziomie jako podstawy wybierane są nierozkładalne wielomiany, a na dolnym poziomie wykorzystuje się minimalnie nadmierne modularne kodowanie elementów z zakresu skalarów. W tym przypadku wielomian z pozycyjnym przedstawieniem współczynników może być jednoznacznie definiowany jako zbiór reszt według wybranych modułów systemu liczbowego.
Użycie minimalnie nadmiernego kodowania pozwala istotnie zwiększyć efektywność metod i algorytmów kryptograficznych kosztem optymalizacji procedur niemodułowych.
Słowa kluczowe: bezpieczeństwo informacji, kryptosystem, kryptogram, szyfrowanie, klucz publiczny, klucz prywatny, modularna arytmetyka, wielomian, modularne systemy liczbowe.

CRYPTOGRAPHIC PROTECTION OF DATA BASED ON MINIMAL REDUNDANT POLYNOMIAL-SCALAR MODULAR NUMBER SYSTEMS

Abstract. At the present time, quality of the execution of information processing procedures is largely determined by the selected mathematical model of the organization of information processing and the information technology implemented on this basis.
There are many scientific and applied researches which demand processing the information presented in the form of polynomials. Operations over the polynomials are very important in modern computer algebra, digital signal processing, coding theory, cryptography, etc. At the same time, modular technology of parallel computing structures defined on polynomial ranges is of great interest.
This article describes the cryptographic algorithm that allows us to perform the block encryption of information using minimal redundant polynomial-scalar modular number systems. In these systems, at the upper level the normalized polynomials of the first degree are used as a basis, whereas at the lower level the elements of scalar range are represented in minimal redundant modular code. In this case a polynomial with the positional representation of the coefficients can be uniquely defined as a sequence of residues with respect to selected bases.
The efficiency of the cryptographic methods and algorithms is significantly increased due to the optimization of the non-modular procedures when using the minimal redundant coding.
Keywords: information security, cryptosystem, cryptogram, encryption, public key, private key, modular arithmetic, polynomial, modular number system.

Wstęp

Informatyzacja jest cechą charakterystyczną współczesnego życia społeczeństwa. W miarę rozwoju i komplikacji środków, metod i form przetwarzania informacji zwiększa się zależność społeczeństwa od stopnia bezpieczeństwa wykorzystywanych technologii informacyjnych, od których czasami zależy dobrobyt, a czasami i życie wielu osób. Informacja jest takim samym strategicznym zasobem, jak surowce i energia, i dlatego musi się chronić, bronić i pewnie przechowywać.

Aktualność i znaczenie problemów związanych z bezpieczeństwem informacyjnym są spowodowane następującymi przyczynami:

- radykalne zwiększenie mocy obliczeniowej współczesnych komputerów przy jednoczesnym uproszczeniu ich eksploatacji;
- gwałtowny wzrost objętości informacji, która się gromadzi, przechowuje i przetwarza za pomocą komputerów;

- ulokowanie w tych samych bazach danych informacji różnego przeznaczenia i różnej przynależności;
- wysokie tempo wzrostu liczby komputerów osobistych, które są stosowane w różnych obszarach działalności;
- drastyczne rozszerzenie kręgu użytkowników mających bezpośredni dostęp do zasobów obliczeniowych i baz danych;
- szybki rozwój narzędzi programowych, które nie spełniają nawet minimalnych wymogów bezpieczeństwa;
- rozpowszechnienie technologii sieciowych i podłączenie sieci lokalnych do sieci globalnych;
- rozwój globalnej sieci Internet, która praktycznie nie zapobiega naruszeniom bezpieczeństwa informacyjnego na całym świecie.

Bezpieczeństwo informacyjne określa zabezpieczenie informacji od przypadkowych i umyślnych działań, które mogą spowodować znaczne straty właścicieli informacji. Ważne miejsce wśród środków ochrony informacji zajmuje kryptografia. Dziś bez stosowania metod i algorytmów kryptograficznych nie jest możliwe przedstawienie oraz spełnienie takich zadań bezpieczeństwa informacji, jak poufność, całość i autentyfikacja. Podstawą realizacji tych mechanizmów ochrony informacji jest szyfrowanie danych [2, 4].

Współczesne systemy telekomunikacyjne charakteryzują się wysoką szybkością i pozwalają przekazywać dużą objętość informacji w jednostce czasu. To powiązano w pierwszej kolejności z pojawieniem się nowych technologii informacyjnych, takich jak wideo- i audiokomunikacja, poczta głosowa, wideokonferencje. Ponieważ przekazywanie informacji dźwiękowej, graficznej i wideoinformacji w wielu przypadkach wymaga poufności, to powstaje zadanie szyfrowania dużej ilości danych w czasie rzeczywistym.

Niezawodność wykorzystywanych systemów szyfrowania jest związana z długością klucza: im dłuższy jest klucz, tym bardziej bezpieczny jest kryptosystem. Obecnie możliwości realizacji sprzętowej i programowej szyfrów znacznie zwiększyły się w porównaniu z końcem XX wieku. Jednak proporcjonalnie zwiększyły się też możliwości analizy kryptograficznej. W konsekwencji tego znacznie wzrosły wymagania dotyczące odporności algorytmów kryptograficznych, które spowodowały zmiany w nowoczesnych sposobach podejścia do konstrukcji szyfrów blokowych [2, 3].

W artykule opisano algorytm kryptograficzny, który pozwala wykonywać operacje blokowego szyfrowania informacji przy użyciu minimalnie nadmiernych wielomianowo-skalarnych modularnych systemów liczbowych. W danych systemach na górnym poziomie jako podstawy wybierane są nierozkładalne wielomiany, a na dolnym poziomie wykorzystuje się minimalnie nadmierne modularne kodowanie elementów z zakresu skalarów. W tym przypadku wielomian z pozycyjnym przedstawieniem współczynników może być jednoznacz-

nie definiowany jako zbiór reszt według wybranych modułów systemu liczbowego. Użycie minimalnie nadmiernego kodowania pozwala istotnie zwiększyć efektywność metod i algorytmów kryptograficznych.

Zasady kryptograficznej ochrony informacji

Podstawą technik kryptograficznych zabezpieczenia informacji są matematyczne algorytmy szyfrowania danych w celu ich ochrony przed przeczytaniem przez nielegalnych użytkowników. Szyfrowanie, czyli sposób przekształcenia otwartej informacji do poufnej i odwrotnie, stosuje się dla przechowywania ważnej informacji w niepewnych źródłach lub przekazywania jej przez niezabezpieczone kanały komunikacji. Ten sposób ochrony informacji w żaden sposób nie kontroluje rozpowszechniania informacji i nie monitoruje płynności odbiorcy. Dlatego niezawodność środków ochrony kryptograficznej zależy od niezawodności zastosowanej metody szyfrowania a podwyższanie poziomu ochrony związane jest z podwyższeniem odporności algorytmu na ujawnienie [2-4].

Obecnie istnieje cały szereg algorytmów szyfrowania danych. Wszystkie narzędzia kryptograficznej ochrony informacji mogą być podzielone na dwie duże grupy. Podstawę pierwszej grupy stanowią metody zbudowane w oparciu na szyfrowaniu symetrycznym, którego charakterystyczną cechą jest zastosowanie tego samego klucza do szyfrowania i deszyfrowania informacji. Klucz algorytmu musi być przechowywany w tajemnicy przez obie strony. Użytkownicy wybierają algorytm szyfrowania przed początkiem wymiany wiadomości. Do drugiej grupy odnoszą się systemy kryptograficzne, które oparte są na zastosowaniu asymetrycznych algorytmów szyfrowania. Te systemy charakteryzują się tym, że wykorzystują dwa różne klucze. W takich systemach szyfrowania klucz publiczny jest transmitowany przez niezabezpieczony otwarty kanał komunikacyjny i wykorzystywany jest dla szyfrowania informacji. Do deszyfrowania wiadomości wykorzystuje się klucz prywatny, który jest znany tylko odbiorcy. Należy wskazać, że algorytmy asymetryczne są pracochłonne w porównaniu z typowymi algorytmami symetrycznymi, więc w praktyce są one zwykle stosowane w przypadkach, gdy ilość zaszyfrowanej informacji jest mała, a wiadomość jest bardzo ważna [2, 4].

Symetryczne systemy kryptograficzne w porównaniu do asymetrycznych systemów mają następujące zalety:

- szybkość szyfrowania i deszyfrowania,
- łatwość realizacji,
- znacznie mniejsze wymagane zasoby obliczeniowe,
- mniejsza konieczna długość klucza,
- doskonale zbadane algorytmy.

Należy jednak również zwrócić uwagę na następujące wady:

- wymaganie dość dokładnej kontroli klucza,
- złożoność zarządzania kluczami w dużych sieciach, co jest związane z kwadratową zależnością ilości kluczy, które trzeba generować, przekazywać, przechowywać i usuwać w sieci, od ilości użytkowników,
- złożoność wymiany kluczy, konieczność wstępnego przekazywania klucza.

Projektowanie algorytmów szyfrowania danych jest oparte na racjonalnym wyborze funkcji przekształcających oryginalne wiadomości do tekstu zaszyfrowanego. Ideę bezpośredniego zastosowania takiej funkcji do całej wiadomości realizuje się bardzo rzadko. Praktycznie wszystkie stosowane techniki kryptograficzne są związane z podziałem wiadomości na dużą liczbę fragmentów (czyli bloków) o ustalonym rozmiarze, z których każdy szyfruje się osobno. Takie podejście istotnie upraszcza zadanie szyfrowania i pozwala na szyfrowanie pakietów danych o nieograniczonej długości [4].

Szyfry blokowe są podstawą, na której realizują się prawie wszystkie systemy kryptograficzne, a ich cechami charakterystycznymi są szybkość oraz wydajność. W blokowych algorytmach kryptograficznych wszystkie wykonywane na danych działania oparte są na fakcie, że przetwarzany blok może być przedstawiony w postaci nieujemnej liczby całkowitej z zakresu odpowiadającego długości tego bloku.

Algorytm kryptograficzny jest uważany za idealnie odporny na deszyfrowanie, jeśli przeczytać zaszyfrowany blok danych można tylko przez sprawdzanie wszystkich możliwych kluczy, dopóki wiadomość nie okaże się zrozumiała. Zatem w ogólnym przypadku odporność szyfrów blokowych zależy od długości klucza i zwiększa się wykładniczo z jej wzrostem.

Wielomianowe modularne systemy liczbowe

Obecnie jakość realizacji procedur przetwarzania informacji zależy w dużym stopniu od wybranego modelu matematycznego organizacji tego procesu i zrealizowanej na jego podstawie technologii informacyjnej.

Istnieje szereg naukowych i praktycznych rodzajów działalności, gdzie występuje potrzeba przetwarzania informacji przedstawionych w formie wielomianów. Działania na wielomianach odgrywają istotną rolę we współczesnej algebrze komputerowej, cyfrowym przetwarzaniu sygnałów, teorii kodowania, kryptografii. W związku z tym duże zainteresowanie znajduje modularna technika równoległych struktur obliczeniowych zdefiniowanych w zakresach wielomianów.

Rozważmy zbiór $\boldsymbol{Z}[x]$ wszystkich wielomianów skończonego stopnia o współczynnikach z pierścienia liczb całkowitych $\boldsymbol{Z}$ i zmiennej x. W danym

przypadku technologia konstruowania modularnych systemów liczbowych (MSL) wymaga budowy pełnego systemu reszt (PSR) według wybieranych parami nawzajem prostych modułów wielomianowych $p_1(x), p_2(x), \ldots, p_n(x)$ [6, 8]. Zachodzi następujące twierdzenie.

Twierdzenie 1. W zbiorze $\boldsymbol{Z}[x]$ dla każdego wielomianu $f(x)$ i dowolnego modułu wielomianowego $p(x)$ o stopniu $\deg p(x) \geq 1$ istnieją jedyne elementy $q(x)$ i $r(x)$ takie, że

$$f(x) = q(x)\, p(x) + r(x)\ (\deg r(x) < \deg p(x)). \tag{1}$$

Ponieważ w aplikacjach komputerowych stosuje się skończone modele matematyczne, to dla budowy wielomianowych MSL (WMSL) zamiast zbioru $\boldsymbol{Z}[x]$ będziemy stosować zbiór $\boldsymbol{Z}_m[x]$ wszystkich wielomianów z pierścienia $\boldsymbol{Z}_m = \{0, 1, \ldots, m-1\}$. Niech $p(x)$ jest dowolnym elementem o stopniu s z $\boldsymbol{Z}_m[x]$. Wówczas zgodnie z twierdzeniem 1, które zachodzi i dla pierścienia $\boldsymbol{Z}_m[x]$, zbiorem wszystkich reszt $r(x)$ z dzielenia $f(x)$ przez $p(x)$ (patrz (1)), gdy $f(x)$ przebiega wszystkie elementy z $\boldsymbol{Z}_m[x]$, jest zbiór

$$\boldsymbol{Z}_m^s[x] = \left\{A(x) = \sum_{j=0}^{s-1} a_j x^j \,\middle|\, (a_0, a_1, \ldots, a_{s-1}) \in (\boldsymbol{Z}_m \times \boldsymbol{Z}_m \times \ldots \times \boldsymbol{Z}_m)\right\}, \tag{2}$$

gdzie m i s są stałe dodatnie liczby całkowite, $m \geq 2$. Moc zbioru (2) jest równa $N = |\boldsymbol{Z}_m^s[x]| = m^s$. Więc zbiór $\boldsymbol{Z}_m^s[x]$ jest PSR według modułu $p(x)$.
Dla oznaczenia PSR tego typu będziemy używać specjalnego zapisu $\langle\cdot\rangle_{p(x)}$, natomiast dla reszty $r(x)$ moduło $p(x)$ z wielomianu $f(x)$ będziemy używać zapisu $\langle f(x)\rangle_{p(x)}$.

W ogólnym przypadku WMSL z parami nawzajem prostych modułów wielomianowych $p_1(x), p_2(x), \ldots, p_n(x)$ indukuje się poprzez izomorficzne odwzorowanie $\varphi : \langle\cdot\rangle_{P(x)} \to \langle\cdot\rangle_{p_1(x)} \times \langle\cdot\rangle_{p_2(x)} \times \ldots \times \langle\cdot\rangle_{p_n(x)}$, gdzie $P(x) = \prod_{l=1}^{n} p_l(x)$, które każdemu wielomianowi $A(x) \in \langle\cdot\rangle_{P(x)}$ przyporządkowuje wielomianowy kod modularny (KM) $(a_1(x);\ a_2(x);\ \ldots;\ a_n(x))$, współrzędnymi którego są reszty $a_l(x) = \langle A(x)\rangle_{p_l(x)}$ $(l = 1, 2, \ldots, n)$ [8]. Zbiór $\langle\cdot\rangle_{P(x)}$ nazywa się zakresem WMSL.

Operacje pierścieniowe na dowolnych dwóch wielomianach:
$A(x) = (a_1(x);\ a_2(x);\ \ldots;\ a_n(x))$
i
$B(x) = \big(b_1(x);\ b_2(x);\ \ldots;\ b_n(x)\big)$ $(a_l(x) = \langle A(x)\rangle_{p_l(x)}, b_l(x) = \langle B(x)\rangle_{p_l(x)},$
$l = 1, 2, \ldots, n)$
według modułów wielomianowych $p_1(x), p_2(x), \ldots, p_n(x)$ są wykonywane niezależnie, czyli zgodnie z regułą

$$\langle A(x) \circ B(x)\rangle_{P(x)} = (\langle a_1(x) \circ b_1(x)\rangle_{p_1(x)},$$
$$\langle a_2(x) \circ b_2(x)\rangle_{p_2(x)}, \ldots, \langle a_n(x) \circ b_n(x)\rangle_{p_n(x)}\ (\circ \in \{+, -, \times\}) \tag{3}$$

Zatem, dodawanie i mnożenie dwóch dowolnych wielomianów według modułu $P(x)$ wymagają dla swojej realizacji odpowiednio n rzeczywistych dodawań i mnożeń, które ponadto mogą być wykonywane równolegle w jednym takcie modułowym. Wszystkie operacje tak modułowe (3), jak i niemodułowe w WMSL realizują się w pierścieniu $\boldsymbol{Z}_m$. Pierścień ten nazywa się skalarnym lub numerycznym zakresem WMSL.

Dekodujące odwzorowanie przyporządkowujące wielomianowemu KM $(a_1(x);\ a_2(x);\ \ldots;a_n(x))$ wielomian $A(x)$ z zakresu $\langle\cdot\rangle_{P(x)}$ realizuje się na podstawie Chińskiego twierdzenia o resztach [6], które dla WMSL z podstawami $p_l(x)$ $(l\ =\ 1,2,\ldots,n)$ daje

$$A(x) = \langle\textstyle\sum_{l=1}^{n} P_l(x)\langle P_l^{-1}(x)A(x)\rangle_{p_l(x)}\rangle_{P(x)} = \sum_{l=1}^{n} P_l(x)\langle P_l^{-1}(x)a_l(x)\rangle_{p_l(x)}, \tag{4}$$

gdzie $P_l(x) = P(x)/p_l(x)$, $\langle P_l^{-1}(x)\rangle_{p_l(x)}$ jest resztą, dla której zachodzi równość $\langle P_l(x)\langle P_l^{-1}(x)\rangle_{p_l(x)}\rangle_{p_l(x)} = 1$.

Realizacja procesu szyfrowania informacji w WMSL

Rozważmy metodę szyfrowania w WMSL bardzo szybkiego strumienia danych. Sekwencja wejściowa, która stanowi zbiór symboli binarnych, jest podzielona na bloki o określonej długości (typowo 64, 128 lub więcej bitów). Każdy blok A dzieli się na s komponentów, tzn. można go zapisać w postaci $A = \{a_{s-1}, a_{s-2}, \ldots, a_1, a_0\}$, gdzie $a_j\ \in\ \boldsymbol{Z}_m$ $(j = 0,1,\ldots,s-1)$. Więc, początkowa długość bloku A powinna być wybrana zgodnie z warunkiem $L\ =\ l \times s$, gdzie $l\ =\ \lceil\log_2 m\rceil$ jest liczbą bitów dla przedstawienia komponentów a_j $\left(j = 0,1,\ldots,s-1\right)$ bloku, przez $\lceil x\rceil$ oznacza się najmniejszą liczbę całkowitą nie mniejszą niż x.

Zatem blok A w postaci wielomianu przedstawia się następująco:

$$A(x) =\ a_{s-1}x^{s-1} + a_{s-2}x^{s-2} + \cdots + a_2x^2 + a_1x^1 + a_0. \tag{5}$$

W WMSL każdy blok $A(x)$ (5) jednoznacznie koduje się zbiorem reszt $a_l(x) =\ \langle A(x)\rangle_{p_l(x)}$ $(l\ =\ 1,2,\ldots,n)$ według wybranych modułów wielomianowych $p_1(x),\ p_2(x),\ldots,p_n(x)$

$$A(x)\ =\ (a_1(x);\ a_2(x);\ \ldots;\ a_n(x)). \tag{6}$$

Następnie do bloku $A(x)$ przedstawionego w wielomianowym KM stosuje się procedurę szyfrowania. W tym celu najpierw należy wygenerować sekwencję kluczową B o długości L bitów, która może być również przedstawiona w postaci wielomianu (patrz (5)), a następnie przekształcona do zbioru wielomianowych reszt $b_l(x) =\ \langle B(x)\rangle_{p_l(x)}$ $(l\ =\ 1,2,\ldots,n)$ według stosowanych

modułów WMSL. W wyniku tego uzyskujemy wielomianowy KM sekwencji kluczowej B

$$B(x) = (b_1(x);\ b_2(x);\ \ldots;\ b_n(x)). \tag{7}$$

Sam proces szyfrowania polega na nałożeniu sekwencji kluczowej na blok informacyjny w WMSL. Tę procedurę można rozpatrywać jak realizację pewnego przekształcenia $F(A(x), B(x))$, które wykonuje się równolegle według modułów wielomianowych systemu. Uzyskany kryptogram w WMSL ma postać

$$C(x) = \big(c_1(x);\ c_2(x);\ \ldots;\ c_n(x)\big). \tag{8}$$

Przy użyciu różnych rodzajów przekształceń $F(A(x), B(x))$ mogą być otrzymane różne sposoby i algorytmy. Najprościej w WMSL realizują się operacje szyfrowania na podstawie formuły (3). Na przykład, kryptogram $C(x)$ (8) otrzymuje się poprzez mnożenie wielomianów (6) i (7).

$$C(x) = \langle A(x) \cdot B(x) \rangle_{P(x)}.$$

W tym przypadku współrzędne zbioru reszt $\big(c_1(x);\ c_2(x);\ \ldots;\ c_n(x)\big)$ są najmniejszymi resztami z dzielenia iloczynów $a_l(x) \cdot b_l(x)$ przez odpowiednie moduły wielomianowe WMSL

$$c_l(x) = \langle a_l(x) \cdot b_l(x) \rangle_{p_l(x)}\ (l = 1, 2, \ldots, n). \tag{9}$$

Żeby rozszyfrować kryptogram $C(x)$, potrzebny jest wielomian $B^{-1}(x) = (b_1^{-1}(x);\ b_2^{-1}(x);\ \ldots; b_n^{-1}(x))$ odwrotny do wielomianu $B(x)$, który jest wielomianowym modularnym przedstawieniem wybranego klucza szyfru. Współrzędne $b_l^{-1}(x)$ wielomianowego KM oblicza się na podstawie równania

$$\langle b_l(x) \cdot b_l^{-1}(x) \rangle_{p_l(x)} = 1\ (l = 1, 2, \ldots, n). \tag{10}$$

Wówczas wielomianowe przedstawienie wejściowego bloku $A(x)$ (6) można odzyskać zgodnie z (9) i (10) za pomocą następującej reguły

$$a_l(x) = \langle b_l^{-1}(x) \cdot c_l(x) \rangle_{p_l(x)}\ (l = 1, 2, \ldots, n).$$

Więc, proces szyfrowania bloku danych o długości L bit w WMSL charakteryzuje się pełnym kluczem, który składa się z klucza szyfrowania $B(x)$ i zbioru wybranych modułów wielomianowych $p_1(x)$, $p_2(x), \ldots, p_n(x)$. Klucz odszyfrowania $B^{-1}(x)$ oblicza się zgodnie z (10). Obliczenie pozycyjnego kodu informacyjnego bloku A według jego wielomianowego KM $A(x)$ wykonuje się odpowiednio do formuły (4).

Przetwarzanie wielomianowych reszt w minimalnie nadmiernym KM

Z zależności (3) wynika, że poziom efektywności arytmetyki WMSL zależy tak od formy analitycznej podstaw $p_l(x)$ i ich stopni $\deg p_l(x)$ $(l = 1, 2, \ldots, n)$, jak i od systemu liczbowego, który wykorzystuje się dla realizacji obliczeń na resztach wielomianowych w pierścieniu $\boldsymbol{Z}_m$. Uwzględniając modułową strukturę tych obliczeń, dla kodowania i przetwarzania elementów z zakresu skalarów $\boldsymbol{Z}_m$ całkiem naturalnym wydaje się stosowanie rzeczywistej MSL z modułami $m_1, m_2, \ldots, m_k$ i zakresem przedstawienia liczb $M_k = \prod_{i=1}^{k} m_i$ [6, 7]. Przy takim podejściu parametr m przyjmuje wartość $m = M_k$, tj. pierścień $\boldsymbol{Z}_{M_k}$ stosuje się jako zakres liczbowy WMSL. Taki WMSL nazywa się wielomianowo-skalarnym MSL (WSMSL) [8].

Skuteczność arytmetyki komputerowej WSMSL znacznie się zwiększa, przy użyciu na dolnym poziomie minimalnie nadmiernego modularnego kodowania elementów z zakresu skalarów, co umożliwia optymalizację procedur niemodułowych. W tym przypadku WSMSL nazywa się minimalnie nadmiernym WSMSL.

Jak wiadomo, zasada minimalnie nadmiernego modularnego kodowania polega na tym, że jako zakres skalarów w WSMSL zamiast zbioru $\boldsymbol{Z}_{M_k}$ należy stosować zbiór $\boldsymbol{Z}_{2M}^{-} = \{-M, -M+1, \ldots, M-1\}$, gdzie $M = \prod_{i=0}^{k-1} m_i$, $m_k \geq 2m_0 + k - 2$, $m_0 \geq k - 2$ (m_0 jest pomocniczy moduł naturalny) [1, 9]. Więc, minimalnie nadmierny WSMSL definiuje się przez system parami nawzajem prostych wielomianów nierozkładalnych $p_1(x), p_2(x), \ldots, p_n(x)$ ze zbioru $\boldsymbol{Z}_{2M}^{-}$ oraz system parami nawzajem prostych liczb naturalnych $m_1, m_2, \ldots, m_k$.

Dla zastosowań praktycznych najbardziej wygodne są minimalnie nadmierne WSMSL z modułami wielomianowymi $p_1(x), p_2(x), \ldots, p_n(x)$, które są normowanymi wielomianami pierwszego stopnia: $p_l(x) = x - r_l$ $(r_l \in \boldsymbol{Z}_{2M}^{-}$; $l = 1, 2, \ldots, n)$, dla których $P(x) = \prod_{l=1}^{n} p_l(x) = x^n \pm 1$. W tym przypadku dowolny wielomian $A(x) \in \langle\cdot\rangle_{P(x)}$ koduje się zbiorem reszt

$$(\propto_{1,1}, \propto_{1,2}, \ldots, \propto_{1,k}\,;\ \propto_{2,1}, \propto_{2,2}, \ldots, \propto_{2,k}\,; \ldots;\ \propto_{n,1}, \propto_{n,2}, \ldots, \propto_{n,k}), \tag{11}$$

gdzie $\propto_{l,i} = |A_l|_{m_i}$; $A_l = \langle A(x)\rangle_{p_l(x)} = |A(r_l)|_{M_k}$; $|X|_m$ oznacza najmniejszą nieujemną resztę porównywalną z wartością X według modułu naturalnego m; $l = 1, 2, \ldots, n$; $i = 1, 2, \ldots, k$.

Minimalnie nadmierne WSMSL charakteryzują się strukturą równoległą tak na pierwszym, jak i na drugim kaskadzie operacji modułowych. Zgodnie z (3) operacje na dwóch dowolnych wielomianach $A(x)$ i $B(x)$ z zakresu $\langle\cdot\rangle_{P(x)}$ wykonuje się według reguły

$$\left(\propto_{1,1},\propto_{1,2},\ldots,\propto_{1,k}\,;\ \propto_{2,1},\propto_{2,2},\ldots,\propto_{2,k}\,;\ldots;\ \propto_{n,1},\propto_{n,2},\ldots,\propto_{n,k}\right)\circ$$
$$\left(\beta_{1,1},\beta_{1,2},\ldots,\beta_{1,k}\,;\ \beta_{2,1},\beta_{2,2},\ldots,\beta_{2,k}\,;\ldots;\ \beta_{n,1},\beta_{n,2},\ldots,\beta_{n,k}\right)=$$
$$(\left|\propto_{1,1}\circ\beta_{1,1}\right|_{m_1},\left|\propto_{1,2}\circ\beta_{1,2}\right|_{m_2},\ldots,\left|\propto_{1,k}\circ\beta_{1,k}\right|_{m_k};$$
$$\left|\propto_{2,1}\circ\beta_{2,1}\right|_{m_1},\left|\propto_{2,2}\circ\beta_{2,2}\right|_{m_2},\ldots,\left|\propto_{2,k}\circ\beta_{2,k}\right|_{m_k};\ldots;$$
$$\left|\propto_{n,1}\circ\beta_{n,1}\right|_{m_1},\left|\propto_{n,2}\circ\beta_{n,2}\right|_{m_2},\ldots,\left|\propto_{n,k}\circ\beta_{n,k}\right|_{m_k}), \tag{12}$$

gdzie reszty $\propto_{l,i}=|A(r_l)|_{m_i}$ i $\beta_{l,i}=|B(r_l)|_{m_i}$ są cyframi wielomianowo-skalarnych KM operandów $A(x)$ i $B(x)$ odpowiednio (patrz (11)), $\circ\in\{+,-,\times\}$ [8].

Jedna z głównych zalet WSMSL polega na unikalnej możliwości obliczenia zgodnie z (12) sumy, różnicy i przede wszystkim iloczynu dwóch wielomianów w ciągu jednego taktu modułowego. W przypadku stosowania tradycyjnej arytmetyki pozycyjnej w pierścieniu $\langle\cdot\rangle_{P(x)}$ przy mnożeniu dwóch wielomianów złożoność obliczeniowa składa się z $n(n-1)$ rzeczywistych dodawań i n^2 rzeczywistych mnożeń.

Jest oczywiste, że istotny wpływ na realny efekt od wprowadzenia do praktyki wielomianowej arytmetyki modularnej może mieć wydajność stosowanych metod przekształcenia wielomianów z pozycyjnego systemu liczbowego w WSMSL i na odwrót oraz metoda wykonywania na wielomianach innych operacji niemodułowych [1].

Wskazany problem skutecznie się rozwiązuje przy użyciu minimalnie nadmiernego modularnego kodowania skalarów z zakresu $\boldsymbol{Z}_{2M}^{-}$. Rozważmy najpierw operację obliczenia cyfr wielomianowo-skalarnych KM. W szczególności, dla cyfr $\propto_{l,i}$ kodu (11) dowolnego wielomianu $A(x)=\sum_{\nu=0}^{n-1}a_\nu x^\nu$ z zakresu $\langle\cdot\rangle_{P(x)}$ $(a_\nu\in\boldsymbol{Z}_{2M}^{-})$ zachodzi wzór

$$\propto_{l,i}=\left|\sum_{\nu=0}^{n-1}R_{\nu,l,i}\sum_{s=0}^{\mu-1}\left|F_s(a_\nu^{(s)})\right|_{m_i}\right|_{m_i}\quad(l=1,2,\ldots,n;\ i=1,2,\ldots,k),$$

gdzie $R_{\nu,l,i}=|r_l^{\nu}|_{m_i}$; $F_s(a_\nu^{(s)})$ są addytywne współrzędne λ - bitowych pozycyjnych form współczynników a_ν:

$$a_\nu=\sum_{t=0}^{\lambda-1}a_{\nu,t}2^t-a_{\nu,\lambda-1}2^\lambda=\sum_{t=0}^{\lambda-2}a_{\nu,t}2^t-a_{\nu,\lambda-1}2^{\lambda-1}=\sum_{s=0}^{\mu-1}F_s(a_\nu^{(s)}),$$

które definiowane są według formuł

$$a_\nu^{(s)} = \sum_{t=0}^{\lambda_s - 1} a_{\nu, q_s + t} 2^t \ (s = 0, 1, \dots, \mu - 1),$$

$$F_s\left(a_\nu^{(s)}\right) = \begin{cases} a_\nu^{(s)} 2^{q_s} \text{ gdy } s = 0, 1, \dots, \mu - 2, \\ a_\nu^{(\mu-1)} 2^{q_{\mu-1}} - \left\lfloor a_\nu^{(\mu-1)} / 2^{q_{\mu-1}-1} \right\rfloor 2^\lambda \text{ gdy } s = \mu - 1; \end{cases}$$

$q_0 = 0, q_1, \dots, q_{\mu-1}$ jest rosnąca sekwencja wartości całkowitych, która określa podział kodu binarnego $(a_{\nu,\lambda-1}, a_{\nu,\lambda-2}, \dots, a_{\nu,0})_2$ na $\mu \geq 1$ grup, s-ta z których zawiera $\lambda_s = q_{s+1} - q_s$ bitów, $q_{\mu-1} \leq \lambda - 1$, $q_\mu = \lambda$, przez $\lfloor y \rfloor$ oznacza się część całkowita liczby rzeczywistej y.

Żeby obliczyć cyfry pozycyjnego przedstawienia wielomianu $A(x)$ według jego wielomianowo-skalarnego KM (11), należy najpierw dla każdego $\nu = 0, 1, \dots, n-1$ uzyskać minimalnie nadmierny MK $\left(\alpha_1^{(\nu)}, \alpha_2^{(\nu)}, \dots, \alpha_k^{(\nu)}\right)$ współczynnika a_ν [8]:

$$\alpha_i^{(\nu)} = |a_\nu|_{m_i} = \left| \sum_{l=1}^{n} R_{l,i}^{(\nu)} \propto_{l,i} \right|_{m_i} \ (i = 1, 2, \dots, k),$$

gdzie $R_{l,i}^{(\nu)} = |n^{-1} r_l^{-\nu}|_{m_i}$. Następnie kod pozycyjny współczynnika a_ν może być obliczony na podstawie jego KM na podstawie wzoru

$$a_\nu = \sum_{i=1}^{k-1} M_{i,k-1} \left| M_{i,k-1}^{-1} \alpha_i^{(\nu)} \right|_{m_i} + I(a_\nu) M_{k-1},$$

gdzie $M_{i,k-1} = M_{k-1}/m_i$, $M_{k-1} = \prod_{j=1}^{k-1} m_i$, $I(a_\nu)$ to wartość całkowita, zwana przedziałowym indeksem liczby a_ν, którą oblicza się według wzorów [1, 9]

$$I(a_\nu) = \begin{cases} \hat{I}_k(a_\nu), \text{jeśli } \hat{I}_k(a_\nu) < m_0, \\ \hat{I}_k(a_\nu) - m_k, \text{jeśli } \hat{I}_k(a_\nu) \geq m_k - m_0 - k + 2; \end{cases}$$

$$\hat{I}_k(a_\nu) = \left| \sum_{i=1}^{k} R_{i,k}(\alpha_i^{(\nu)}) \right|_{m_k},$$

$$R_{i,k}\left(\alpha_i^{(\nu)}\right) = \left| \frac{\left| M_{i,k-1}^{-1} \alpha_i^{(\nu)} \right|_{m_i}}{M_{k-1}} \right|_{m_k} \ (i \neq k), \ R_{k,k}\left(\alpha_i^{(\nu)}\right) = \left| \frac{\alpha_k^{(\nu)}}{M_{k-1}} \right|_{m_k}.$$

Więc, przy użyciu minimalnie nadmiernego kodowania na dolnym poziomie efektywność arytmetyki komputerowej WSMSL znacznie się zwiększa kosztem optymalizacji procedur niemodułowych. Zatem arytmetyce minimalnie nadmiernych WSMSL potencjalnie należą się priorytetowe pozycje w dziedzinie zastosowań komputerowych.

Proponowane opracowania pozwalają przy dość prostej realizacji stwarzać efektywne systemy i środki ochrony kryptograficznej na podstawie blokowego symetrycznego algorytmu szyfrowania danych z użyciem minimalnie nadmiernych WSMSL. W takich systemach na górnym poziomie stosuje się normalizowane wielomiany pierwszego stopnia, a na dolnym poziomie stosuje się minimalnie nadmierne modularne kodowanie elementów z zakresu skalarów.

Ponadto możemy zauważyć, że w ramach opracowanej technologii tworzenia MSL można zdefiniować minimalnie nadmierne WSMSL z zakresami skalarów zespolonych [5, 7]. Uzyskane w tym przypadku zwiększenie wydajności w porównaniu do tradycyjnych realizacji jest jeszcze bardziej imponujące niż w przypadku rzeczywistych WSMSL.

Literatura

[1] Czerniawski A.F. (red.), Bardzo szybkie metody i systemy cyfrowego przetwarzania informacji, Białoruski uniwersytet państwowy, Mińsk, 1996, (w języku rosyjskim).
[2] Ferguson N., Schneier B., Kryptografia w praktyce, Helion, Gliwice, 2004.
[3] Karbowski M., Podstawy kryptografii. Wydanie II, Helion, Gliwice, 2008.
[4] Pieprzyk J., Hardjono T., J. Seberry J., Teoria bezpieczeństwa systemów komputerowych, Helion, Gliwice, 2005.
[5] Selyaninov M., Arithmetic of quadratic minimal redundant modular number systems, Jan Dlugosz University of Czestochowa. Scientific Issues, Mathematics XVI, Czestochowa, 2011, p. 129-134.
[6] Selyaninov M., Construction of modular number systems with arbitrary finite ranges, Jan Dlugosz University of Czestochowa. Scientific Issues, Mathematics XIV, Czestochowa, 2009, p. 105-115.
[7] Selyaninov M., Modular number systems in a complex plane, Jan Dlugosz University of Czestochowa. Scientific Issues, Mathematics XV, Czestochowa, 2010, p. 131-138.
[8] Selyaninov M., Modular technique of high-speed parallel computing on the sets of polynomials, Jan Dlugosz University of Czestochowa. Scientific Issues, Mathematics XVII, Czestochowa, 2012, p. 69-76.
[9] Selianinau M., Modular technique of parallel information processing, Jan Dlugosz University of Czestochowa. Scientific Issues, Mathematics XII, Czestochowa, 2008, p. 43-52.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 383–390

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.33

Marcin Sosnowski, Jerzy Pisarek
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Czestochowa
e-mail: m.sosnowski@ajd.czest.pl

COMPARATIVE ANALYSIS OF EVACUATION MODELLING USING DIFFERENT NUMERICAL MODELS

Abstract. The paper presents comparative analysis of numerical modelling of evacuation, which concerns advanced movement simulation combined with high-quality 3-D animated results. Occupants moving from their starting locations to an exit must choose a route to follow when walking towards their chosen exit. This route selection process significantly affects the overall simulation results, as time spent waiting in queues and time spent walking affect the time it takes all agents to reach their objectives. Therefore two simulation models have been analysed in the paper: steering model and SFPE model. In case of the first one, agents proceed independently to their goal, while avoiding other occupants and obstacles. Door flow rates are not specified but result from the interaction of occupants with each other and with boundaries. In SFPE model, agents use behaviours that follow SFPE guidelines, with density-dependent walking speeds and flow limits to doors. SFPE results provide a useful baseline for comparison with other results, but SFPE calculations do not prevent multiple persons occupying the same space.
Keywords: evacuation, numerical modelling, steering model, SFPE model, safety.

ANALIZA PORÓWNAWCZA WYNIKÓW MODELOWANIA EWAKUACJI Z WYKORZYSTANIEM RÓŻNYCH MODELI NUMERYCZNYCH

Streszczenie. W ramach pracy przeprowadzono analizę porównawczą wyników modelowania ewakuacji osób, która obejmowała zaawansowaną symulację dyslokacji połączoną z wysokiej jakości renderingiem 3D. Modelowane obiekty podczas ewakuacji przemieszczając się z miejsca początkowego do wyjścia, dokonują wyboru optymalnej trasy ewakuacji z wykorzystaniem jednego z dwóch algorytmów. Proces ten w istotny sposób wpływa na końcowe wyniki symulacji z uwagi na fakt, iż czas spędzony przez

pojedynczy obiekt w kolejce do wyjścia oraz czas przemieszczania bezpośrednio wpływa na czas ewakuacji wszystkich obiektów. W związku z powyższym analizie poddano dwa algorytmy decyzyjne: model zmienno-sterujący i model SFPE. W przypadku pierwszego z nich, indywidualne obiekty zmierzają do celu, unikając pozostałych obiektów i przeszkód. Przepływy obiektów przez drzwi wynikają z interakcji geometrycznej pomiędzy obiektami oraz otoczeniem. W modelu SFPE obiekty wykorzystują zachowania zgodne z wytycznymi SFPE wraz z zależnymi od zagęszczenia prędkościami przemieszczania oraz przepływami przez drzwi. Wyniki wygenerowane z zastosowaniem tego modelu nie eliminują jednak możliwości zajmowania tej samej przestrzeni prze kilka obiektów.
Słowa kluczowe: ewakuacja, modelowanie numeryczne, model zmienno-sterujący, model SFPE, bezpieczeństwo.

Introduction

The increasing computational capability is one of the factors leading to high interest in numerical modelling [4, 5]. This research tool is also commonly applied in analysis concerning emergency evacuation especially during fires. Several modelling approaches have been applied within last years to deal with the above mentioned issue, which is of great importance as people in danger can react in many different ways. Traces and evacuation times of people familiar and unfamiliar with the environment can differ significantly especially in the first minutes of the evacuation. These first minutes are considered to be critical in terms of the successful evacuation [8]. Moreover there are occupants (disabled, intoxicated, etc.) who are not able to self-evacuate under any circumstances. Statistics show that over 60% of injures and over 50% of dead in building fires could have evacuated but instead they were performing activities that delayed the evacuation including fighting the fire or attempting to rescue others [2]. That is why the simulation of evacuation requires advanced models which provide high consistency with the reality and take into account all the most important factors influencing human behaviour during fires. The mathematical model developers are also constantly working on improving the usability of numerical models, making them more accessible and embedding more behavioural sophistication [6].

The evacuation models

An agent-based egress simulator has been used during the analysis. It provides two models of occupant motion:

- SFPE model,
- steering model.

The SFPE is a flow model, where walking speeds are determined by occupant density within each room and flow through doors is controlled by door width. It implements the concepts and assumptions of the SFPE Handbook of Fire Protection Engineering [7] as follows:

- the occupants move toward the exits using the shortest path,
- the maximum occupant speed is a function of room density,
- occupants move independently and can occupy the same space as other occupants,
- queues form at doors with the flow rate through the door as specified by SFPE guidelines.

The second analysed model – the steering model – is based on the idea of inverse steering behaviours and allows more complex behaviour to naturally emerge as a by-product of the movement algorithms. It eliminates the need for explicit door queues and density calculations [3].

The numerical setup

The computational domain was defined as a set of seven double rooms of 15 m^2 area (5 m x 3 m), one single room of 10 m^2 area (5 m x 2 m) and 1 m wide T-shaped corridor with two evacuation exits. Fifteen occupants are initially located in rooms and assigned to specific exits (Fig. 1). The location of occupants in each room was random but the same for both analysed models.

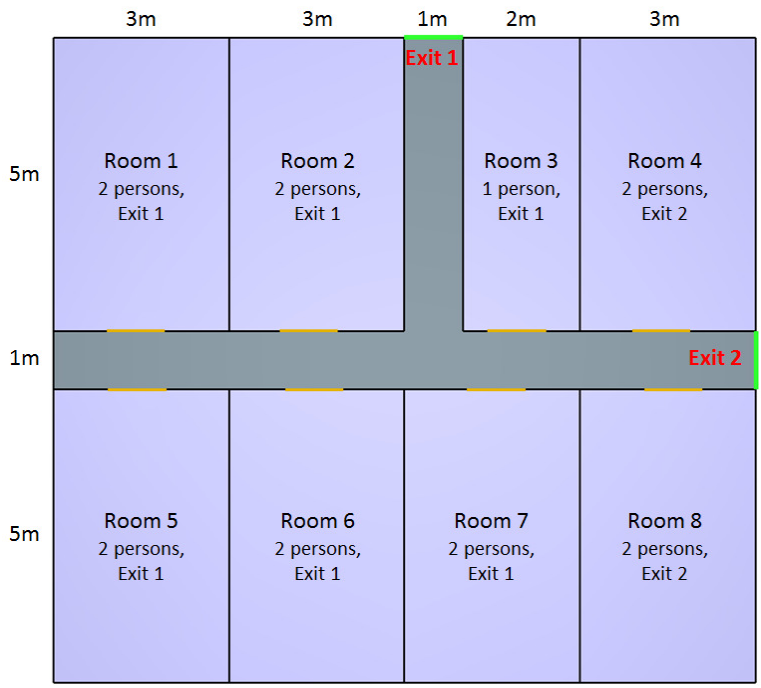


Fig. 1. Room arrangement in the test case

The occupants in the left six rooms are assigned to Exit No. 1. The occupants in the remaining two rooms are assigned to Exit No. 2. Occupants are given a profile corresponding to males 30-50 years old (Table 1).

Table 1. Walking speeds on flat terrain [1]

Population groups	**Walking speeds on flat terrain**	
	min [m/s]	**max [m/s]**
Females younger than 30 years	0.93	1.55
Females 30-50 years old	0.71	1.19
Females older than 50 years	0.56	0.94
Males younger than 30 years	1.11	1.85
Males 30-50 years old	**0.97**	**1.62**
Males older than 50 years	0.84	1.4

The results

The paths of occupants calculated using both analysed models are depicted in Fig. 2. The location of occupants at 5, 10 and 15 seconds after the beginning of evacuation for the SFPE and steering model are depicted in Table 3. The total evacuation time (the last occupant to go through the exit) in case of steering model was nearly 36% longer than for the SFPE model. The CPU time was 80% longer in case of the steering model. Detailed evacuation data obtained with the two analysed models are presented in Table 2. The exit times at selected rooms obtained for the SFPE and steering model are depicted in Fig. 3.

Table 2. Evacuation and CPU time for SFPE and steering model

	SFPE model	**Steering model**
Min evacuation time	3,2 s	5,0 s
Max evacuation time	14,6 s	19,8 s
Average of evacuation time	9,1 s	12,6 s
Standard deviation of evacuation time	3,5 s	4,6 s
CPU time	0,5 s	0,9 s

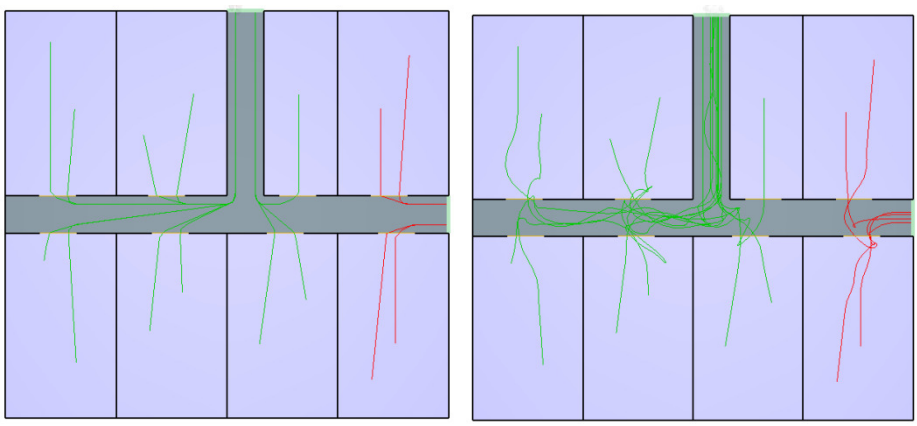
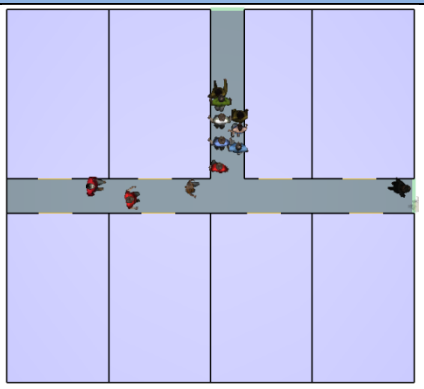
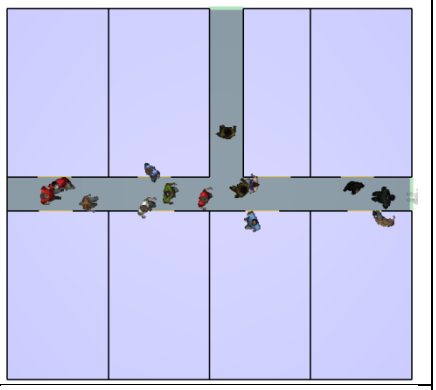
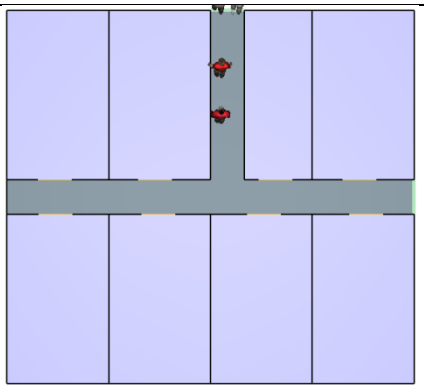
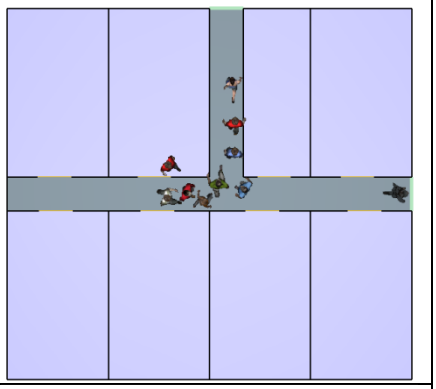
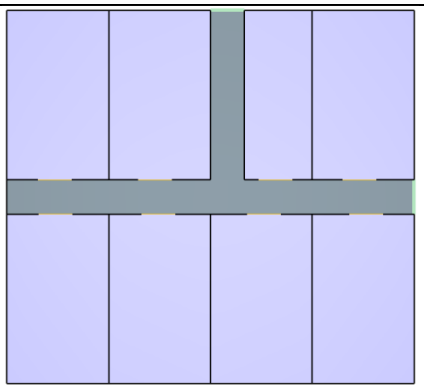
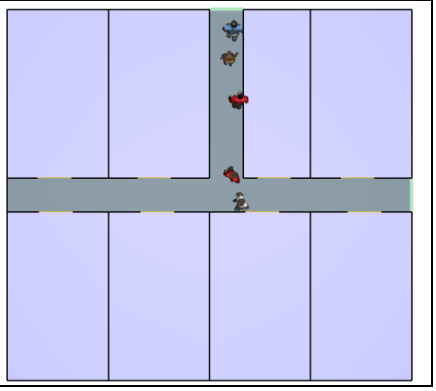


Fig. 2. Paths of occupants calculated using SFPE (left) and steering model (right)

Table 3. Occupants location at 5, 10 and 15 seconds after the beginning of evacuation for both analysed models

Time [s]	SFPE model	Steering model
5		
10		
15		

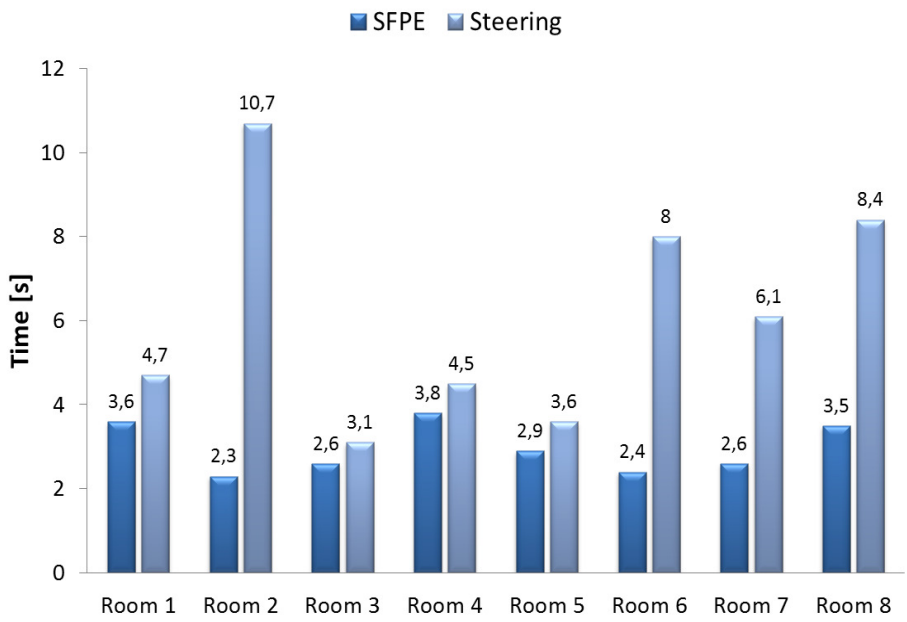


Fig. 3. Exit times of selected rooms

Conclusions

The analysed test case test has been designed in order to match the criteria set by the International Maritime Association. The results for both models indicate that the four occupants directed to Exit 2 evacuated via the specified door. However, this test does not guarantee the proper functioning of the algorithm because the occupants may have made the same choice based on the geometric parameter: nearest exit. That is why the additional verification is needed to ensure exit choice is working properly. Moreover the significant difference in evacuation times generated using the two analysed models needs to be verified experimentally in a test case performed in real conditions.

References

[1] Guidelines for Evacuation Analysis for New and Existing Passenger Ships. 2007, International Maritime Organization
[2] Kuligowski E., Predicting Human Behavior During Fires. Fire Technology, 2013. 49(1): p. 101-120, DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s10694-011-0245-6
[3] Pathfinder Technical Reference. 2013, Thunderhead Engineering
[4] Prauzner T., Ptak, P., Programy symulacyjne w inżynierii bezpieczeństwa, Journal of Technology and Information Education, Strategie technického vzdělávání v reflexi doby, Olomouc 2011, p. 292-296
[5] Prauzner T., Zastosowanie programów symulacyjnych w nauczaniu przedmiotów technicznych, Prace Naukowe AJD, Edukacja Techniczna i Informatyczna, Częstochowa 2006, p. 121-128
[6] Ronchi E., et al., Representation of the Impact of Smoke on Agent Walking Speeds in Evacuation Models. Fire Technology, 2013. 49(2): p. 411-431, DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s10694-012-0280-y
[7] SFPE Handbook of Fire Protection Engineering. 2008, National Fire Protection Association
[8] Tissera P.C., et al., Evacuation simulation supporting high level behaviour-based agents. 2013 International Conference on Computational Science, 2013. 18: p. 1495-1504

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 391–398

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.34

Joanna Świątek-Prokop
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa
e-mail: j.swiatek.prokop@interia.pl

ESTRY KWASU MALEINOWEGO JAKO MODYFIKATORY WŁYWAJĄCE NA WYBRANE ASPEKTY BEZPIECZEŃSTWA TECHNICZNEGO ELEMENTÓW WYPRODUKOWANYCH Z IZOTAKTYCZNEGO POLIPROPYLENU

Streszczenie. Modyfikację chemiczną przeprowadzono za pomocą estrów kwasu maleinowego – maleinianu monoallilowego (MA), maleinianu monobutylowego (MB), maleinianu monododecylowego (MD) oraz tetrahydroftalanu monoallilowego (THFA). Modyfikacji poddano izotaktyczny polipropylen – Malen P, w części materiału badawczego wprowadzono substancję sieciującą – nadtlenek dikumylu (DCP). Zbadano wpływ tak przeprowadzonej modyfikacji na wytrzymałość na rozciąganie izotaktycznego polipropylenu w powiązaniu ze stopniem krystaliczności badanego materiału.
Przeprowadzone badania wykazały, iż dobór odpowiedniej reszty alkoholowej w monoestrach albo wbudowanie reszty butadienowej umożliwiają wpływanie na wytrzymałość na rozciąganie oraz właściwości sprężyste materiału i związany z tym poziom bezpieczeństwa technicznego elementów wykonanych z modyfikowanego polipropylenu.
Słowa kluczowe: izotaktyczny polipropylen, modyfikacja chemiczna, bezpieczeństwo techniczne.

MALEIC ESTERS AS MODIFIERS INFLUENCING ON SOME ASPECTS OF TECHNICAL SAFETY OF ELEMENTS PRODUCED WITH ISOTACTIC POLYPROPYLENE

Abstract. The chemical modification was carried out using esters of maleic acid-monoallyl maleate (MA), monobutyl maleate (MB), monododecyl maleate (MD) and monoallyl tetrahydrophthalate (THFA). Isotactic polypropylene was the object of modification – into the some samples dicumyl-peroxide (DCP) was also introduced. The

effect of such modification on mechanical properties and degree of crystallinity was investigated. The most effective modifier was dodecyl maleate.
Keywords: isotactic popypropylene, chemical modification, technical safety.

Wstęp

Polipropylen, jako materiał o szerokim spektrum interesujących właściwości technicznych, znajduje coraz większe zastosowanie w przemyśle. Poprzez wpływ na stopień krystaliczności, stopień usieciowania czy wytrzymałość na rozciąganie poszerza się jego użytkowość w zróżnicowanych warunkach zewnętrznych. O bezpieczeństwie technicznym w dużej mierze decyduje wytrzymałość na rozciąganie materiału oraz wartość modułu Younga. Maleinowanie prowadzone jest na skalę przemysłową w przypadku elastomerów, okazuje się, że również w przypadku plastomerów modyfikacja chemiczna z wykorzystaniem pochodnych kwasu maleinowego prowadzi do powstania węzłów sieci o charakterze jonowym, co przekłada się na elastyczność, a także wytrzymałość na rozciąganie materiału [1].

Przeprowadzane modyfikacje fizyczne i chemiczne wpływają na poprawę właściwości mechanicznych [2-4].

Obiekt badań i metody badawcze

Badaniom poddany został izotaktyczny polipropylen [iPP] (Malen P, Petrochemia Płock) modyfikowany przy wykorzystaniu estrów kwasu maleinowego: maleinianu monoallilowego [MA], maleinianu monobutylowego [MB], maleinianu monododecylowego [MD] oraz tetrahydroftalanu monoallilowego [THFA]. Modyfikatory zostały zsyntezowane we własnym zakresie. Do części materiału badawczego został wprowadzony nadtlenek dikumylu [DCP] (Merck, Schuhardt Niemcy) jako substancja powodująca usieciowanie polimeru. Estry wprowadzane były w stanie stopionym polimeru w ilości 10 mmoli/ 100 g iPP.

Skład badanych mieszanek oraz właściwości modyfikatorów przedstawiono w tabelach 1-2.

Tab. 1. Skład badanych kompozycji z iPP w [g]

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
iPP	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
MA	–	1,5	–	–	–	1,5	–	–	–	–
MB	–	–	1,7	–	–	–	1,7	–	–	–
MD	–	–	–	2,83	–	–	–	2,83	–	–
THFA	–	–	–	–	2,1	–	–	–	2,1	–
DCP	–	–	–	–	–	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5

Tab. 2. Parametry stosowanych modyfikatorów

Nazwa	Symbol	Stan	δ_D $[J^{0,5}/m^{1,5}]$	δ_P $[J^{0,5}/m^{1,5}]$	δ $[J^{0,5}/m^{1,5}]$
Maleinian allilowy	MA	ciekły	15.51	5.89	17.49
Maleinian butylowy	MB	ciekły	16.84	4.70	16.61
Maleinian dodecylowy	MD	stały	17.09	2.47	13.86
Tetrahydroftalan allilowy	THFA	ciekły	15.02	10.79	21.17

δ - parametr rozpuszczalności obliczony metodą wkładów grupowych,
δ_D, δ_P - odpowiednio składowe parametru rozpuszczalności: dyspersyjna i polarna

Wytrzymałość na rozciąganie została zbadana na maszynie wytrzymałościowej firmy Zwick przy wykorzystaniu próbek wiosełkowych małych. Stopień krystaliczności zbadano metodą WAXS.

Wyniki badań i ich dyskusja

Wyniki statycznej próby rozciągania zmodyfikowanego iPP przedstawiono w tab. 3.

Tab. 3. Właściwości mechaniczne zmodyfikowanego iPP

Nr	Skład	σ_1 [MPa]	R_m [MPa]	ε [%]	E [MPa]
P1	iPP	27,3	31,1	300	1200
P2	iPP,MA	30,1	32,0	310	1260
P3	iPP,MB	24,2	30,1	305	1150
P4	iPP,MD	33,7	33,2	420	1305
P5	iPP,THFA	28,4	32,3	320	1220
P6	iPP,DCP,MA	28,5	31,9	370	1210
P7	iPP,DCP,MB	26,6	29,9	290	1190
P8	iPP,DCP,MD	30,3	34,2	470	1280
P9	iPP,DCP,THFA	28,8	32,3	330	1195
P10	iPP,DCP	29,2	32,9	330	1218

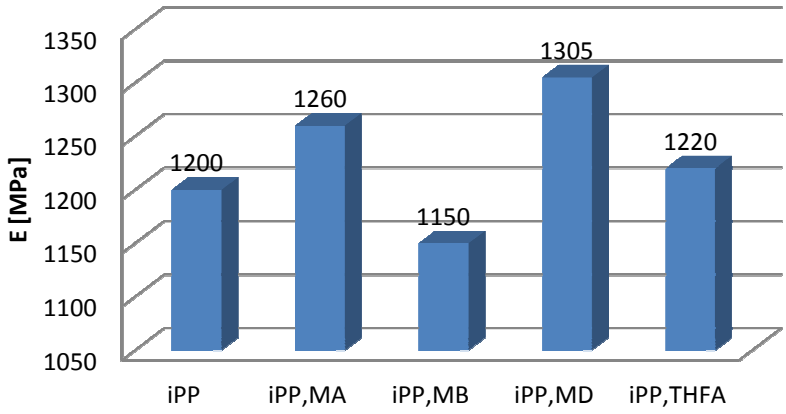
σ_1- granica sprężystości, R_m- wytrzymałość materiału, ε– wydłużenie przy zerwaniu, E- moduł Younga

Zaobserwowano, że wprowadzenie modyfikatorów (za wyjątkiem MB) spowodowało nieznaczny wzrost wartości σ_1. Takie zachowanie w przypadku MB wynika najprawdopodobniej z solwatowania makrocząsteczek iPP przez cząsteczki modyfikatora. Uzyskane wyniki dobrze korelują z wartościami stopnia krystaliczności otrzymanymi metodą WAXS (tab.4). Wyniki dotyczące stopnia krystaliczności układu iPP/modyfikator były wcześniej szczegółowo omawiane [5].

Tab. 4. Wyniki badań stopnia krystaliczności metodą WAXS próbek iPP

Nr	Skład	Stopień krystal. x_k [%]	Wymiar krystalitów z_k [nm]		Udział objętościowy fazy krystalicznej w_k [%]
			$D_{(110)}$	$D_{(040)}$	
P1	iPP	51,6	17,0	21,2	49,0
P2	iPP,MA	56,2	16,9	21,0	53,7
P3	iPP,MB	46,5	14,9	20,9	44,0
P4	iPP,MD	57,4	15,5	18,4	54,6

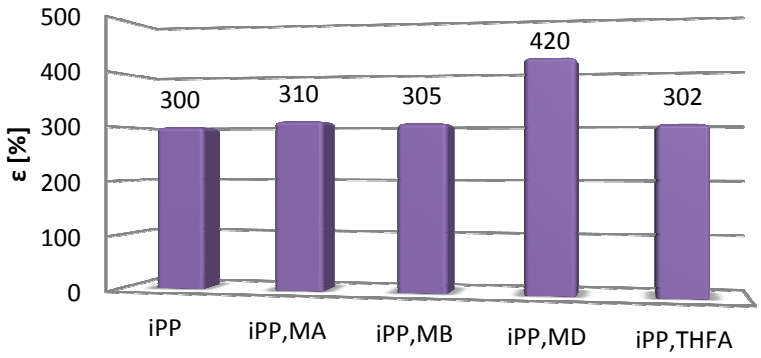
Nr	Skład	Stopień krystal. x_k [%]	Wymiar krystalitów		Udział objętościowy fazy krystalicznej w_k [%]
			$D_{(110)}$	$D_{(040)}$	
P5	iPP,THFA	52,1	16,1	19,5	49,6
P6	iPP,DCP,MA	52,0	17,1	24,6	49,5
P7	iPP,DCP,MB	49,1	12,7	18,8	46,6
P8	iPP,DCP,MD	54,3	15,0	20,4	51,8
P9	iPP,DCP,THFA	52,0	15,1	21,6	49,5
P10	iPP,DCP	55,7	16,9	22,3	53,2



Rys. 1. Wpływ modyfikatorów na wartość modułu Younga w iPP

MD okazuje się najbardziej skutecznym modyfikatorem zarówno w przypadku σ_1, jak i E. Moduł sprężystości podłużnej wzrasta o ponad 100 MPa, przy czym wydłużenie pozostaje na porównywalnym poziomie jak w przypadku niemodyfikowanego materiału.

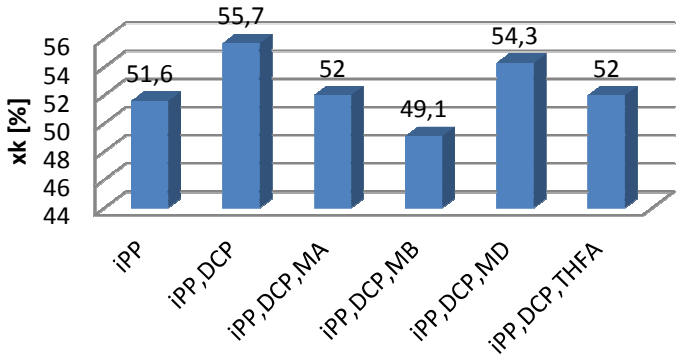
Również duży wzrost zanotowano przy wydłużeniu przy zerwaniu w przypadku MD. Sprzyja to tezie, że z jednej strony MD ulega kokrystalizacji z iPP, a jednocześnie obecność modyfikatora powoduje powstanie jonowych węzłów sieci.



Rys. 2. Wpływ modyfikatorów na wartość wydłużenia przy zerwaniu iPP

DCP jako substancja sieciująca spowodował wzrost stopnia krystaliczności, a wraz z tym niewielki wzrost R_m i wydłużenia przy zerwaniu.

Wprowadzenie do takiego układu – iPP/DCP – modyfikatorów spowodowało we wszystkich przypadkach obniżenie stopnia krystaliczności w stosunku do próbki iPP/DCP.



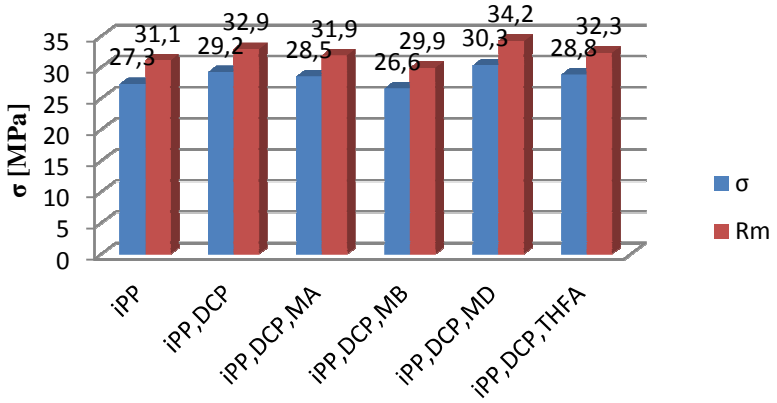
Rys. 3. Wpływ modyfikatorów na stopień krystaliczności w układzie iPP/DCP/modyfikator

Zdolność modyfikatorów do nukleacji i wbudowywania się do fazy krystalicznej polimeru maleje wyraźnie wówczas, jeśli w układzie znajduje się nadtlenek dikumylu. Jednak porównując uzyskane wyniki z niemodyfikowanym iPP, widać, że jedynie w przypadku MB wartość ta jest niższa, tzn. w P7 x_k=49,1%.

Natomiast wprowadzenie pozostałych substancji spowodowało wzrost stopnia krystaliczności – w P6 i P9 do poziomu 52%, zaś w P8 do 54,3%.

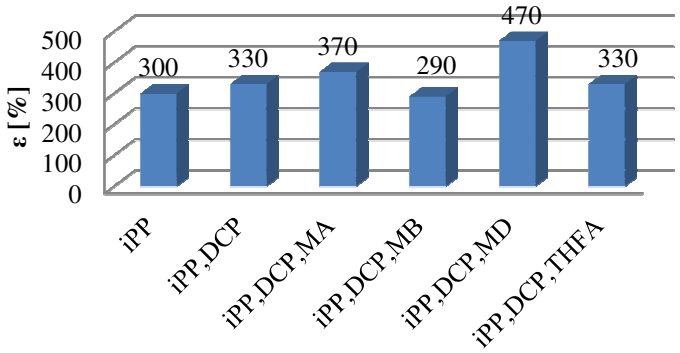
Podobnym zmianom ulegał udział objętościowy fazy krystalicznej. MD powoduje, że udział objętościowy fazy krystalicznej jest największy, w_k wynosi 51,8%. W przypadku MA i THFA w_k=49,5% i jedynie dla MB w_k=46,6% wartość ta jest niższa niż dla P1.

Wyniki stopnia krystaliczności bardzo dobrze korelują ze zmianami obserwowanymi w wartościach granicy sprężystości. Najskuteczniej granicę tę zmodyfikował MD, podnosząc jej wartość zarówno w porównaniu z niemodyfikowanym iPP, jak i w stosunku do usieciowanego iPP.



Rys. 4. Wpływ modyfikatorów na wartość granicy sprężystości i Rm w układzie iPP/DCP/modyfikator

Podobną zależność zaobserwowano w przypadku Rm i ε.



Rys. 5. Wpływ modyfikatorów na wartość ε w układzie iPP/DCP/modyfikator

Najbardziej korzystnym modyfikatorem, od strony technicznej, okazał się, podobnie jak w przypadku LDPE [1], MD. W jego obecności wzrasta wartość zarówno R_m, co pozwala na zastosowanie go warunkach większych naprężeń rozciągających niż w przypadku niemodyfikowanego materiału. Pozostałe zastosowane modyfikatory podnosiły wartość R_m w nieznacznym stopniu, bądź jak w przypadku MB powodowały wręcz obniżenie tego parametru.

Wnioski

Modyfikacja chemiczna przy wykorzystaniu estrów kwasu maleinowego może wpłynąć na podniesienie bezpieczeństwa technicznego elementów wytworzonych z izotaktycznego polipropylenu. Obecność MD spowodowała podniesienie wartości R_m o ok. 10%, jednocześnie zwiększając wartość modułu Younga o ponad 100 MPa. Szczególnie interesujący okazał się fakt wzrostu własności plastycznych materiału – wydłużenia przy zerwaniu – z 300% dla niemodyfikowanego iPP do 420% dla układu iPP/MD oraz 470% dla iPP/DCP/MD. Potwierdza to tezę, iż w obecności tego rodzaju modyfikatorów, wewnątrz makrocząsteczki polimerowej powstają wiązania jonowe, które ze względu na swój charakter pełnią funkcję wiązań ślizgowych.

Uzyskane wyniki nie są tak jednoznacznie pozytywne, jak w przypadku LDPE, ale pozwalają również na rozszerzenie zakresu zastosowań detali wykonanych z tak zmodyfikowanego polimeru.

Literatura

[1] Świątek-Prokop J.: Wpływ modyfikacji chemicznej na poziom bezpieczeństwa technicznego elementów wykonanych z polietylenu małej gęstości, Prace Naukowe AJD w Częstochowie, Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa, Tom I, Częstochowa 2013, p. 191-198.

[2] Yuanxin Zhou, P. K. Mallick: Effects of temperature and strain rate on tensile behavior of unfilled and talc filled polypropylene. Part I: Experiments, Polymer Engineering & Science, vol.42, issue 12, pp. 2449-2460, 2002, DOI: http://dx.doi.org/10.1002/pen.11131

[3] Jiaqi Gu, Haiyan Xu, Chifei Wu: The effect of PP and peroxide on the properties and morphology of HDPE and HDPE/PP blends, Advances in Polymer Technology, vol. 32, issue 1, 2013.

[4] Tim Huber, Manjusri Misra, Amar K. Mohanty, Mechanical properties of compatibilized nylon6/polypropylene blends, studies on the interfacial behavior through of emulsion model, vol. 131, issue 18, 2014.

[5] Świątek-Prokop J., Hyla M.: Wpływ modyfikatorów wielofunkcyjnych na strukturę nadcząsteczkową zmodyfikowanego polipropylenu, Zeszyty Naukowe AJD, 2008.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 399–403

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.35

Pavlo Teslenko[1], Oleksandr Voznyi[2]
[1]*Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture*
154 PO Box, 65122 Odesa-122, Ukraine, e-mail: p_a_t@ukr.net
[2]*National University of Shipbuilding*
9 Geroyiv Stalingrada, 54025 Mykolayiv, Ukraine, e-mail: avozniy@gmail.com

IMPLEMENTATION OF TWO-LEVEL PROJECT MANAGEMENT FOR SAFETY SYSTEMS DEVELOPMENT

Abstract. Safety systems are nonlinear complex open systems. The development of such systems in terms of a system approach is in their translation from the current state to the target. Managing this process can be considered as project management, carried out on two levels - macro and micro levels. At the macro level to create a shared vision and motion paths used synergetic principles of management. At the micro level provides a transition necessary for the efficient movement along a certain trajectory. In this micro projects are considered as self-organizing systems, which can be managed by changing their composition and external conditions. The paper attempts to harmonize the provisions of the macro and micro approaches to project management of safety systems development.
Keywords: safety systems, system approach, project management, project approach.

STOSOWANIE DWUPOZIOMOWEGO ZARZĄDZANIA PROJEKTOWEGO ROZWOJEM SYSTEMÓW BEZPIECZEŃSTWA

Streszczenie. Systemy bezpieczeństwa stosują się do klasy złożonych otwartych nieliniowych systemów. Rozwój takich systemów z punktu widzenia podejścia systemowego polega na ich przejściu z potocznego stanu do docelowego. Zarządzanie tym procesem moży być uważane za zarządzanie projektowe, prowadzone na dwóch poziomach – makro- i mikropoziomie. W pierwszym wypadku stosują się synergistyczne zasady zarządzania dla kształtowania ogólnej wizji i trajektorii ruchu systemu do wyniku. W drugim wypadku zabezpiecza się spełnienie mikroprzejść, niezbędnych dla efektywnego ruchu wzdłuż pewnej trajektorii. Przy czym mikroprojekty są traktowane jako systemy samoorganizujące, które mogą być zarządzane przez zmianę ich składu i zewnętrznych warunków. W artykule przedstawiono jest próbę harmonizacji przepisów

makro- i mikro- podejścia do zarządzania projektowego rozwojem systemów bezpieczeństwa.
Słowa kluczowe: systemy bezpieczeństwa, podejście systemowe, zarządzanie projektami, podejście projektowe.

Introduction. Safety Systems (SS) function in a turbulent external environment [1]. Real-time changes occur in the objects and subjects of safety, as well as the methods and tools that provide this safety. Therefore, SS are dynamic systems; also they are adaptive because they must quickly and accurately respond to changes in the external environment.

On the other hand, the operation of SS based on regulatory and legal support of international and national level, which defines the basic parameters and rules. This component is a system factor that is inherently static and conservative. Changing safety standards is reactive and significantly lags the time of receipt of requests from the external environment.

This research is aimed at resolving the contradiction between dynamic and static nature of SS. Proposed to use a two-level project approach.

Research description. **Macro level project management.** At the macro level principles of synergetic are applied to create a shared vision and motion path to the result. If we assume that the purpose of SS is to achieve an attractor, then management of their transformation is performed by directed self-organization, by synthesis of "additional attractors" which asymptotically draw system motion path to the main goal. Obviously, consideration of the environment requirements is possible only at the initial design stage. It can be argued that the construction of the motion path to the result determines only the general outlines of the existence of the system at a certain time interval, denotes the general trend of development, based on the static nature of SS [2].

Macroscopic description of complex systems, which include safety systems, based on the axioms of continuity of all forms of movement. In this SS, as an open system, constantly interacts with the environment. To detect this interaction, design and management of SS, we should draw boundaries and to distinguish such system from the environment [6]. Legitimacy of such action is based on a system-wide property of object's state changing. As a mathematical support of modeling the open system interconnection with the environment can serve a balance equation.

As a value of system state function can be understood system measured macro parameter, which is fully and uniquely determined by the internal micro states and don't depend on the path of transition from one state to another. Open systems are characterized by irreversible processes occurring within them, and therefore, they are characterized by time orientation (time present explicitly in the equation of state). As a system state function can be considered the entropy [2, 5].

Its increase leads to safety reducing and destruction of the system. For open systems, the change in entropy can be negative due to the exchange processes with the external environment. Such exchange for SS expressed in the reservation and repairs that generally increases their reliability and manageability.

Micro level project management. To respond to instantaneous changes in the environment are encouraged to use the micro level. Implementation of micro transitions necessary for efficient movement along a predetermined path. They are treated as self-organizing micro projects within the system, which can be managed by changing their composition and external conditions.

In general, the transformation of SS means changing the states of existing elements, changing elements and changing the connections between the elements. Assuming that the elements of the system - it is a subset of the universal set, then management of the structure lies in changing the state of the elements in the parameter "is part of the product system". Relationships between elements can also be considered as a characteristic of the state of the elements included in the connection. Therefore, changes in the product system state (and therefore its functionality) is achieved solely by changing the state of both inside and outside (at the time of initiation of micro project) elements. This is possible due to temporary association of product system with an active resource system, which form a project system.

Based on the concept of self-organization rules for the formation and operation of the project system are not set. Only possible to influence exactly which resource system will be integrated with product system for their transformation and define the desired end state to which the project system should strive (defined at the macro level on the basis of the SS state function).

Implementation of two-level simulation model. The practical implementation of this approach requires appropriate mathematical support. Since detection of analytical relationships between the safety system states at the micro and macro level is very difficult, and in some cases impossible, it is advisable to use the simulation method [4, 7].

Under the proposed approach, a simulation model should be two-level. At the macro level a system dynamics model should be formed. It reflects the relationships between the elements of the SS and their states, and external environment impact. This will form a scenarios of the target state transition for the required time, and make optimization trajectories for the specified parameters. At the micro-level model will be a combination of system dynamics and agent-based approach. System dynamics model is generated for the project system and product system. To simulate the behavior of the resource system by virtue of its activity, it is advisable to apply agent-based approach. Micro-level simulation model will enable decisions about choosing a resource system for micro project (task resource assignment), as well as identifying the necessary external influences to achieve an intermediate target state in a given time frame.

Formed two-level simulation model in the general case will enable the following tasks:

- direct analysis of the problem, the solution of which is required to determine the system's response to specified impact;
- analysis of inverse problems, which is required to determine disturbance by known system reaction that forced considered system comes to this state and this reaction;
- synthesis problem, requiring a finding of such parameters under which the processes in the system will have the desired character for any reasons;
- inductive problems whose solution is to test the hypothesis, refinement equations that describing the processes occurring in the system, reveal the properties of these elements, debugging programs (algorithms) for calculations on a computer.

Direct analysis problem can be formulated as follows: structure of the model described by the system of equations, all parameters are assumed known; required to determine the response of the system defined by the action of external forces and given initial conditions. Direct problems answer the question, what if under the given conditions, we choose a particular solution from the set of admissible. In particular, what will be equal to the efficiency criterion for the chosen solution. In simulations, the direct problem can be solved through a series of simple experimentation ("what if" analysis).

Solving inverse problems of the analysis consists in determining the input data by a predetermined value the output (parameters of the model, as in the direct problem, fixed). Inverse problem solution provides an answer to the question, what "causes" led to the famous "investigation". Inverse problems are more difficult to solve because they are non-linear and generally have several solutions. To find the values of the input data, in which the function, selected as a target, take the maximum or minimum value (in the face of uncertainty, and the presence of constraints), it is advisable to use the optimization experiment.

To investigate the behavior of the safety system in the face of uncertainty can be applied Monte Carlo method. The essence of this method consists in that, the test result depends on the value of a random variable distributed according to a given law. Therefore, the result of each test well is random. After a series of tests, get a set of data points of the observed characteristics (selection). Obtained statistical data are processed and presented in the form of numerical ratings of interest variables (characteristics of the system).

Another tool for analyzing the behavior of the safety system is the sensitivity analysis. It is a procedure for assessing the impact of initial hypotheses and values of key factors on the resulting model indicators. Usually experiment with varying parameters and analysis of the model reaction helps to evaluate sensitivity of the model forecast to changing of the hypotheses underlying the model. A sen-

sitivity analysis is recommended that you change the values of the factors separately, which allows us to rank their impact on the resulting indicators. Sensitivity analysis determines the strategy planning of experiments on the simulation model.

Plan of the above experiments, depends on the structure of safety system and its dynamic characteristics. To reduce the complexity of this process, it seems appropriate to develop typical plans for different types of safety systems. This, in turn, require construction of a special classification system.

Conclusions. The paper attempts to harmonize the provisions of the macro and micro approaches to project management of safety systems development. Implementation of simulation as a mathematical support of two-level project management has been proposed. Problems that can be solved using the simulation model have been formulated in general terms. Types of experiments aimed at solving these problems have been indicated. Identified areas for further research, which is to develop classification of safety systems and to construct typical plans of experiments than based on this classification.

References

[1] Bushuyev S. Proactive Program Management for Development National Finance System in Turbulence Environment / S. Bushuyev, R. Jaroshenko. // Procedia - Social and Behavioral Sciences. [Selected papers from the 26th IPMA (International Project Management Association), World Congress, Crete, Greece, 2012]. Volume 74, 29 March 2013, Pages 61–70., DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.03.044

[2] Bushuyev S. Entropy measurement as a project control tool / S. Bushuyev, S. Sochnev. // International Journal of Project Management, Volume 17, Issue 6 – December 1999, Pages 343–350., DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0263-7863(98)00049-0

[3] Koshkin K. Forecasting project metrics based on cognitive models, views a bipartite graph / K. Koshkin, N. Knyrik, O. Voznyi // Eastern-European journal of enterprise technologies, Volume 1, Issue 10 (61), 2013, P. 27–29.

[4] Sterman J. Business Dynamics: Systems thinking and Modeling for complex world / J. Sterman. – McGraw Hill, 2000. – p. 332.

[5] Teslenko P. Differential model of value creation in the project / P. Teslenko // Eastern-European journal of enterprise technologies, Volume 1, Issue 6(49), 2011, P. 46–48.

[6] Teslenko P. Synergetic synthesis of project management system / P. Teslenko // Technology audit and production reserves, Volume 5, Issue 5(13), 2013, P. 50–51.

[7] Warren K. Strategic Management Dynamics / K. Warren. – John Wiley & Sons, 2008.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 405–412

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.36

Dorota Wawrzak, Wojciech Kustal
Akademia im. Jana Długosza w Czestochowie
al. Armii Krajowej 13/15, PL42-200 Czestochowa, Poland,
e-mail: d.wawrzak@ajd.czest.pl

DAIRY WASTEWATER TREATMENT IN ANAEROBIC DISSIMILATION REDUCTION OF SULFATES

Abstract. The study has been devoted to testing the impact of sulfides to optimize the treatment of domestic waste, the proceeds of eco-tourism, anaerobic bacteria using desulfurization (specifically Desulfotomaculum ruminis). The most important and fundamental process, that has been discussed in this work is the treatment of wastewater. The main representatives of prokaryotes are bacteria of Desulfotomaculum ruminis genus. Bacteria induce sulfur-breathing process known as dissimilative sulfate reduction. Sulfate ions are the final acceptors of hydrogen and electrons. The end product is a hydrogen sulfide. Its occurrence is evidence of a decrease in the concentration of organic substrates- decrease of COD.
Keywords: sewage treatment SRB sulphur reducing bacteria, biological methods, Desulfotomaculum ruminis.

OCZYSZCZANIE ŚCIEKÓW MLECZARSKICH W BEZTLENOWEJ DYSYMILACYJNEJ REDUKCJI SIARCZANÓW

Streszczenie. Celem niniejszej pracy jest zbadanie możliwości zastosowania procesu oddychania siarkowego do usunięcia zanieczyszczeń organicznych w przypadku wycieku ścieków przemysłowych, jak również w oczyszczalniach ścieków. Prezentowane wyniki są kontynuacją programu badawczego dotyczącego wykorzystania różnych rodzajów bakterii w uzdatnianiu wody ścieków przemysłowych. Ogólnym celem tego badania było sprawdzenie możliwości wykorzystania BRS (bakterii redukujących siarczany), szczególnie *Desulfotomaculum ruminis*, w procesie oczyszczania ścieków przemysłu mleczarskiego. Ten rodzaj ścieków zawiera węglowodany, głównie laktozę (30,9%), białka (23,6%, w tym 80% kazeiny) oraz tłuszcze (41,4%) pochodzące z mleka i jego przetworów. Przeprowadzone badania dotyczyły redukcji

siarczanów w ściekach przemysłu mleczarskiego za pomocą szczepu bakterii *Desulfotomaculum ruminis*. Proces oddychania siarkowego prowadzono w warunkach laboratoryjnych za pomocą BRS po namnożeniu kultury bakteryjnej na podłożu Starkeya wzbogaconym ściekami mleczarskimi stanowiącymi jedyne źródła węgla i energii. Prowadzone badania oceniają wpływ bakterii na zmniejszenie zawartości siarki w zależności od stężenia ścieków. Badano zmiany ChZT, poziom zawartości siarczków, zmiany pH w badanych próbkach. Porównywane próbki zawierały 2%, 5%, 7.5% i 10% ścieków mleczarskich. Wyniki wykazały, że konieczne jest znalezienie optymalnego stosunku zawartości ścieków w zawiesinie poddanej działaniu BRS, jak również prowadzenie procesu w optymalnym czasie, w celu uzyskania maksymalnych wyników.
Słowa kluczowe: oczyszczanie ścieków, BRS – bakterie redukujące siarkę, metody biologiczne, *Desulfotomaculum ruminis.*

Introduction

Sulfur as a typical representative of the chalcogenides and is a widespread element in nature. This may occur both in free forms (known. Native sulfur) and in many organic and inorganic compounds. It is present in minerals and their deposits, sedimentary and igneous in coal, crude oil, soil, water and atmosphere, as well as in all living organisms. Under natural conditions, sulfur is not very reactive. May be associated with certain halogen (especially chlorine and fluorine) and certain metals (copper, silver), reacts with them at room temperature. At increased temperatures, the sulfur is more reactive and can be connected to almost all elements except for nitrogen platinum, gold, and noble gases. Sulfur compounds, widely distributed, are playing a special role in nature. There are hydrogen sulfide (H_2S) and derivatives thereof, sulfur dioxide (SO_2), sulfur trioxide (SO_3), sulfuric acid (H_2SO_3) (H_2SO_4), and organic sulfur compounds [1]. Sulfur is known to be a group of elements that are involved in a number of reversible chemical reactions. The course of these reactions, as well as the result of the final products is closely linked to environmental conditions.. Sulfur is an essential element of life in its transformation involving all living organisms. The largest amounts are processed by micro-organisms, and a relatively small plants and animals [1]. Living environment of sulfate reducing bacteria are strictly anaerobic conditions. Oxygen inhibit the process of dissimilative sulfate reduction, because the presence of BRS in such conditions is excluded. They occupy a habitat rich in sulphates. Therefore, there are numerous estuaries, such as on anaerobic soil areas, wetlands and coastal and marine sediments. Extremely rich in sulfates habitat is the water of the oceans. Their concentration significantly exceeds that found in freshwater sediments [2, 3]. Because BRS may use other electron acceptors than sulfates, they can also colonize other habitats such as the human gastrointestinal tract. It has been found that in nearly 82% of the human population BRS present in the oral cavity, however, were the microorganisms belonging to the genera

Desulfovibrio. Sulfate-reducing bacteria are the most numerous in habitats where they have unlimited resources sulphate [2, 4]. Occurrence of BRS in diverse environments, is the result of the ability of these microorganisms to the use of a variety of organic compounds as carbon sources. They can oxidize lactate, pyruvate, malate, acetate, ethanol, fumarate or succinate. The presence of these compounds in the culture medium resulted in a rapid growth of bacteria, and colonies are apparent after 2-3 days. If the medium is present propionate, butyrate, valerate, methanol, glutamate, glycine, et al. BRS growth takes longer and takes about seven days. If the medium is glucose, fructose, starch, phenol, benzene, p-cresol, indole bacterial growth was not observed even after 14 days of incubation [4,5,6]. Remediation of industrial wastewater using microbiological methods, namely: bacteria, is nowadays part of the technology used in waste water treatment plant. There are many species of bacteria in a wastewater treatment plant. In a recent study, over 300 species were identified in an aeration basin. However, they can all be categorized by the way that they obtain oxygen as aerobic, anaerobic or facultative. Aerobic bacteria are used in most new treatment plants in an aerated environment. Anaerobic bacteria are normally used in an anaerobic digester to reduce the volume of sludge to be disposed of and to produce methane gas. This process is completed in anaerobic conditions, without any dissolved oxygen in the water. The anaerobic bacteria normally get the oxygen needed for their respiration from their food source and the process is also called fermentation. Another use of anaerobic bacteria is in the biological removal of phosphorus and sulphur. During this process, a part of the aeration section of the treatment plant may be made into an anaerobic zone to facilitate the growth of phosphorus and sulphur accumulating organisms, which in turn lowers the amount of phosphorus as well as sulphur in the effluent. Facultative bacteria are able to change their mode of respiration from aerobic to anaerobic and back again. These bacteria are able to adapt to either condition, although they prefer the aerobic condition.

The aim of this study is to investigate the possibility of applying sulphate respiration process to remove sulphur from wastewater being a result of eco-tourism, namely from domestic wastewater in rural areas.

Materials and method

Research programme covered by this study is a part of a wider project covering use of different types of bacteria in water treatment of domestic wastewater [7]. The general purpose of this study was to check the possibility of using SRB for the process of eco-tourism wastewater purification.

The study was focused on evaluation of the catabolic activity and dynamics of growth of SRB culture in the process of COD reduction, accompanied by reduction of sulphates to sulphides, taking place in a modified Starkey medium con-

taining dairy industry wastewater as the only source of energy needed for the bacteria metabolism. Sulphur reducing bacteria (SRB) used in the study were isolated from the marshy soil from the vicinity of Poznan city and identified as *Desulfotomaculum ruminis* [9]. The isolated culture of these bacteria was stored and grown on liquid Starkey medium [10] containing [g/dm^3]:

$MgSO_4 \cdot 7H_2O$	2.00
Na_2SO_4	2.42
NH_4Cl	1.00
K_2HPO_4	5.00
$CaCl_2 \cdot 6H_2O$	0.25
$FeSO_4(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$	0.50

The media studied were domestic wastewater from the Krzepice Water Treatment Plant [11]. Laboratory equipment as well as bed were sterilized in 120°C. Sulphides were indicated in precipitated cadmium sulphide – iodometric method [12]. Kinetic studies were carried out at 37°C, pH =7.0 - 7.5 in anaerobic conditions (helium) in tightly closed reactors of 50cm^3 capacity, filled with the modified Starkey medium without lactate and the wastewater which was the only source of carbon and energy for SRB. The amounts of the wastewater are specified in the results section. After blowing helium to ensure anaerobic conditions, the samples were inoculated with a 4% inoculum collected from the culture in the phase of logarithmic growth (after 24 hours). The wastewater samples of pH close to 6.5, were stored in a refrigerator. Reference (blank) sample was conducted on Starkey medium with lactate. The samples to be used in experiments were heated to room temperature. Prior to the study they also had to increase their pH to about 7.0, which was made by adding a diluted NaOH solution. The rate of the microbiological process of sulphate decomposition was evaluated from the degree of SO_4^{2-} reduction to S^{2-} and the rate of reduction in chemical oxygen demand, measured at certain time intervals. To make the measurements the reactors were blown with helium and the blown out H_2S was absorbed in washer containing 0.02 mol/dm^3 solution of cadmium acetate. The sulphides precipitated were quantified by the iodometric method [11]. The effectiveness of desulphurisation (reduction in COD - indicator of organic matter content) was measured by the amount of oxygen consumed in the reactions upon heating the sample with an oxidising reagent (potassium dichromate) according to the method described in [12].

Results and discussion

The kinetic curve of dissimilative sulphate reduction in the standard Starkey medium has a specific shape corresponding to the three typical phases of microorganisms growth, i.e. to the induction growth lasting for the bacteria studied for about 15 hours, the phase of growth - disturbed by a temporary decrease in the rate of transformation, and the phase of equilibrium and stabilisation. Alkaline reaction increased pH of samples as a result of bacteria activities from 6.8 – 7.2 to 7.5 – 8. The higher intake of sewage the higher pH and more alkaline reaction (Fig. 1.).

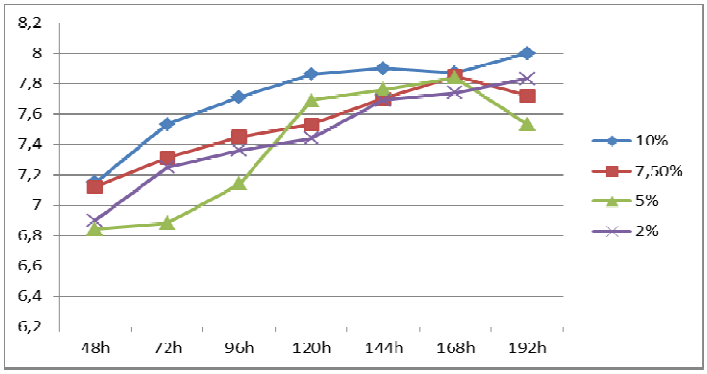


Fig 1. Changes of pH in the Starkey medium supplemented with 2%, 5%, 7,5% and 10% content of wastewater

COD (Chemical Oxygen Demand) was also examined, being an indicator determining the content of organic substance, with amount of oxygen consumed in reactions while warming up the sample with oxidizing reagent. Potassium dichromate was used as oxidant applied in the acid environment in the presence of ions of silver acting as a catalyst and mercury sulphate masking influence of ions of chlorine.

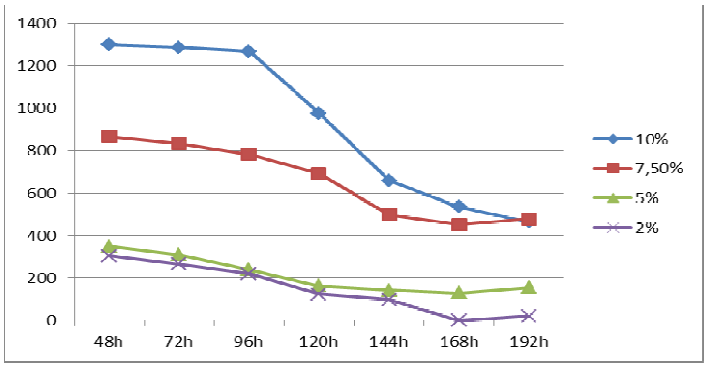


Fig 2. Changes of COD in the Starkey medium supplemented with 2%, 5%, 7,5% and 10% content of wastewater

The process of changing sulphates into sulphides is accompanied by a reduction in the content of organic pollutants measured by COD. Measurement of COD was done comparing results of modified medium with 2%, 5%, 7,5% and 10% content of wastewater. Decrease of COD depends on wastewater content. The higher level of wastewater the lower decrease of COD rate (Fig. 2.).
The process is completed in about 192h hours and after the concentration of sulphides studied in the Starkey medium is 100 mg of sulphides in 1 litre. The kinetic curves characterising microbiological reduction of sulphates in the presence of these samples showed roughly the same diversity obtaining the same level averagely of around 1400 (Fig.3.). The amount of sulphides obtained as a result of microbiological reduction of sulphates after 8 days in the medium containing 2%, 5%, 7,5% and 10% of wastewater from "Krzepice" is close to 1400 mg/dm^3, while at the initiation stage the sulphates content was diverse between 800 to 1200 mg/dm^3.

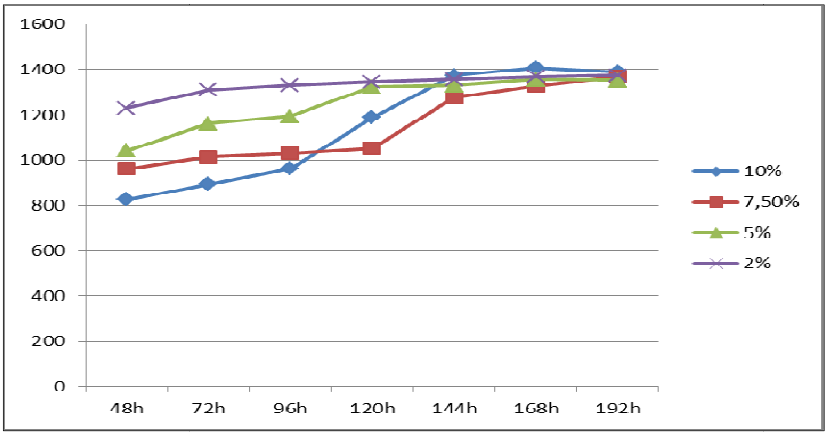


Fig 3. Changes of FeS in the Starkey medium supplemented with 2%, 5%, 7,5% and 10% content of wastewater

In the anaerobic environment sulphates are reduced to sulphides, with secreting hydrogen sulphide as incidental compound. This reduction is possible as a result of sulphate bacteria. Inoculation of *Desulfotomaculum ruminis* into inspected samples resulted in considerable decrease of sulphides in the sewage. Simultaneously bacteria are contributing to the rise in the number amount of simpler post reduction substances.
Large numbers of the desulphurisation bacteria breed considerably during the first three days. It proves that minimal volumes of oxygen are needed for oxidizing organic compounds contained in slurry. COD value was diminishing with time. It is a result of consuming oxygen acquired from oxidant, for oxidizing organic compounds.The pollutants present in the wastewater were proved to

be nontoxic to the sulphur reducing bacteria and did not inhibit their growth. The bacteria strain tested can be used for the removal of soluble mineral (metal ions) and organic pollutants.

Conclusions

The results of research conducted using effluent from Krzepice Sewage Treatment Plant indicated that a particular concentration of SRB determine their activity by measuring content of sulphides in the test samples.

The longer time the higher sulphides content in examined samples. Increased level of sulphides reduced from sulphates showed impact of BRS. In all samples this content is growing at the different pace. Samples with the highest content of slurry are achieving large amounts of sulphides, in this case FeS.

In the eight day of the research process there was the highest number of BRS in each of the tested samples. Due to the increased amount of sulfate reducing bacteria (SRB) occurs significant reduction of organic substances contained in wastewater which determines good purification.

The use of a dissimilation process in sewage treatment plant to sulfate reduction is beneficial for the oxidation of organic substances contained in wastewater.

The pH value increased in time. During the first three days the pH value was maintained at a similar level, while in seventh day its value was roughly the same in brackets between 7.7 to 7.9. During the study, these values were dropped down in eight day by 0.1 but only in two samples with 7.5 and 5% of wastewater. Intake.

Research findings proved that the content of sulphides, with the specific concentration in samples, determines the activity of bacteria reducing sulphates. The volume of BRS bacteria grew in time and the highest number of bacteria was the eight day after inoculation in all inspected samples. As a result of the increased number of bacteria reducing sulphates a considerable reduction in organic substances contained by sewage is taking place what decides about good cleaning.

References

[1] Siuta J., Rejman-Czajkowska M., (Ed.): Siarka w biosferze, PWRiL, Warszawa 1980
[2] Bartkiewicz B., Umiejewska K.: Oczyszczanie ścieków przemysłowych, PWN, Warszawa 2010
[3] Graczyk M. Analiza energetyczna procesów stabilizacji osadów ściekowych, Gospodarka Paliwami i Energią, 1993
[4] Szewczyk K.W.: Technologia biochemiczna, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003
[5] Weiner j.: Życie i ewolucja biosfery. Podręcznik ekologii ogólnej, PWN, Warszawa 1999
[6] Lampert L., Sommer U.: Ekologia wód śródlądowych, PWN, Warszawa 2001
[7] Danalewich I.R., Papagiannis T. G., Belyea R.L., Tumbleson M.E., Raskin L.: Characterization of dairy wastewater streams, current treatment practices and potential for biological nutrient removal. Water Res., 32, 3555-3568, 1998,
DOI: http://dx.doi.org/10.1016/S0043-1354(98)00160-2
[8] Bergey's, Manual of Determinative Bacteriology. IX Edition, Williams and Wilkins, 1994
[9] Barton L.L., Tomei F.A.: Characteristics and activities of sulfate – reducing bacteria, Biotechnology Handbooks, Vol. 8, Sulfate – reducing Bacteria Barton L.L. (Ed.) Plenum Press, New York, London, 1995, pp. 1-22
[10] Standard Methods for the Examination Protection of Water and Wastewater PPHA, AWWA,WPCF, Washington DC, 1992, 5220 A, C.
[11] Walenciak M., Domka F.,Szymańska K., Głogowska L., Biological reduction of sulfatesin purification of wastes from the alcohol industry, Pol. Journal of Environ. Stud., 8(1)59, 1999
[12] Winfrey M.R., Zeikus J. G.: Effect of sulfate on carbon and electron flow during microbiological methanogenesis in fresh water sediment., Appl. Env. Microbiol., 33, No. 2, 1997
[13] Bothe H., Trebs A.: Biology of inorganic nitrogen and sulfur, Springer, New York 1981
[14] Barnes L.I., Janssen F.I., Sherren I., Versteegh I.H., Koch R.O.: Simultaneous microbial removal of sulfate and heavy metals from wastewater water. Trans. Industry Metall., 101, C183-C199, 1992
[15] Choi E., Rim J.H.: Competition and inhibition of sulfate reducers and methane producers in anaerobic treatment, Water Sanit. Technol., 23, 1256, 1991

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 413–424

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.37

Władysław Węgrzyn
Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa
e-mail: wladyslawwegrzyn@wp.pl

INŻYNIERIA BEZPIECZEŃSTWA W KSZTAŁTOWANIU STRATEGII EFEKTYWNEGO ZARZĄDZANIA RYZYKIEM POŻAROWYM I WYBUCHOWYM

Streszczenie. W referacie omówiono rolę inżynierów bezpieczeństwa w procesie szacowania skuteczności i efektywności działania technicznych urządzeń i systemów zabezpieczeń przeciwwybuchowych stosowanych w procesach technologicznych, w których występuje wysokie prawdopodobieństwo zagrożenia wybuchem. Przedstawiono rolę inżyniera bezpieczeństwa w procesie doboru skutecznych i efektywnych urządzeń i systemów zabezpieczeń przeciwwybuchowych mających podstawowy wpływ na ograniczanie ryzyka wybuchu. Przedstawiono proces i zakres przeprowadzonej analizy technicznej na drodze do doboru skutecznego i ekonomiczne uzasadnionego systemu zabezpieczenia przeciwwybuchowego.
Słowa kluczowe: inżynieria bezpieczeństwa, ryzyko zawodowe, ocena ryzyka, zabezpieczenia przeciwwybuchowe, analiza ryzyka, dokument zabezpieczenia przed wybuchem, ocena zagrożenia wybuchem, aspiracja, systemy odpylające.

SECURITY ENGINEERING PROCESS MANAGEMENT TECHNOLOGY WITH A HIGH DEGREE OF RISK

Abstract. The paper discusses the role of Safety Engineering in the management of technological processes in which there is a high probability of the risk of fire and explosion hazard probability. The assumptions of multivariate hazard detection systems and technological failures or security systems and technological locks. The assumptions of multivariate hazard detection systems, fire and explosive hazards and presents security systems and locks supervised and controlled process systems and fire detection systems risks and the risks of explosion. The role of Safety Engineering in the integration of multi-threat detection systems and technological failures or security systems and locks with the technical technological threat detection systems, fire and explosive hazards.

Presents a strategic task Safety Engineering management technology integrated security systems, fire protection and explosion protection. Presents a strategic tasks documentary Safety Engineering in securing manual processes and documenting hazards, technological failures and verification procedures.
Keywords: safety engineering, occupational risk, risk assessment, explosion protection, risk analysis, explosion protection document, assessment of explosion risks, aspiration, dedusting systems.

Skuteczne kształtowanie strategii efektywnego zarządzania ryzykiem pożarowym i ryzykiem wybuchowym w obszarze współczesnych technologii przemysłowych o wysokim stopniu automatyzacji to zadanie i wyzwanie przede wszystkim dla znakomicie wykształconego i doświadczonego inżyniera bezpieczeństwa. Nie jest to tylko slogan. W kraju, w którym nakazowy system aktów prawnych wydawanych w postaci ustaw i rozporządzeń oraz wytycznych określa jedynie minimalne wymagania z zakresu ochrony przeciwpożarowej i ochrony przeciwwybuchowej, przy występującym jednocześnie z mocy ustawy nieobligatoryjnym stosowaniu norm technicznych, kształtowanie strategii efektywnego zarządzania ryzykiem pożarowym i ryzykiem wybuchowym jest procesem trudnym i złożonym. Proces kształtowania poziomu technicznego zabezpieczenia przeciwpożarowego i zabezpieczenia przeciwwybuchowego poprzez realizację strategii efektywnego zarządzania ryzykiem pożarowym i ryzykiem wybuchowym w aspekcie optymalizacji nakładów na ochronę przeciwpożarową i ochronę przeciwwybuchową jest nie do przecenienia. Rola inżynierów bezpieczeństwa w procesie szacowania skuteczności i efektywności działania technicznych urządzeń i systemów zabezpieczeń przeciwwybuchowych, stosowanych w procesach technologicznych, w których występuje wysokie prawdopodobieństwo zagrożenia pożarem czy wybuchem, polega przede wszystkim na umiejętności skutecznego kojarzenia filozofii zabezpieczeń zawartych w przepisach z walorami technicznymi urządzeń i systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych i przeciwwybuchowych. Drugim równie ważnym elementem tej strategii jest umiejętność zarządzania ryzykiem pożarowym i ryzykiem wybuchowym na założonym poziomie ryzyka dopuszczalnego lub tolerowanego przy zachowaniu zasady pełnej optymalizacji nakładów finansowych na urządzenia i techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych i przeciwwybuchowych. Strategia ta polega przede wszystkim na maksymalnie efektywnym wykorzystaniu walorów i parametrów technicznych dobieranych urządzeń i systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych i przeciwwybuchowych do rzeczywistego ryzyka występującego podczas realizacji procesów technologicznych. Realizacja procesu optymalizacji nakładów finansowych na urządzenia i techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych i zabezpieczeń przeciwwybuchowych w przypadku konkretnych urządzeń i instalacji technologicznych jest

niezwykle trudna i wymaga rzetelnej wiedzy technicznej od inżyniera bezpieczeństwa. Jednak w tym miejscu należy zdecydowanie zaznaczyć, że optymalizacja nakładów finansowych na systemy zabezpieczeń nie może być rozumiana i nie może polegać na bezmyślnym zaniechaniu ich stosowania ani też nie może polegać na realizacji stosowanej niezrozumiałej i nielogicznej zasady przetargów publicznych, w których 100% kryterium przetargu jest cena. Skuteczne kształtowanie strategii efektywnego zarządzania ryzykiem pożarowym i ryzykiem wybuchowym napotyka na podstawową trudność, która polega przede wszystkim na tym, że interesy stron uczestniczących w tym procesie są zdecydowanie różne. Podstawowe założenie inwestora najczęściej – niestety – sprowadza się do takiego postępowania, aby „efekt" zabezpieczenia przeciwpożarowego oraz zabezpieczenia przeciwwybuchowego osiągnąć jak najmniejszym nakładem finansowym. Zjawisko to jest szczególnie widoczne podczas analizy dokumentów w ogłaszanych przetargach na realizację projektów i ich wykonawstwo w zakresie technicznych urządzeń i systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz zabezpieczeń przeciwwybuchowych, w których to przetargach jedynym ocenianym kryterium jest kryterium ceny. Ponadto na etapie opracowywania SIWZ (Specyfikacja Istotnych Warunków Zamówienia), do przetargów na wykonanie technicznych urządzeń i systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz zabezpieczeń przeciwwybuchowych, niejednokrotnie ścierają się różne grupy ekspertów, lobbystów i rzeczoznawców. Grupy, z których każda chce za wszelką cenę umieścić w SIWZ związany z daną grupą rodzaj zabezpieczeń przeciwpożarowych lub zabezpieczeń przeciwwybuchowych. Takie postępowanie często wynika z faktu bardziej lub mniej formalnych powiązań ekonomicznych z danym wyrobem lub systemem zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz przeciwwybuchowych. Ponadto w znacznej liczbie dotychczas realizowanych przetargów, a zwłaszcza tam gdzie służby inwestora nie są przygotowane zawodowo do merytorycznego nadzoru nad rzeczywistą realizacją technicznych urządzeń i systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz przeciwwybuchowych, wykonawcy różnymi zabiegami organizacyjnymi i technicznymi starają się dodatkowo zaoszczędzić na kosztach wykonawstwa. Takie postępowanie niejednokrotnie skutkuje tym, że podczas wykonawstwa stosowane są zamienniki certyfikowanych materiałów i elementów, gdyż zamienniki te są znacznie tańsze. Należy jednak pamiętać o tym, że zamienniki te bardzo często nie spełniają nawet podstawowych wymagań określonych w przepisach oraz normach dotyczących urządzeń i systemów zabezpieczeń. Innym negatywnym zjawiskiem, z jakim można się spotkać podczas realizacji procedury przetargów ogłaszanych w ograniczonym zakresie, realizowanych zwłaszcza u inwestorów prywatnych, którzy nie posiadają przygotowanej merytorycznie kadry technicznej, jest zalewanie inwestora nieuzasadnionym technicznie ani merytorycznie oraz prawnie natłokiem przeróżnych urządzeń i systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz przeciwwybuchowych. Zjawisko takie można spotkać

na przykład w energetyce. Instalacje technologiczne nawęglania i biomasy często wyposażane są w przewymiarowane i zbudowane z bardzo dużym zapasem systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych i zabezpieczeń przeciwwybuchowych, które są zamontowane w takiej ilości, że instalacje technologiczne wyglądają jak noworoczne choinki. Na zamieszczonej fotografii instalacji technologicznej podawania biomasy przedstawiono taką niezrozumiałą i nieuzasadnioną rozrzutność w gospodarowaniu technicznymi urządzeniami i systemami zabezpieczeń przeciwpożarowych i zabezpieczeń przeciwwybuchowych, która nie ma nic wspólnego z kształtowaniem strategii efektywnego zarządzania ryzykiem pożarowym i ryzykiem wybuchowym w zakładzie o podwyższonym ryzyku zagrożenia pożarem lub wybuchem. Takie działanie nie ma również nic wspólnego z kształtowaniem strategii optymalizacji nakładów finansowych na urządzenia i techniczne systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych i zabezpieczeń przeciwwybuchowych, w tym w zakładzie o podwyższonym ryzyku zagrożenia pożarem lub wybuchem.

Fot. 1. Przykład zdecydowanego przewymiarowania w ilości technicznych systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych i przeciwwybuchowych na fragmencie rzeczywistej instalacji technologicznej

Przedstawione powyżej przypadki jednoznacznie wskazują, że pomimo istnienia w przedsiębiorstwach zakładowych służb bhp oraz komórek ochrony przeciwpożarowej dodatkowe lub zamienne zatrudnienie wysoko wykwalifikowanego i doświadczonego inżyniera bezpieczeństwa umożliwi rzeczywistą realizację strategii zarządzania ryzykiem oraz zapewni warunki do rzeczywistej optymalizacji nakładów finansowych na realizację technicznie i ekonomiczne uzasadnionych rodzajów urządzeń i systemów zabezpieczeń przeciwpożarowych oraz zabezpieczeń przeciwwybuchowych. Zapewniam, że nie są to tylko słowa. Na potwierdzenie tych stwierdzeń przedstawię poniżej rzeczywisty przypadek, w którym dobrze wykształcony inżynier bezpieczeństwa posiadający gruntowną wiedzę merytoryczną z zakresu ochrony przeciwpożarowej oraz ochrony przeciwwybuchowej po przeprowadzeniu kompleksowej procedury oceny poszczególnych systemów zabezpieczeń przeciwwybuchowych dokonał wyboru systemu, uwzględniając aspekty ryzyka zagrożenia wybuchem i optymalizację nakładów finansowych ponoszonych na systemy zabezpieczeń przeciwwybuchowych. Inżyniera bezpieczeństwa, który podjął merytorycznie bezstronną decyzję pomimo wielu nacisków różnych lobbystów i różnych grup interesów oraz stron postępowania przetargowego. Podczas opracowywania Dokumentacji Zapytania Ofertowego dla nowego zadania inwestycyjnego budowy nowego bloku energetycznego dużej mocy opalanego węglem kamiennym zaistniały kontrowersje nad ustaleniem doboru skutecznego systemu zabezpieczeń przeciwwybuchowych układu nawęglania dla tego bloku. Podstawowe kontrowersje dotyczyły określenia, który z proponowanych systemów zabezpieczeń przeciwwybuchowych będzie skuteczniej zabezpieczał układ nawęglania bloku energetycznego przed możliwością zaistnienia wybuchu pyłu węgla kamiennego. Na etapie opracowywania Dokumentacji Zapytania Ofertowego „grupa południowa" zaproponowała system odpylania instalacji technologicznej wyposażony w systemy wykrywania i tłumienia iskier oraz systemy odsprzęgania wybuchu z jednoczesnym stosowaniem centralnego systemu usuwania pyłów osiadłych, tzw. centralny odkurzacz. Grupa „centrum" i grupa „północna" zaproponowała zastosowanie systemu mgłowego, opartego na mgle wysokodyspersyjnej przeznaczonej do ograniczania zapylenia w kluczowych węzłach układu nawęglania bloku energetycznego jako skutecznym środku eliminowania zagrożenia wybuchem, przy czym grupa „centrum" zaproponowała dodatkowo uzupełnienie systemu mgłowego układem do zmywania pyłów osiadłych z podłóg galerii układu nawęglania. Wobec faktu zgłoszenia skrajnie różnych urządzeń, metod i systemów zabezpieczeń przeciwwybuchowych, poproszono inżyniera bezpieczeństwa z zewnętrznej firmy doradztwa technicznego o przeprowadzenie analizy merytorycznej zgłoszonych propozycji wyposażenia instalacji technologicznej układu nawęglania w urządzenia i systemy zabezpieczeń przeciwwybuchowych. Ponadto poproszono inżyniera o dokonanie doboru optymalnego systemu zabezpieczeń przeciwwybuchowych, z uwzględ-

nieniem strategii efektywnego zarządzania ryzykiem pożarowym i ryzykiem wybuchowym, z uwzględnieniem optymalizacji kosztów ponoszonych na budowę urządzeń i systemów zabezpieczeń przeciwwybuchowych. Opracowanie przedstawione przez inżyniera bezpieczeństwa w pierwszej kolejności zawierało analizę aktualnie obowiązujących przepisów dotyczących zabezpieczenia przeciwwybuchowego obiektów i instalacji technologicznych jako wymagań obowiązkowego stosowania. Analiza Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010 roku w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej, wykazała, że w paragrafie 4 ust. 1 tego rozporządzenia ustalone zostały rodzaje działalności w obszarze technicznych oraz organizacyjnych środków ochronnych w zakresie zapobiegania wybuchom oraz precyzyjnie określono **kolejność ich stosowania**.

Kolejność stosowania technicznych oraz organizacyjnych środków ochronnych w zakresie zapobiegania wybuchom zapisana została według następujących priorytetów:

- zapobieganie tworzeniu się atmosfery wybuchowej,
- zapobieganie wystąpieniu zapłonu atmosfery wybuchowej,
- ograniczenie szkodliwego efektu wybuchu, w celu zapewnienia ochrony zdrowia i bezpieczeństwa osób pracujących.

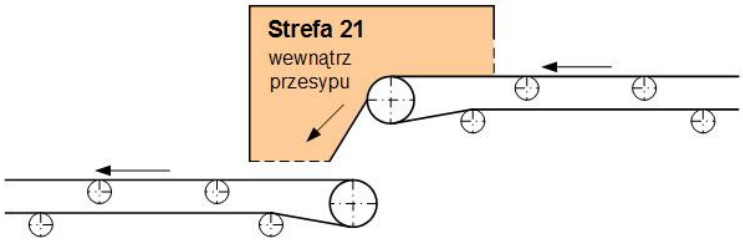
W ustępie 2 tego paragrafu zapisano dopuszczenie zezwalające pracodawcy na łączenie lub uzupełnianie wyżej wymienionych działań priorytetowych środkami przeciwdziałającymi rozprzestrzenianiu się wybuchu.

W tym miejscu na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, że w zapisanej w ustępie 2 paragrafu 4 **możliwości łączenia lub uzupełniania** wymienionych wyżej priorytetów środkami przeciwdziałającymi rozprzestrzenianiu się wybuchu **nie zapisano prawa do zastępowania tych priorytetów** środkami przeciwdziałającymi rozprzestrzenianiu się wybuchu.

W stosunku do instalacji odpylających inżynier bezpieczeństwa dokonał rzeczywistej i merytorycznej oceny ich roli i miejsca w technicznym zabezpieczeniu przeciwwybuchowym instalacji technologicznych, w których występują palne pyły. W jego słusznej ocenie, istota działania instalacji odpylających w przeciwwybuchowym zabezpieczeniu procesów technologicznych nie polega na **eliminowaniu zagrożenia wybuchem** jako takiego, lecz polega na **przeniesieniu zagrożenia wybuchem** z instalacji i urządzeń technologicznych, w których występują palne pyły, do układu instalacji odpylających. Realizowanie funkcji przeniesienia zagrożenia wybuchem z urządzeń technologicznych skutkuje tym, że odpylane urządzenia lub instalacja technologiczna przestają być klasyfikowane jako zagrożone wybuchem, natomiast instalacje odpylające oraz ich poszczególne urządzenia wykonawcze są sklasyfikowane jako strefy zagrożenia wybuchem.

Przykładowo:

- Wnętrza rurociągów instalacji odpylającej sklasyfikowane są jako strefa 21 zagrożenia wybuchem.
- Wnętrza filtrów sklasyfikowane są jako strefa 20 zagrożenia wybuchem.
- Wnętrza cyklonów sklasyfikowane są jako strefa 20 zagrożenia wybuchem.
- Wnętrza komór pyłowych sklasyfikowane są jako strefa 20 zagrożenia wybuchem.
- Wysypy pyłów z cyklonów, filtrów i komór pyłowych sklasyfikowane są jako strefa 20 lub 21 zagrożenia wybuchem.



Rysunek nr 1
Strefa zagrożenia wybuchem w przesypie nie wyposażonym w systemy ograniczające zapylenie

Klasyfikacja poszczególnych elementów składowych instalacji odpylających do wykazanych powyżej stref zagrożenia wybuchem wymaga stosowania w nich skutecznych systemów i urządzeń zabezpieczeń przeciwwybuchowych mających na celu wyeliminowanie potencjalnych źródeł zapłonu, zabezpieczenia ich przed możliwością powstania i rozprzestrzeniania się wybuchu lub ograniczania skutków ewentualnego wybuchu oraz stosowania urządzeń zabezpieczających przed przeniesieniem wybuchu poprzez instalację odpylającą.

W instalacjach odpylających skuteczna eliminacja potencjalnych źródeł zapłonu wymaga stosowania:

- materiałów przewodzących na wykonanie instalacji i urządzeń odpylających,
- materiałów nie wchodzących w reakcje z palnym pyłem,
- instalacji odprowadzania ładunków elektrostatycznych,
- instalacji ekwipotencjalizacji ładunków elektrycznych,

- instalacji zabezpieczającej od wyładowań atmosferycznych,
- bezpiecznych prędkości ruchomych elementów maszyn i urządzeń uniemożliwiających zaiskrzenie.

Zabezpieczenie przed możliwością powstania i rozprzestrzeniania się wybuchu w instalacjach odpylających realizowane jest poprzez:

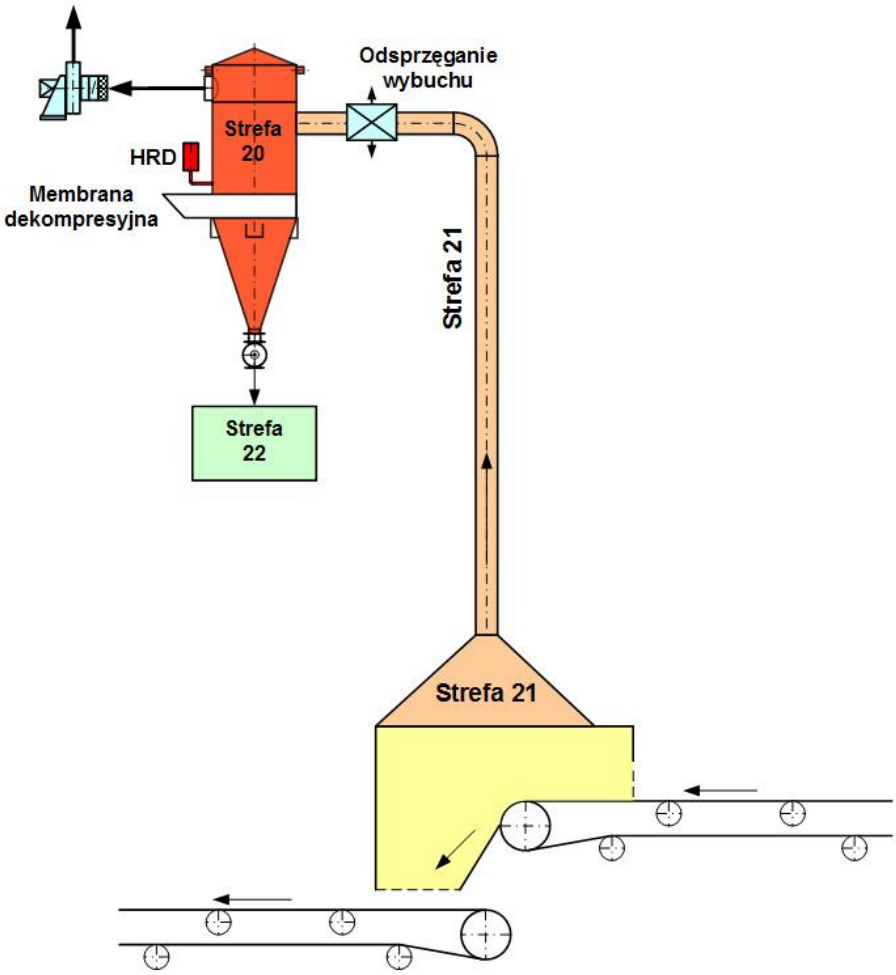
- stosowanie urządzeń do wykrywania i gaszenia iskier,
- stosowanie systemów tłumienia wybuchów HRD,
- stosowanie zaworów odsprzęgających wybuchy powstałe w urządzeniu, jakim są filtry czy cyklony lub komory pyłowe, od pozostałej części instalacji odpylającej.

Ograniczanie skutków ewentualnego wybuchu oraz zabezpieczanie przed przeniesieniem wybuchu poprzez instalację odpylającą realizowane jest poprzez:

- stosowanie klap lub membran redukujących ciśnienie wybuchu wewnątrz filtrów, cyklonów i komór pyłowych instalacji odpylającej,
- stosowanie zaworów odsprzęgających wybuch powstały w urządzeniu, jakim są filtry czy cyklony lub komory pyłowe, od pozostałej części instalacji odpylającej.

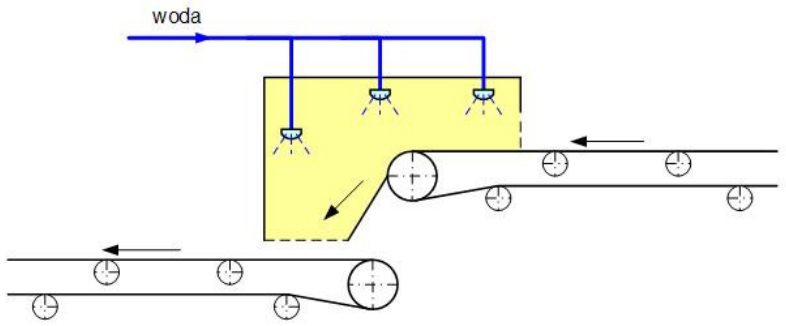
Instalacje odpylające wymagają stosowania systemu blokad technologicznych, których celem jest uniemożliwienie uruchomienia instalacji technologicznej w przypadku awarii lub nieprawidłowego działania instalacji odpylającej. Zapewnienie możliwości uruchomienia instalacji technologicznej tylko wówczas, gdy potwierdzone zostanie prawidłowe zadziałanie instalacji odpylających poprzez sygnały płynące z punktów pomiarowych. Stosowania blokad technologicznych, które w przypadku awarii instalacji odpylających lub nieprawidłowej ich pracy przy czynnej instalacji technologicznej automatycznie zatrzymają realizację procesu w instalacjach technologicznych. Wymienione wyżej instalacje, systemy i urządzenia zabezpieczeń przeciwwybuchowych, które powinny być zastosowane w odpowiedzialnej instalacji odpylającej, niestety wymagają bardzo poważnych nakładów finansowych.

Nakłady te mają jednak istotny wpływ na globalną wartość instalacji technologicznej. Ponadto należy pamiętać, że instalacje odpylające są jedną z najstarszych ze stosowanych metod eliminowania zagrożenia wybuchem w instalacjach i urządzeniach technologicznych. Cechą szczególną odpylania jest to, że w zakończeniach instalacji odpylających (filtry i cyklony), zagrożenie wybuchem jest znacznie wyższe niż zagrożenie występujące w miejscu pobierania pyłów z instalacji technologicznych.



Rysunek nr 2
Rozkład stref zagrożenia wybuchem w przypadku zastosowania systemu odpylania przesypu

Istota działania instalacji zraszających mgłowych oddziałujących na mgłę wysokodyspersyjną, przeznaczonych do ograniczania zapylenia polega na wyeliminowaniu zagrożenia wybuchem we wnętrzu urządzeń i instalacji technologicznych, w których zagrożenie wybuchem powstaje od wydzielających się w procesie technologicznym palnych pyłów. Działanie instalacji zraszających mgłowych polega na stworzeniu w środowisku zagrożonym wybuchem takiej atmosfery, w której zapłon mieszaniny pyłowo-powietrznej nie będzie możliwy – skuteczne nawilżenie atmosfery uniemożliwi zapłon mieszaniny pyłowo-powietrznej od wyładowań elektrostatycznych oraz od iskier pochodzenia mechanicznego. Drugim istotnym działaniem instalacji zraszających mgłowych jest nawilżenie pyłów powyżej 15% wilgotności, w wyniku czego lotne pyły palne zmieniają swój ciężar i opadają na powierzchnię urządzeń transportowych, ograniczając tym samym koncentrację palnych pyłów w mieszaninie z powietrzem. Trzecim istotnym działaniem instalacji zraszających mgłowych jest stworzenie w środowisku zagrożonym wybuchem atmosfery mgły wodnej, która skutecznie realizuje zjawisko inertyzacji środowiska zagrożonego wybuchem.



Rysunek nr 3
Eliminowanie stref zagrożenia wybuchem w przypadku zastosowania urządzeń mgłowych do ograniczenia zapylenia

Wszystkie urządzenia wykonawcze instalacji zraszających mgłowych zlokalizowane są na zewnątrz urządzeń i instalacji technologicznych, tj. w przestrzeniach, które nie są zagrożone wybuchem. Dla urządzeń wykonawczych instalacji zraszających mgłowych nie jest wymagane wykonanie przeciwwybuchowe Ex, a jedynie wymagane jest wykonanie ich w stopniu ochrony IP 65.

W strefie zagrożenia wybuchem zamontowane są jedynie dysze mgłowe, które nie generują źródeł zapłonu, a tym samym nie stwarzają bezpośredniego zagrożenia wybuchem. Instalacje zraszające mgłowe należą do najnowszej grupy urządzeń i metod eliminacji zagrożenia wybuchem bezpośrednio we wnętrzu urządzeń i instalacji generujących zagrożenie, i nie powodują transmisji zagrożenia wybuchem na inne instalacje i urządzenia, jak to ma miejsce w przypadku instalacji odpylających. Instalacje zraszające mgłowe wymagają stosowania systemu blokad technologicznych, których celem jest uniemożliwienie uruchomienia instalacji technologicznej w przypadku awarii lub nieprawidłowego działania instalacji mgłowej. Uruchomienie instalacji technologicznej może nastąpić tylko wówczas, gdy potwierdzone zostanie prawidłowe zadziałanie instalacji zraszających mgłowych poprzez sygnały płynące z przepływomierzy oraz czujników hydrodynamicznych. W przypadku awarii instalacji zraszających mgłowych lub nieprawidłowej ich pracy, przy czynnej instalacji technologicznej, powinno nastąpić automatyczne zatrzymanie realizacji procesu w instalacjach technologicznych, w wyniku zadziałania systemu blokad technologicznych.

W wyniku przeprowadzonych analiz inżynier bezpieczeństwa dokonał wyboru instalacji zraszających mgłowych, oddziałujących na mgłę wysokodyspersyjną w celu ograniczania zapylenia w wytypowanych punktach instalacji technologicznych, w których występowały palne pyły, jako skutecznego środka eliminującego zagrożenie wybuchem. Przedstawione przez inżyniera bezpieczeństwa możliwe do zastosowania systemy mgłowe posiadały dobrowolne aprobaty techniczne, wydane przez akredytowane placówki naukowo-badawcze potwierdzające skuteczność ich działania oraz osiąganie zadeklarowanych przez producentów parametrów technicznych.

Literatura

[1] Pihowicz W., Inżynieria bezpieczeństwa technicznego, WNT Warszawa 2008.
[2] Koziej S., Wołkowicz F., Podstawowe założenia polityki bezpieczeństwa i strategii obronnej, AON , Warszawa 1998.
[3] Biegus A., Rykulak K., Katastrofa hali Międzynarodowych Targów Katowickich w Chorzowie, Inżynieria i Budownictwo 2006.
[4] Podgórski M., Zapobieganie poważnym awariom przemysłowym – nowe regulacje – nowe zadania Państwowej straży" Prawo Ochrony Środowiska, 2001.
[5] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 7 czerwca 2010 r. w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów.

[6] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 24 lipca 2009 r. w sprawie przeciwpożarowego zaopatrzenia wodnego i dróg pożarowych.
[7] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r w sprawie Warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z późniejszymi zmianami.
[8] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 10 grudnia 2010 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie – wprowadzające wykaz norm obowiązujących do stosowania.
[9] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 22 grudnia 2005 r. w sprawie zasadniczych wymagań dla urządzeń i systemów ochronnych przeznaczonych do użytku w przestrzeniach zagrożonych wybuchem.
[10] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010 r. w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej.
[11] Rozporządzenie Ministra Transportu i Budownictwa z dnia 27 grudnia 2005 r. w sprawie dokonywania oceny zgodności aparatury z zasadniczymi wymaganiami dotyczącymi kompatybilności elektromagnetycznej oraz sposobu jej oznakowania.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 425–438

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.38

Tomasz Wołczański, Anna Pytel, Tomasz De Saint Aubin
Politechnika Opolska
ul. Ozimska 75, 45-370 Opole, e-mail: tomasz.wolczanski@wp.pl

WPŁYW CZYNNIKÓW SZKODLIWYCH I UCIĄŻLIWYCH NA PRACĘ OPERATORA URZĄDZEŃ WYŁADOWCZYCH WYWROTNICY WAGONOWEJ

Streszczenie. Koksowanie jest znanym i stosowanym od bardzo dawna procesem chemicznej obróbki paliw stałych o największym, oprócz spalania, znaczeniu praktycznym. W zakładach tego typu, jednym z wielu stanowisk pracy jest operator urządzeń wyładowczych – wywrotnicy wagonowej. Praca operatora wywrotnicy nie należy do łatwej i bezpiecznej ze względu na bliskość występowania elementów mechanicznych, które są w ruchu, oraz bezpośredni kontakt z taborem kolejowym. Operator w trakcie jej wykonywania wystawia siebie na oddziaływanie różnych i licznych czynników szkodliwych i uciążliwych. W artykule scharakteryzowano stanowisko operatora urządzeń wyładowczych na wydziale węglowni w jednym z zakładów przemysłu koksowniczego. Biorąc pod uwagę ogół czynników, które wtórują pracy operatora wywrotnicy wagonowej, stwierdzono, że wpływają one na jakość wykonywanej pracy. Powodują osłabienie, znużenie, senność, mają również wpływ na koncentrację. Artykuł zawiera analizę badania ankietowego wśród pracowników koksowni, przeprowadzonego w celu poznania czynników szkodliwych i uciążliwych, które mają wpływ na zdrowie operatorów. Przez działanie ww. czynników zostaje wydłużony czas reakcji, obniża się czujność oraz rośnie ilość popełnianych błędów, co jest bardzo niebezpieczne ze względu na duże prawdopodobieństwo wypadku przy pracy.
Słowa kluczowe: czynniki szkodliwe, czynniki uciążliwe, operator wywrotnicy wagonowej.

HARMFUL INFLUENCE FACTORS AND ANNOYING WORK EQUIPMENT OPERATOR DISCHARGE-TIPPING WAGONS

Abstract: Coking is a well known and used for a very long process of chemical treatment of solid fuels with the greatest, in addition to combustion practical importance. One of the many jobs in factories of this type is operator-discharge devices wagon tip-

pler. Work should not be tipping the operator for easy and secure due to the proximity of the occurrence of mechanical components that are in motion, and direct contact with rolling stock. Operator during its execution shall issue to each other on the impact of various factors, and many harmful and disruptive. The article describes the position of the operator of the discharge on the faculty bunker in one of the plants coke industry in the province of Opole. Given the general factors that echoed operator wagon tippler found that seriously affect the quality of their work. Causing weakness, fatigue, drowsiness, affect the concentrations. The article contains an analysis of a questionnaire study among employees coking carried out in order to know the factors harmful and burdensome, which affect the health of operators. Through the operation of the above. factors is prolonged reaction time, reduced vigilance and a growing number of errors, which is very dangerous, for reasons of a high probability of an accident at work.
Keywords: harmful factors, nuisance factors, operator wagon tippler.

Wprowadzenie

Proces pracy towarzyszy człowiekowi od wczesnych lat i trwa do jesieni życia. W zależności od charakteru wykonywanej pracy i środowiska, w którym musimy ją wykonywać, jesteśmy poddawani oddziaływaniu, w mniejszym bądź większym stopniu, różnorodnych czynników szkodliwych i uciążliwych. Aby zminimalizować skutki oddziaływania tych czynników, należy je przede wszystkim poznać.

Artykuł zawiera przegląd czynników szkodliwych i uciążliwych występujących w środowisku pracy operatora urządzeń wyładowczych na wydziale węglowni zakładów koksowniczych. W artykule przedstawiono również wnioski z przeprowadzonej analizy badania ankietowego wśród operatorów urządzeń wyładowczych - wywrotnicy wagonowej.

Analizowane stanowisko pracy jest specyficzne, ze względu na obecność wielu czynników szkodliwych dla człowieka. Praca odbywa się na powietrzu, operator wywrotnicy w czasie jej uruchomienia znajduje się w kabinie (sterowni), a więc występują różne rodzaje mikroklimatu w zależności od pory roku. Pracownicy narażeni są na hałas powodowany między innymi przez tabor kolejowy, silniki i przekładnie uruchamiające wywrotnice oraz urządzenia wibrujące wspomagające opróżnianie wagonu. Spośród czynników niebezpiecznych występuje także zapylenie pochodzące od wyładowywanego węgla. Praca należy do niebezpiecznej, wymagającej koncentracji i uwagi ze względu na obsługiwane urządzenia oraz pracę zespołową. Każdy pracownik odpowiedzialny jest za kolegów oraz obsługiwane urządzenia. Takie zestawienie czynników i warunków pracy niejednokrotnie prowadzi do sytuacji stresujących, a te z kolei wpływają na stan podwyższonego ryzyka.

Celem opracowania jest przedstawienie wpływu czynników szkodliwych i uciążliwych na pracę operatora urządzeń wyładowczych oraz przedstawienie wyników badań ankietowych wśród pracowników, dotyczących analizowanego stanowiska pracy.

Charakterystyka wybranych czynników szkodliwych i uciążliwych występujących w przemyśle koksowniczym

Warunki pracy, z punkty widzenia pracownika, jak i pracodawcy, są bardzo ważnym aspektem każdej organizacji. Polepszenie lub pogorszenie warunków pracy ma bezpośrednie przełożenie na jakość i wydajność wykonywanej pracy. Między innymi temperatura, ilość i jakość światła oraz poziom hałasu to powszechne czynniki kształtujące warunki we wszystkich miejscach pracy. Warunki te mogą wywierać wpływ na bezpieczeństwo i zdrowie osób przebywających na terenie organizacji. Jeśli warunki te są niewłaściwe, mogą w poważnym stopniu wpływać na wykonywanie poszczególnych czynności, a także na wydajność pracy [3].

Pod wpływem czynników niebezpiecznych, szkodliwych i uciążliwych w środowisku pracy sprawność organizmu człowieka może ulec pogorszeniu. Czynniki mogą doprowadzić do różnych urazów, a w skrajnych wypadkach nawet do śmierci pracownika [2].

Charakterystyka zakładu koksowniczego

W Polsce przemysł koksowniczy ma znaczące miejsce w gospodarce. Roczne możliwości przerobu węgla kamiennego przez polskie koksownie są na poziomie 18 milionów Mg, z czego otrzymujemy około:

- 14 mln Mg koksu,
- 630 tys. Mg smoły,
- 145 tys. Mg benzolu.

W Polsce głównym surowcem energetycznym jest węgiel, a koksownictwo jest ważnym kierunkiem energochemicznym przetwórstwa węgla.

Zakład koksowniczy omawiany w artykule został uruchomiony w roku 1932. W pierwszych latach istnienia koksowni koks nie był tak pożądanym produktem. Przed II wojną światową od roku 1937 w zakładzie koksowniczym rozpoczęto produkcję benzyny syntetycznej, według technologii Fischera-Tropscha, moce produkcyjne wynosiły 2500 ton benzyny na miesiąc. Produkcja była przeznaczona na potrzeby wojska i trwała do schyłku wojny.

Dziś zakład zatrudnia 1766 osób, a produktem głównym jest koks. W czasie jego produkcji (odgazowywania węgla) wydziela się gaz koksowni-

czy, następnie podczas różnych operacji chemicznych z gazu odseparowuje się: smołę, benzol, amoniak, kwas siarkowy, siarczan amonu. Analizowany zakład jest największym producentem koksu w Polsce, moc produkcyjna wynosi 4 mln ton rocznie, jest to 40% całej produkcji koksu w Polsce.

Charakterystyka stanowiska pracy operatora urządzeń wyładowczych

Stanowisko operatora urządzeń wyładowczych znajduje się na wydziale węglowni. Pracownik na tym stanowisku współpracuje z manewrowym i maszynistą lokomotywy. Obsługiwanymi urządzeniami przez operatorów są wywrotnice wagonowe (rys. 1).

Rys. 1. Wywrotnica wagonowa – strona wyjazdowa (opracowanie własne)

Wywrotnica wagonów należy do jednych z większych i bardziej skomplikowanych urządzeń na wydziale węglowni, służy do opróżniania wagonów z węgla.

Czynności obsługowe wykonywane przez operatora urządzeń wyładowczych w czasie obsługi wywrotnicy

Obsługa wywrotnicy wagonowej wymaga wykonania cyklu określonych czynności, które operator musi wykonać przed przystąpieniem i w czasie pracy. Do jego czynności roboczych należą m.in. oględziny wzrokowe elementów

wywrotnicy, stanu torowiska w jej pobliżu, sygnalizacji świetlnej i dźwiękowej, skontrolowanie włączników i kontrolek w kabinie (sterowni) (rys. 2).

Rys. 2. Kabina sterowni wywrotnicy wagonowej (opracowanie własne)

Gdy wywrót znajduje się w pozycji 0, operator wywrotnicy ustawia się przed wywrotem od strony podestu roboczego i daje sygnał manewrowemu, a ten maszyniście do wstawienia wagonu na wywrotnicę, wagon ładowny wypycha wagon próżny ze stołu wywrotnicy. Gdy wagon ładowny jest prawidłowo ustawiony na wywrotnicy, operator wyciąga drążek ze stojaka i wchodzi na podest roboczy i następnie odpina wagon. Po sygnale odjeżdża wagonami na odległość 10 m, jeśli wagon stoi prawidłowo na wywrotnicy, operator przechodzi przez kabinę (sterownię) do tyłu wywrotnicy i sprawdza, czy rozładowany wagon opuścił wywrotnicę na odległość min. 20 m od wywrotu, sprawdza prawidłowość ustawienia ładownego wagonu na stole wywrotnicy oraz stan techniczny wagonu, ocenia, czy jest miejsce w zbiornikach wgłębnych pod wywrotem, analizuje wzrokowo sytuację w obrębie wywrotu, po czym daje sygnał dźwiękowy przed uruchomieniem wywrotnicy. Po zakończeniu operacji rozładunku wagonu (wywrotnica w pozycji 0) sprawdza, czy są podwieszone sprzęgi powietrzne na wspornikach i czy wagon nie został uszkodzony, czy stoi prawidłowo na szynach. Po stwierdzeniu braku uszkodzeń operator rozpoczyna rozładunek kolejnego wagonu poprzez wydanie zezwolenia manewrowemu.

Czynniki szkodliwe i uciążliwe występujące w czasie pracy operatora urządzeń wyładowczych

Praca na stanowisku operatora urządzeń wyładowczych jest bardzo ciężka i niebezpieczna ze względu na bliskość występowania elementów mechanicznych, które są w ruchu, oraz bezpośredni kontakt z taborem kolejowym. Praca na tym stanowisku wymaga skupienia i koncentracji, jest wykonywana na wolnym powietrzu, dlatego mikroklimat występujący w czasie trwania warunków zimowych jest uciążliwy. Uciążliwość pracy operatora polega także na wykonywaniu tych samych czynności przez okres 6-7 godzin w ciągu jednej zmiany (8 godzin), średnio przez ten okres operator jest w stanie rozładować 120-130 wagonów. Monotypowość ruchów podczas wykonywania czynności operatora wywrotnicy najbardziej obciąża nogi, następnie ręce. Ze względu na powtarzalność ruchów, zachowań, jednostajność tej pracy, staje się ona monotonna, co ma bezpośredni wpływ na wydajność i wzrost ryzyka popełniania błędów przez operatora.

Wyładunek wagonów trwa przez trzy zmiany, więc dodatkowym czynnikiem uciążliwym jest praca na zmiany, zwłaszcza zmiana nocna jest najbardziej męcząca dla pracownika. Pracownik obsługujący to stanowisko jest poddany na działanie stresu.

Przyczynami stresu w codziennej pracy operatora wywrotnicy są:

- odpowiedzialność za urządzenia, które stanowią dużą wartość materialną,
- podjęcie decyzji o załączeniu wywrotnicy,
- limit wagonów do rozładowania w czasie zmiany,
- praca w warunkach zimowych trudności z rozładunkiem wagonów,
- praca musi odbywać się zgodnie z przepisami BHP oraz instrukcjami, niezbędna jest znajomość tych przepisów,
- wszelkie awarie,
- niebezpieczeństwo związane z bliskim kontaktem z taborem kolejowym.

Czynnikami szkodliwymi występującymi na wywrotnicy wagonowej są hałas i zapylenie.

Źródłem hałasu na wywrotnicy wagonowej podczas operacji wyładunku węgla są: mechanizmy napędowe (silniki, przekładnie redukcyjne, amortyzatory), wraz z zamontowanymi urządzeniami wibrującymi do obruszania zawisów węgla w wagonach, przesypy węgla. W pomieszczeniach, do których należą kabiny sterownicze, oraz na stanowiskach obsługowych nie występują przekroczenia NDN poziomu dźwięku.

Tabela 1 zawiera wyniki pomiarów hałasu przeprowadzonych przez Laboratorium Pomiarów Środowiskowych. Badania wykazały przekroczenie hałasu w czasie prowadzenia rozładunku wagonów. Przekroczenie miało wartość 87,8 dB, to jest o 2,8 dB ponad NDN. W związku z tym pracownik powinien stosować ochronniki słuchu, które redukują dochodzący do uszu hałas do bez-

piecznego natężenia. Długotrwałe oddziaływanie hałasu na pracownika może być przyczyną stresu, zmęczenia. Skutki hałasu mają swoje przełożenie na wydajność i jakość wykonywanej pracy, dlatego tak ważne jest, aby zidentyfikować przyczynę, która generuje hałas, i ją usunąć lub przynajmniej podjąć kroki, które ograniczą emisję hałasu w środowisku pracy.

Tab. 1. Sprawozdania z pomiaru hałasu; badane stanowisko: operator urządzeń wyładowczych węglowni WO2, WO3 (opracowanie własne wg sprawozdań z Laboratorium Pomiarów Środowiskowych)

Wskaźnik narażenia							
Wyszczególnienie					J.M	Wynik niepewności pomiaru	Wartość dopuszczalna
Poziom ekspozycji na hałas odniesiony do 8-godz. Dnia pracy LEX, 8h					dB (A)	$83{,}4^{+1{,}5}$	85
Ekspozycja dzienna $E_{A,Te}$					Pa^2s10^3	2,54	3,64
Max. Poz. Dźwięku A L_{Amax}					dB (A)	$_{99,1-1,3}^{+1,5}$	115
Szczytowy poziom dźwięku C LC_{peak}					dB (C)	$126{,}2^{+15{,}2}_{-1{,}3}$	135
Krotność NDN do określenia częstotliwości badań						0,7	1,0
Wydział: P3	Oddział: P1.1 Wyładunek					Data badania	02.09.2011
Stanowisko pracy	**Operator urządzeń wyładowczych węglowni WO2, WO3**						nr 127
	Ilość pracowników narażonych:			ogółem:	4	w tym kobiet	0
Miejsce pracy. Wykonanie czynności	Czas narażenia Te	Równoważny poziom dźwięku	Średni równoważony poziom	Pomiary Lp,Cpeak	Szczytowy poziom dxwięku C	Pomiary Lp,Amax.	Max. Poz. Dźwięku A LpA max
	[min]	dB (A)	dB (A)	dB (C)	dB (C)	dB (A)	dB (A)
Rozprzęganie, sprawdzanie ustawiena wagonu na stole, kontrola wytyczania wagonu, wydawnie zezwoleń na dojazd składem wagomu. Czas pomiaru Tp=5x5 min.	120	87,3	87,8	126,2	126,2	65,5	71,20
		88,7		121,4		66,9	
		87,5		125,3		67,5	
		87,9		124,7		66,6	
		87,8		122,3		71,2	
Cykl rozładunku wagonu (praca w kabinie operatorskiej). Czas pomiaru Tp=5x5 min.	120	84,2	84,3	121,2	122,2	98,2	99,1
		84,0		121,6		98,7	
		84,4		121,2		98,7	
		84,5		121,8		99,1	
		84,4		121,9		98,4	
Prace porządkowe poza wyładunkiem (postój urządzeń) praca odkurzaczem przemysłowym. Czas pomiaru Tp=5x5 min.	240	62,5	62,5	87,6	101,2	72,6	82,3
		62,1		101,2		79,5	
		62,8		84,4		64,1	
		62,6		91,1		82,3	
		62,7		84,3		63,8	

Kolejnym czynnikiem szkodliwym, występującym na stanowisku wywrotnicy wagonów, jest zapylenie. Stężenie pyłu w powietrzu jest zmienne i zależy od wilgotności, temperatury oraz wiatru. Wpływ na stężenie pyłu w powietrzu ma także typ rozładowywanego węgla. Warunki sprzyjające pyleniu to

niska wilgotność powietrza oraz wietrzne dni. W czasie nadmiernego pylenia pracownicy powinni stosować maseczki przeciwpyłowe i okulary ochronne. W celu zapobiegania gromadzeniu się pyłu na urządzeniach operatorzy są zobowiązani do bieżącego usuwania pyłu z urządzeń i posadzek.

Praca wykonywana na omawianym stanowisku wymaga od operatora dobrych warunków zdrowotnych i psychofizycznych. Operatorzy co roku poddawani są badaniom o profilu kolejowym.

Każdy operator wywrotnicy wagonowej musi odbyć badania psychotechniczne. Prócz szkoleń BHP, które są dla wszystkich pracowników, operatorzy muszą odbyć dodatkowe szkolenia BHP związane z koleją. Aby sprostać pracy operatora, kandydat musi dysponować bardzo dobrą kondycją psychofizyczną i zdrowotną [1].

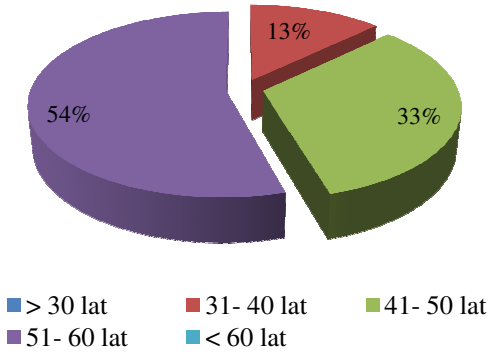
Badania własne

Oddziaływanie wyżej opisanych czynników ma negatywny wpływ na jakość i komfort wykonywanej pracy oraz może być przyczyną wielu dolegliwości, które mogą być przyczyną wielu chorób.

Badania zostały przeprowadzone metodą reprezentacyjną-sondażową, została zastosowana technika komunikacji pośredniej. Narzędziem użytym w badaniu jest kwestionariusz ankiety.

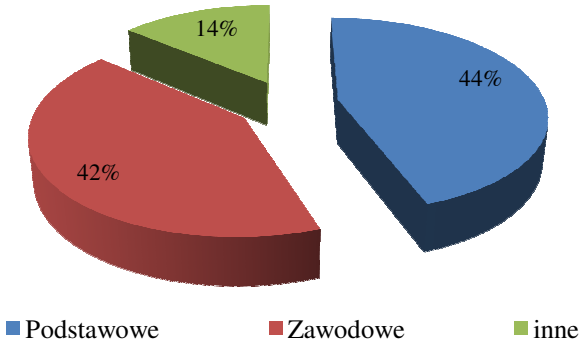
Ankietę otrzymało 101 pracowników, którzy posiadają uprawnienia, aby wykonywać pracę operatora wywrotnicy wagonowej. Wszyscy respondenci wykazali zainteresowanie przeprowadzonym badaniem i chętnie w nim uczestniczyli. 100% ankiet zostało wypełnionych prawidłowo.

Populacja badanych to sami mężczyźni, ma to związek ze specyfiką pracy na stanowisku operatora urządzeń wyładowczych – wywrotnicy wagonowej. Rys. 3 przedstawia udział procentowy badanych ze względu na wiek.



Rys. 3. Rozkład procentowy według wieku badanych (opracowanie własne)

Wśród przebadanych operatorów dominującym wykształceniem było podstawowe, które wynosiło 44%. 42% ankietowanych miało wykształcenie zawodowe, a w kategorii „inne" 11 osób podało, że ma wykształcenie średnie, 3 osoby wykształcenie wyższe, razem procentowo dało to 14% badanych (rys. 4).



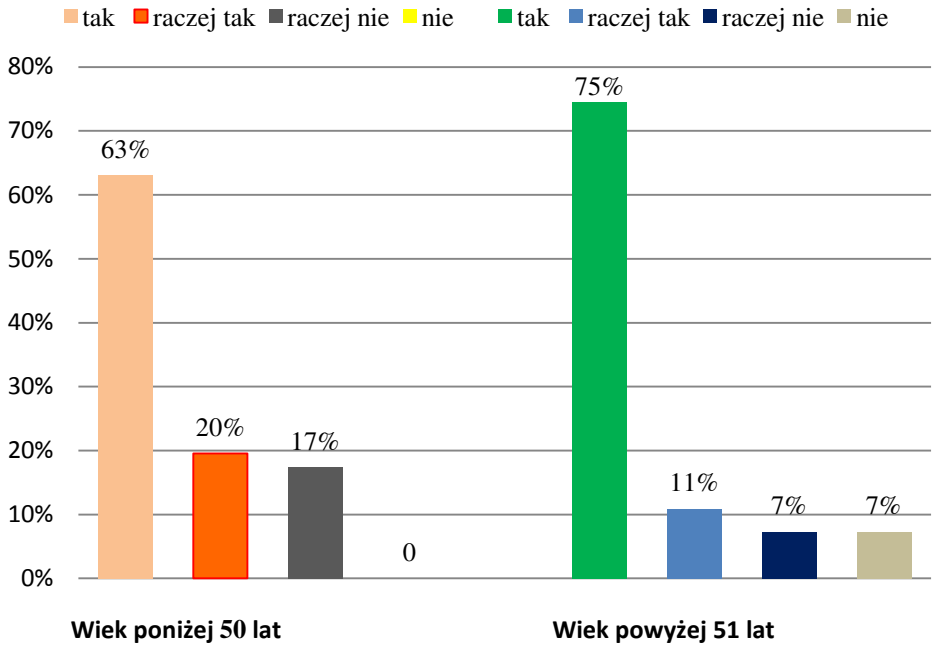
Rys. 4. Rozkład procentowy wg wykształcenia (opracowanie własne)

Najliczniejszą grupą są operatorzy, którzy mają staż pracy ponad 21 lat, jest to 62% wszystkich badanych, następną grupą są operatorzy, których staż wynosi od 11 do 20 lat – jest to 18% wszystkich badanych, ze stażem do 5 lat pracuje 14% operatorów, 6% badanych przepracowało na danym stanowisku od 6 do 10 lat.

Przeprowadzone analizy wykazały, iż w badanym zakładzie na stanowisku operatora wywrotnicy pracują głównie mężczyźni w przedziale wiekowym od 31 do 50 i od 51 do 60 lat, większość z nich posiada wykształcenie podstawowe oraz zawodowe, a staż pracy przekracza 21 lat. Wnioskować zatem można, że zakład pracy stawia na pracowników z wieloletnim stażem i doświadczeniem zawodowym.

Praca operatora wywrotnicy ma charakter niebezpieczny ze względu na kontakt z taborem kolejowym oraz wirującymi elementami mechanizmów wywrotnicy. Operatorzy zapytani o stopień niebezpieczeństwa w trakcie wykonywania swej pracy udzielili odpowiedzi, które ilustruje rys. 5.

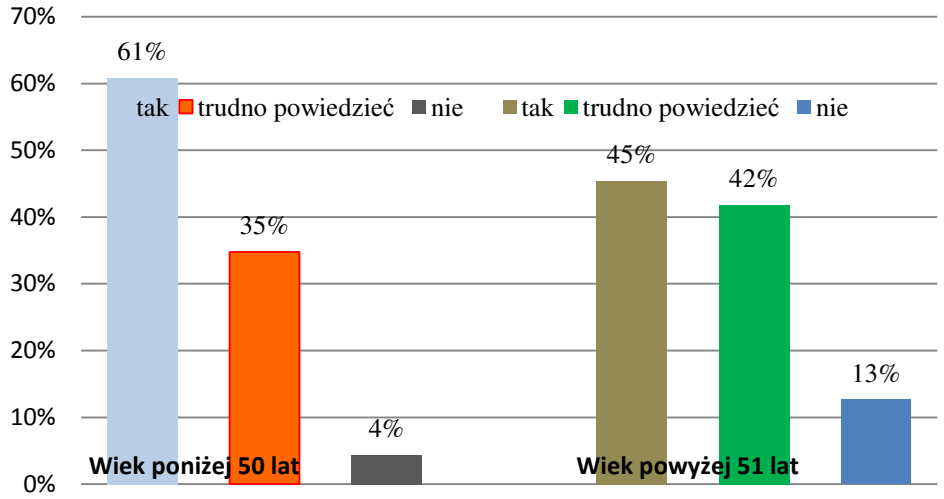
Wyniki potwierdzają, że z wiekiem i doświadczeniem rośnie świadomość o istniejącym niebezpieczeństwie dla zdrowia i życia na stanowisku operatora wywrotnicy.



Rys. 5. Wykres przedstawiający świadomość badanych o niebezpieczeństwie pracy na wywrotnicy (opracowanie własne)

Praca operatora wywrotnicy odbywa się z kabiny (sterowni). Ważne jest, aby wszystkie urządzenia do obsługi były ergonomiczne (wygodne siedzisko, dobra widoczność, swoboda wejścia/wyjścia z kabiny). Nieodpowiednie warunki mogą powodować szybsze zmęczenie psychiczne, jak i fizyczne. 42% badanych wskazało, że kabina sterownicza jest w taki sposób zaprojektowana, żeby posługiwanie się urządzeniami sterowniczymi było łatwe i wygodne. 36% ankietowanych uznało, że do kabiny jest dobry dostęp, najgorzej jednak wypadła cecha związana z widocznością - tylko 3% badanych uznało, że jest dobra.

61% operatorów „młodszej" generacji stwierdziło, że ich praca jest stresująca, a 45% operatorów powyżej 51 roku życia stwierdziło, że ich obowiązki są stresujące, prawie tyle samo badanych w tym wieku, bo 42%, nie mogło zająć stanowiska w tej sprawie, tak samo odpowiedziało 35% operatorów w wieku do 50 lat. Tylko 4% ankietowanych do 50 lat i 7% powyżej 51 lat stwierdziło, że sytuacje stresowe na ich stanowisku nie występują (rys. 6).



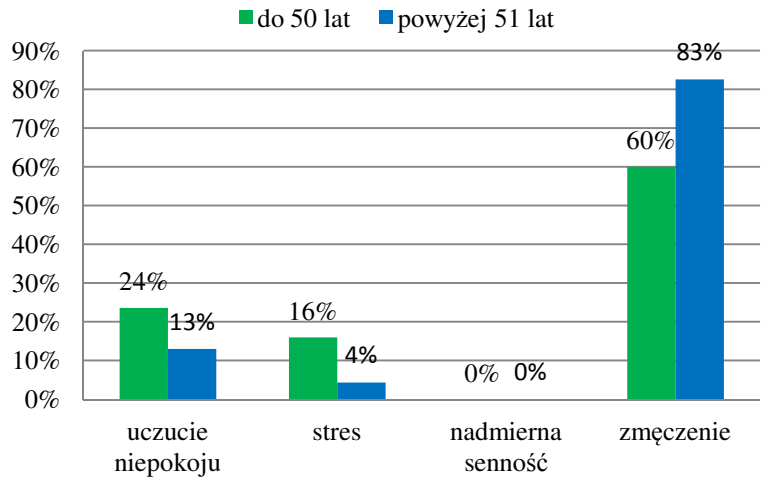
Rys. 6. Występowanie sytuacji stresowych na stanowisku operatora wywrotnicy, (opracowanie własne).

Na podstawie odpowiedzi respondentów można wywnioskować, że „starsi" operatorzy są bardziej odporni na sytuacje stresowe, może być to podyktowane ustabilizowaną sytuacją zawodową oraz większym doświadczeniem zawodowym.

Okazuje się, że badani w wieku do 50 lat, jak i po 51 roku życia stwierdzili jednoznacznie, że największym czynnikiem, który u nich wywołuje uczucie stresu, jest odpowiedzialność za urządzenia. W obu grupach wiekowych (ponad 50% badanych) stwierdzono, że wynika to z faktu, że jakikolwiek błąd może być przyczyną poważnej awarii, typu: skręcenie, wykolejenie wagonu, potrącenie pieszego itp. Sytuacje tego typu są bardzo kosztowne nie tylko w rozumieniu finansowym, ale i zdrowotnym. Operator musi być czujny, obserwować teren wokół wywrotnicy w czasie manewrów z wagonami. Drugą cechą, która najczęściej powoduje stres, według ankietowanych są bardzo głośne nagłe dźwięki, np. uderzenie wagonu o wagon, tak podaje 22% młodszych i 18% starszych operatorów. Zwalczanie stresu jest pożądane i ważne, gdyż wpływa on negatywnie na pracę operatora wywrotnicy.

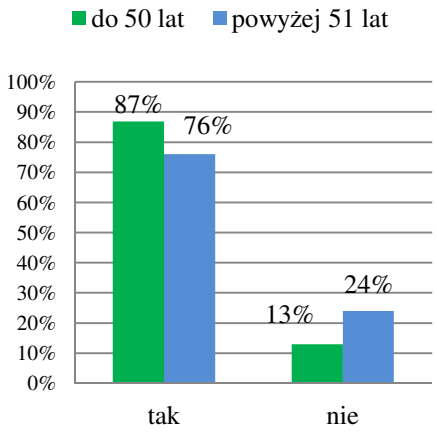
Kolejnym analizowanym czynnikiem był hałas. Zdecydowana większość badanych w obu zakresach wiekowych zadeklarowała, iż hałas jest przyczyną zmęczenia, takich odpowiedzi udzieliło aż 60% „młodszych" i aż 83% „star-

szych" ankietowanych. Wśród 24% „starszych" badanych oraz 13% „młodszych" pojawia się opinia, że hałas może u nich wywoływać uczucie niepokoju. 4% respondentów w wieku powyżej 51 roku życia i 16% respondentów w wieku do 50 lat stwierdziło, iż hałas wywołuje u nich stres (rys. 7).

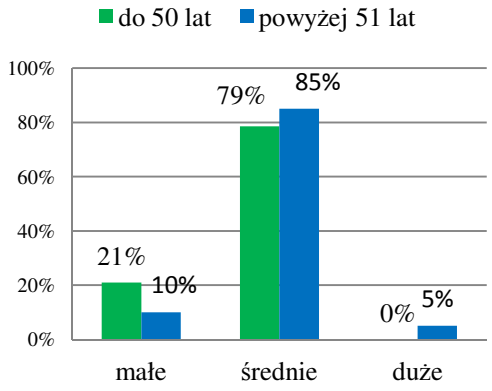


Rys. 7. Reakcja respondentów na hałas (pracowanie własne)

Respondenci z przedziału wiekowego do 50 lat uznali, że są narażeni w pracy na drgania (87%), tylko 13% deklaruje, że nie są narażeni na drgania. W tej grupie 79% mówi o średnim narażeniu, 21% o małym narażeniu na drgania (rys. 8 i 9).



Rys. 8. Występowanie drgania w miejscu pracy według badanych (opracowanie własne)



Rys. 9. Wielkość narażenia na drgania wg badanych (opracowanie własne)

Analizując opinię w grupie badanych powyżej 51 lat o narażaniu na drgania w miejscu pracy, można stwierdzić, iż większość jest narażona na drgania - 76%. Również wysoki wskaźnik uzyskano, jeśli chodzi o stopień narażenia, bo aż 85% uznało, że są średnio narażeni na występowanie drgań, 10% stwierdziło, że narażenie jest małe, ponadto 5% respondentów stwierdziło, że narażenie na drgania na stanowisku operatora wywrotnicy jest duże (rys. 8, 9).

Badana populacja jest świadoma tego, że w ich środowisku występują drgania o różnym natężeniu, jednak nie wszyscy zdają sobie sprawę, jak duże szkody w organizmie potrafi wyrządzić ten, jak również i inne, opisane w opracowaniu, niebezpieczne czynniki.

Wnioski

Praca operatora wywrotnicy nie należy do łatwych i przyjemnych. Wymaga ona dobrego stanu zdrowia, dobrej koordynacji ruchowej oraz podzielności uwagi i dobrej koncentracji. W ciągu zmiany roboczej operator narażony jest na działanie hałasu, drgań i mikroklimatu. Ze strony psychicznej operator narażony jest na stres, monotonię oraz zmęczenie. Ogół tych czynników działających na operatora jednocześnie wyrządza szkody nie tylko zdrowotne, ale również działa na jego psychomotorykę i wydajność. Hałas i drgania oddziałują na cały organizm, powodując skutki fizjologiczne, jak i funkcjonalne. Działanie tych czynników uwidacznia się poprzez dekoncentrację, ubytek słuchu oraz może prowadzić do wystąpienia wielu dolegliwości, zdiagnozowanych, jak i ukrytych.

Towarzyszący operatorowi wywrotnicy stres często jest przyczyną różnych niechcianych reakcji, takich jak: gniew, lęk, irytacja. Biorąc pod uwagę

ogół czynników, które wtórują pracy operatora wywrotnicy wagonowej, można stwierdzić, że w poważny sposób wpływają one na jakość wykonywanej pracy. Powodują osłabienie, znużenie, senność, mają wpływ na koncentrację, dlatego ujemnie wpływają na wykonywane przez niego czynności. Przez działanie tych czynników zostaje wydłużony czas reakcji, obniża się czujność oraz rośnie ilość popełnianych błędów, jest to bardzo niebezpieczne ze względu na duże prawdopodobieństwo wypadku. Jednoznacznie można stwierdzić, że czynniki szkodliwe i uciążliwe mają wpływ na zdrowie i samopoczucie operatorów oraz na ich psychofizyczną kondycje. Dlatego tak istotna jest profilaktyka, stosowanie środków ochronnych oraz dbanie o bezpieczeństwo pracowników.

Literatura

[1] Pośniak M. Pod redakcją Augustyńska D., Czynniki szkodliwe w środowisku pracy, wartości dopuszczalne, Wydanie V, CIOP- PIB, Warszawa 2005

[2] Rączkowski A., BHP w praktyce, Ośrodek Doradztwa i Doskonalenia Kadr Sp. Zo.o Gdańsk 2007

[3] Schultz D. Schultz S., Psychology and Work Today: An introduction to industrial and organizational psychology, 7th edn., Upper Saddle River: Prentice Hall, New Jersey 1998

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 439–446

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.39

Tomasz Wyleciał, Monika Zajemska, Rafał Wyczółkowski, Adrian Pyrek
Politechnika Częstochowska
al. Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa
e-mail: wyleciał@wip.pcz.pl

CHARAKTERYSTYKA I DOBÓR IZOLACJI CIEPLNYCH W PRZEGRODACH ZEWNĘTRZNYCH Z PUNKTU WIDZENIA BEZPIECZEŃSTWA CIEPLNEGO

Streszczenie. Izolacja cieplna powinna chronić obiekt przed stratami ciepła, przed jego napływem, a także stanowić materiał spełniający bezpieczeństwo i komfort cieplny. W artykule przedstawiono szczegółową analizę wybranych materiałów pochodzenia organicznego, nieorganicznego oraz z tworzyw sztucznych. Zakres pracy obejmował przeprowadzenie obliczeń, które pozwoliły wyznaczyć hierarchie użyteczności izolacji cieplnych w obiektach budowlanych, a także określić przenikanie i przewodzenie ciepła.
Słowa kluczowe: izolacja cieplna przewodzenie ciepła, materiały izolacyjne.

CHARACTERISTICS AND SELECTION OF THERMAL ISOLATION THE EXTERNAL WALLS WITH RESPECT HEAT SAFETY

Abstract. Thermal insulation should protect property against both heat loss, before the influx, as well as provide material that meets the security and comfort. The article presents a detailed analysis of selected materials of organic origin, inorganic and plastic. The scope of work included carrying out calculations that helped determine the usefulness of hierarchies of thermal insulation in buildings, as well as the determination of diffusion and heat conduction.
Keywords: heat insulation, heat conduction, insulation materials.

Wprowadzenie

Zadaniem izolacji cieplnej jest ochrona obiektów nie tylko przed stratami ciepła, ale także jego napływem. Materiały termoizolacyjne stosowane w budownictwie, jak i w przemyśle, mają chronić obiekty przed zimnem, ciepłem, przed hałasem oraz wpływać na nasze bezpieczeństwo.

Ocieplanie przegród zewnętrznych ma na celu utrzymanie określonej temperatury wewnątrz obiektów przemysłowych, mieszkalnych oraz użyteczności publicznej, przy zmieniających się warunkach zewnętrznych.

W budownictwie przemysłowym stosuje się przegrody lekkie, posiadające odpowiednią izolację cieplną, gdzie składnikiem są materiały konstrukcyjne o wymaganej wytrzymałości oraz warstwy izolacji. Niewystarczająca izolacja oraz miejsca niewłaściwie ocieplone powodują narażenie obiektu na straty ciepła oraz zniszczenie spowodowane przemarznięciem pod wpływem kondensacji pary wodnej, w wyniku czego tworzą się tzw. mostki cieplne.

Sprawność izolacji cieplnej głównie zależy od jakości materiałów termoizolacyjnych, ich doboru oraz dokładności i sposobu wykonania izolacji. O poprawnym doborze materiałów decydują określone jego właściwości, takie jak: rodzaj wyrobu (płyty, maty, materiał sypki czy otuliny), wrażliwość na zawilgocenie (odporność na zagrzybienie, stopień nasiąkliwości), odporność na działanie temperatury, stopień odporności na działanie ognia (palność), wytrzymałość na zginanie oraz ściskanie, zdolność przewodzenia ciepła oraz gęstość objętościowa materiału.

Najważniejszymi własnościami pod względem energetycznym są parametry przenikania oraz przewodzenia ciepła. Współczynnik przewodności cieplnej λ informuje, jakie materiał posiada właściwości termoizolacyjne. Współczynnik ten powinien być nie większy niż 0,5 W/mK, a najlepsze materiały mają około 0,03 W/mK. Z punktu widzenia bezpieczeństwa pożarowego ważną własnością materiałów ociepleniowych jest ich niepalność lub trudnopalność [1, 2].

Rodzaje izolacji cieplnych

Materiały na izolację cieplną mogą występować w formie płyt, mat, otulin, luźnych granulatów i włókien, bądź pian aplikowanych na ocieplaną powierzchnię. Występują także materiały izolacyjne pochodzenia naturalnego oparte na surowcach nieorganicznych (mineralnych) oraz organicznych (pochodzenia roślinnego i zwierzęcego), a także wyroby przetwarzane z tworzyw sztucznych.

Do najbardziej rozpowszechnionych materiałów nieorganicznych możemy zaliczyć produkty z wełny mineralnej oraz waty bazaltowej. Złożone są głównie z luźno ułożonych, cienkich włókien, które uzyskuje się ze stopu su-

rowców mineralnych, służą zaś do ocieplania poddaszy, ścian zewnętrznych i dachów, stropów, podłóg na gruncie, konstrukcji szkieletowych stalowych oraz drewnianych. Wyroby te są niepalne oraz nie rozprzestrzeniają ognia. Drugą popularną grupą wyrobów izolacyjnych są materiały wytworzone z tworzyw sztucznych (styropian, pianizol, pianka poliuretanowa). Styropian jest powszechnie stosowanym materiałem do izolacji cieplnej, produkowanym w sposób ekspandowany za pomocą spieniania polistyrenu. Posiada dobry współczynnik przewodzenia ciepła, odpowiednią nasiąkliwość oraz opór cieplny. Stosowany jest do konstrukcji szkieletowych, konstrukcji dachów, stropów i poddaszy oraz do ociepleń elewacji.

Nowym rozwiązaniem w budownictwie w dziedzinie izolacji stał się aerożel. Jest to substancja stała, która posiada niewielki współczynnik izolacyjności ciepła w porównaniu do innych materiałów.

Posiada również korzystniejszą gęstość objętościową niż wełna, a co za tym idzie – ciężar. Maty z aerożelu mają dobrą chłonność dźwięków i mogą być stosowane w izolacji akustycznej, a także do izolacji rur dostarczających ciepło, ale także w przemyśle wojskowym, odzieżowym, petrochemicznym oraz paliwowo-energetycznym [3, 4, 5].

Badania własne i obliczenia

Przeprowadzono analizę i dobór materiałów izolacyjnych w przegrodach zewnętrznych oraz wykonano obliczenia, które pozwoliły wyznaczyć hierarchie ważności izolacji cieplnych w obiektach budowlanych w stosunku do różnych aspektów cieplnych. Badania umożliwiły także określić podstawowe parametry materiałów termoizolacyjnych, takie jak: przenikanie i przewodzenia ciepła, opór, ale także współczynniki strat ciepła itp.

Analiza materiałów termoizolacyjnych została przeprowadzona w innowacyjnym programie ArCADia – TERMO. Oprogramowanie to służy do obliczeń cieplnych obiektów budowlanych. Pozwala określić współczynnik przewodzenia i przenikania ciepła, zapotrzebowanie pomieszczeń na ciepło oraz wymiany ciepła przez grunt. System ten przeznaczony jest także do sporządzania świadectw charakterystyki energetycznej, audytu remontowego, audytu energetycznego oraz do obliczeń zapotrzebowania na ciepło w obiekcie budowlanym [6].

W tabeli 1 przedstawiono grubość przykładowego materiału izolacyjnego (d), współczynnik przewodności cieplnej (λ), opór (R) oraz całkowity współczynnik przenikania ciepła (U_c) przy ociepleniu budynku styropianem. Wartości te są istotne przy obliczeniach służących projektowaniu i tworzeniu izolacji cieplnej danego obiektu budowlanego.

Tab. 1. Obliczenia wartości współczynników U elementów budowlanych

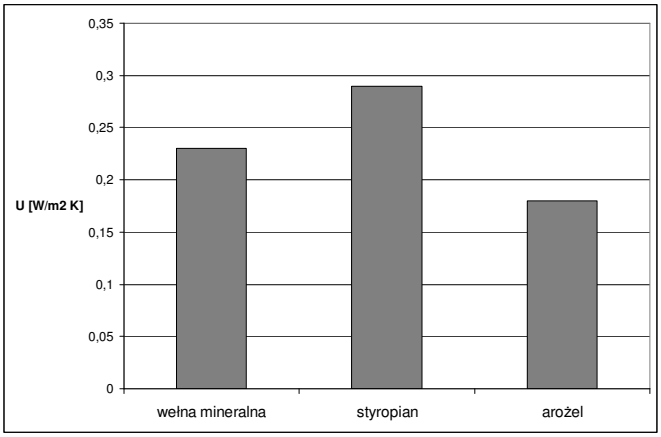
Obliczenia wartości współczynników U elementów budowlanych					
Element Materiał	**Opis**	***d***	***λ***	***R***	U_c
		m	W/(m•K)	m^2•K/W	W/(m^2•K)
1	**Podłoga na gruncie, przegroda jednorodna**				
	Opór przejmowania ciepła po stronie zewnętrznej(strumień ciepła w dół)			0,17	-
	Piasek	0,200	2,000	0,100	-
	Beton zwykły z kruszywa kamiennego 1900	0,100	1,000	0,100	-
	Folia polietylenowa	0,001	0,200	0,003	-
	Płyta styropianowa EPS 100-038 PODŁOGA	0,100	0,038	2,632	-
	Tynk lub gładź cementowa	0,030	1,000	0,030	-
	Opór przejmowania ciepła po stronie wewnętrznej(strumień ciepła w dół)			0,17	-
	Grubość całkowita i U_k	**0,43**	-	**3,20**	**0,31**
2	**Ściana zewnętrzna (parter, piętro), przegroda jednorodna**				
	Opór przejmowania ciepła po stronie zewnętrznej(poziomy strumień ciepła)			0,04	-
	Tynk akrylowy Ceresit CT 60 - ziarno 1,5 mm	0,020	1,000	0,020	-
	Styropian 40	0,150	0,040	3,750	-
	Pustak ceramiczny MAX	0,260	0,430	0,605	-
	Tynk lub gładź cementowo-wapienna	0,015	0,820	0,018	-
	Tynk gipsowy 1000	0,005	0,400	0,013	-
	Opór przejmowania ciepła po stronie wewnętrznej(poziomy strumień ciepła)			0,13	-
	Grubość całkowita i U_k	**0,45**	-	**4,58**	**0,27**
3	**Dach, przegroda jednorodna**				
	Opór przejmowania ciepła po stronie zewnętrznej(strumień ciepła w górę)			0,04	-
	Blacha fałdowa stalowa o wysokości fałdy 43,5 mm	0,002	58,00	0,000	-
	Polistyren	0,010	0,160	0,063	-
	Płyta o wiórach orientowanych	0,022	0,130	0,169	-
	Płyta styropianowa EPS 100-038 DACH	0,200	0,038	5,263	-
	Płyta gipsowo-kartonowa	0,004	0,230	0,017	-
	Opór przejmowania ciepła po stronie wewnętrznej(strumień ciepła w górę)			0,1	-
	Grubość całkowita i U_k	**0,24**	-	**5,65**	**0,22**

Tabela 2 prezentuje zestawienie elementów budowlanych oraz współczynniki przenikania cieplnego (*U*). Z określonych danych obliczono także udział procentowy strat ciepła dla poszczególnej przegrody (*H%*) oraz współczynnik straty ciepła przez przenikanie (H_T).

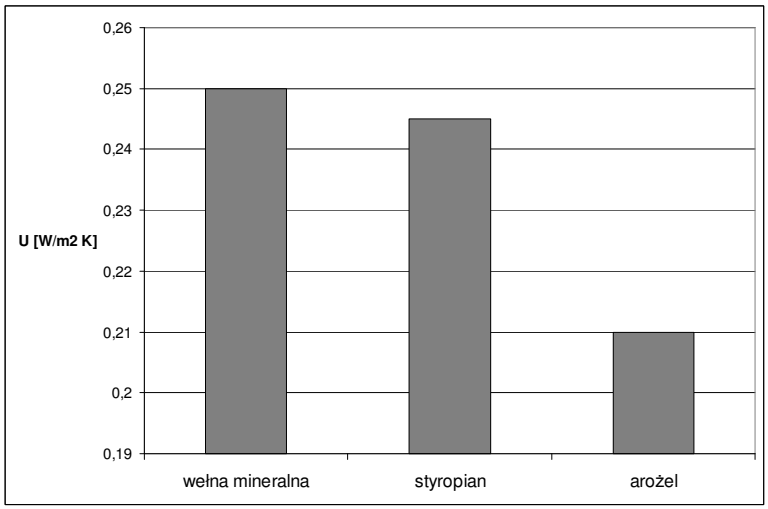
Tab. 2. Zestawienie obliczeniowych współczynników strat ciepła przez przenikanie dla strefy cieplnej

Zestawienie obliczeniowych współczynników strat ciepła przez przenikanie dla strefy cieplnej							
Lp.	Typ przegrody	Symbol	Nazwa	*A*	*U*	H_T	$H_{\%}$
				m^2	$W/(m^2 \cdot K)$	W/K	%
1	Ściana zewnętrzna	ściana zew	Ściana zewnętrzna (parter, piętro)	8,92	0,27	2,40	31,79
1	Podłoga na gruncie	podłoga na gruncie	Podłoga na gruncie	4,41	0,31	0,48	6,36
1	Okno zewnętrzne	okno zewnętrzne	Okno zewnętrzne	2,00	1,80	3,60	47,68
1	Dach	dach z pustką	Dach z pustką	5,32	0,20	1,07	14,17
Całkowity współczynnik strat ciepła przez przenikanie					H_T	7,55	W/K

Wełna mineralna oraz styropian są materiałami izolacyjnymi bardzo rozpowszechnionymi oraz posiadają stosunkowo dobre właściwości cieplne. Natomiast aerożel jest produktem innowacyjnym i rzadko używanym na rynku budowlanym. Wełna mineralna zastosowana przy izolacji podłogi na gruncie posiada największy współczynnik przewodności ciepła (0,042 W/m·K), natomiast aerożel najmniejszy (0,015 W/m·K). Z obliczeń wynika, że arożel jest najlepszy wśród trzech zastosowanych wyrobów (rys. 1 i 2). Można wywnioskować to na podstawie zarówno współczynnika przewodności ciepła, oporu, jak i całkowitego współczynnika przenikania.



Rys. 1. Współczynnik przenikania ciepła dla poszczególnych materiałów izolacyjnych przy zastosowaniu w ścianie zewnętrznej



Rys. 2. Współczynnik przenikania ciepła dla poszczególnych materiałów izolacyjnych przy zastosowaniu w dachu

Biorąc pod uwagę tylko rozpowszechnione materiały izolacyjne, można stwierdzić, iż wełna mineralna posiada najlepsze właściwości cieplne przy zastosowaniu w ścianach zewnętrznych, natomiast styropian przy ocieplaniu podłogi. Przy izolacji dachu nie ma większego znaczenia, jaki będzie wykorzystany materiał, ponieważ wyroby te posiadają zbliżone właściwości przy tym elemencie budowlanym.

Z zestawienia obliczeniowego współczynników strat ciepła przez przenikanie można stwierdzić, że największe straty występują przy przegrodzie okiennej oraz ścianach zewnętrznych.

Podczas projektowania izolacji cieplnej budynku należy zwrócić szczególną uwagę na zjawisko kondensacji pary wodnej (para w stanie gazowym zamienia się w stan ciekły). Proces ten występuje przy źle działającej wentylacji, przy wysokich różnicach temperatur powietrza (zewnętrznego i wewnętrznego) oraz przy nieprawidłowej izolacji termicznej. Kondensacja powoduje powstawanie wilgoci w przegrodach, powstawanie pleśni, grzybów, niszczenie materiałów izolacyjnych, powodujące utratę ciepła budynku.

Wnioski

Izolacja cieplna odgrywa istotną rolę przy prawidłowym projektowaniu ocieplenia budynku. Głównym celem jest utrzymanie określonej temperatury wewnątrz obiektów, przy zmieniających się warunkach zewnętrznych.

Skuteczność izolacji cieplnej zależy głównie od jakości materiałów termoizolacyjnych, odpowiedniego ich doboru oraz staranności i sposobu wykonania izolacji. O właściwym doborze materiałów decydują określone jego właściwości, takie jak: rodzaj wyrobu, wrażliwość na zawilgocenie, odporność na działanie temperatury, stopień odporności na działanie ognia, wytrzymałość na zginanie oraz ściskanie, zdolność przewodzenia ciepła, gęstość objętościowa materiału oraz łatwość obróbki i wbudowania w przegrodzie termicznej.

Wyroby z wełny mineralnej są niepalne oraz nie rozprzestrzeniają ognia, a także są w wysokim stopniu paroprzepuszczalne. Dzięki temu wilgoć, która wystąpi wewnątrz przegrody, zostanie odparowana na zewnątrz. Posiada stosunkowo dobry współczynnik przewodzenia ciepła, około 0,038 W/mK.

Styropian jest produktem sztywnym, lekkim, łatwym w obróbce, wytrzymałym na ściskanie oraz jest odporny na występujące zawilgocenia. Posiada dobry współczynnik przewodzenia ciepła ok. 0,036 W/mK, odpowiednią nasiąkliwość oraz opór cieplny R.

Aerożel jest to substancja stała (najlżejsza), która posiada niewielki współczynnik izolacyjności ciepła. Materiał ten jest odporny na ściskanie i rozciąganie oraz może być stosowany w izolacji akustycznej. Posiada dwa razy mniejszy współczynnik przewodności cieplnej w porównaniu z pozostałymi materiałami, około 0,015 W/(mK).

Podsumowując, aerożel i wełna mineralna to bardzo istotne materiały wśród izolacji cieplnej. Aerożel posiada dobre parametry izolacyjne. Głównie jest to przenikanie oraz przewodzenie ciepła i pod tym względem produkt ten jest liderem wśród produktów izolacyjnych.

Literatura

[1] P. Furmański, T.S. Wiśniewski, J. Banaszek, Izolacje cieplne. Mechanizmy wymiany ciepła, właściwości cieplne i ich pomiary, OWPW, Warszawa 2008
[2] D. Lochner, W. Ploss, Izolacje cieplne i przeciwdźwiękowe w domkach jednorodzinnych, Wyd. Arkady, Warszawa 1982.
[3] T. Kisielewicz, E. Królak, Z. Pieniążek, Termorenowacja ścian zewnętrznych budynków, Pomoc dydaktyczna, Politechnika Krakowska im. Tadeusza Kościuszki, Kraków 1999.
[4] E. Kukliński, Wykonywanie izolacji termicznych w budownictwie, Wyd. Arkady, Warszawa 1982.
[5] Magazyn „Izolacje", Budownictwo, przemysł, ekologia, 1/2011
[6] www.intersoft.pl/

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 447–456

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.40

Miłosz Zabłocki[1], Urszula Nowacka[2]
[1] *Absolwent Studiów Podyplomowych Bezpieczeństwo i Higiena Pracy w Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie*
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa,
e-mail: mil.zablocki@gmail.com
[2] *Akademia im. Jana Długosza w Częstochowie*
al. Armii Krajowej 13/15, 42-200 Częstochowa
e-mail: nowackau@interia.pl

WYKORZYSTANIE CYKLU KOLBA JAKO METODY SZKOLENIA RATOWNIKÓW

Streszczenie. Obecnie, aby nadążyć za coraz szybciej zmieniającym się światem, społeczeństwo niezależnie od wieku musi nieustannie dokształcać się i samodoskonalić. W artykule zaproponowano sposób kształcenia ratowników z wykorzystaniem innowacyjnej metody szkoleniowej, jaką jest cykl Kolba. Cykl ten traktuje proces uczenia jako ciąg opierający się na doświadczeniach jednostki i ich analizie, w którym wyróżniono cztery etapy - doświadczenie, refleksję, teorię i praktykę. Meritum szkolenia jest to, że uczestnicy mają na podstawie doświadczeń wysnuwać teorie, które następnie potwierdzają. Aby wzbogacić i urozmaicić program szkolenia, a tym samym zachęcić kursantów do dalszej, bardziej wydajnej edukacji, w metodzie tej stosowanych jest wiele uzupełniających technik szkolenia, takich jak burza mózgów, *case study*, prace zespołowe czy twórcza dyskusja. Taki sposób szkolenia ratowników umożliwia lepsze przyswojenie wiedzy teoretycznej oraz maksymalizuje zrozumienie tematu, ponieważ w tej metodzie najważniejsze jest praktyczne wykorzystanie wiedzy i doświadczeń życiowych ratowników.
Słowa kluczowe: ratownictwo medyczne, szkolenia, nowoczesne metody szkoleń, cykl Kolba, metody aktywizujące.

USE OF KOLB CYCLE AS A PARAMEDIC TRAINING METHOD

Abstract. Currently, in order to keep up with the ever faster changing world, society, regardless of age, must constantly improve his education and self-improvement. The article proposes a method of education rescuers using an innovative method of training,

which is the Kolb cycle. This cycle treats learning as a sequence based on the experiences of individuals and their analysis, which identifies four stages - the experience, reflection, theory and practice. The merits of the training is that participants are based on experiences deduce theories, which are then confirmed. To enrich and diversify of the training program, and thereby encourage trainees to further, more efficient education in this method there are complementary training techniques such as brainstorming, case studies, team work and creative discussion. This method allows for better training of paramedics to acquire theoretical knowledge and maximizes understanding of the subject, because the most important is the practical application of knowledge and life experiences of rescuers.
Keywords: emergency medical services, training, modern methods of training, Kolb cycle, activating methods.

Wstęp

Ratownik medyczny to pracownik zakładu opieki zdrowotnej, który jest uprawniony do udzielania pomocy w sytuacjach nagłego zagrożenia życia lub zdrowia człowieka. Głównym zadaniem jest udzielanie szybkiej, sprawnej i profesjonalnej pomocy ratowniczej osobom, których zdrowie lub życie jest zagrożone. Sanitariusz ma za zadanie zabezpieczyć miejsce wypadku bądź katastrofy, w celu uniknięcia zwiększenia liczby ofiar, ocenić stan zdrowia i stopień ciężkości odniesionych urazów u poszkodowanych, jego zadaniem jest także zapewnienie pierwszej pomocy, podtrzymywanie funkcji życiowych i opieka podczas transportu do szpitala [1].

Kandydat na ratownika medycznego musi posiadać określone predyspozycje psychiczne. Musi to być osoba opanowana, odporna na stres, która będzie potrafiła zapanować nad panikującym tłumem w przypadku katastrof. Koniecznym warunkiem jest również zdolność szybkiego reagowania i podejmowania zdecydowanych działań. Jednak podstawą w tym zawodzie jest odpowiednia wiedza medyczna, od której często zależy życie poszkodowanych.

Szkolenie ratowników medycznych

Zgodnie z ustawą o Państwowym Ratownictwie Medycznym ratownikiem medycznym może zostać osoba, która ukończyła studia wyższe na kierunku ratownictwo medyczne lub ukończyła szkołę policealną i posiada dyplom potwierdzający uzyskanie tytułu zawodowego „ratownik medyczny" lub posiada dyplom wydany w innym państwie, uznany w Rzeczypospolitej Polskiej za równoważny z dyplomem uzyskanym w RP, potwierdzającym tytuł ratownika, lub posiada kwalifikacje do wykonywania zawodu ratownika medycznego uznane w Rzeczypospolitej Polskiej zgodnie z ustawą z dnia 26 kwietnia 2001

roku o zasadach uznawania nabytych w państwach członkowskich Unii Europejskiej kwalifikacji do wykonywania zawodów regulowanych [2].

Podstawą prawną dotyczącą szkolenia ratowników medycznych jest rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 14 czerwca 2007 roku w sprawie doskonalenia zawodowego ratowników medycznych. Jej celem jest usystematyzowanie rozwiązań dotyczących sposobu dopełniania przez ratownika obowiązku doskonalenia zawodowego wynikających z ustawy z dnia 8 września 2006 roku o Państwowym Ratownictwie Medycznym (art.12, ust.2) [3].

Rozporządzenie określa formy doskonalenia zawodowego ratowników medycznych oraz jego sposób i zakres. Zgodnie z wytycznymi realizowane jest w pozaszkolnych formach kształcenia w postaci przynajmniej 30-godzinnego kursu, przynajmniej 5-godzinnego seminarium lub samokształcenia. Za każdą odbytą formę doskonalenia ratownik medyczny dostaje odpowiednią liczbę punktów edukacyjnych, które są przyznawane w ilości wyznaczonej zgodnie z rozporządzeniem. Liczba punktów waha się od jednego punktu za godzinę seminarium do 120 punktów za udział w kursie doskonalącym, zakończonym egzaminem. Ratownik w okresie edukacyjnym, trwającym pięć lat, ma obowiązek uzyskać co najmniej 200 punktów edukacyjnych za udział w wybranych przez siebie formach doskonalenia, w tym co najmniej 120 punktów za udział w kursie zakończonym egzaminem [3].

Należy jednak zauważyć, że przeprowadzone wśród 336 czynnych zawodowo ratowników medycznych badania, w losowo wybranych placówkach na terenie Polski, przy wykorzystaniu techniki badań ankietowych audytoryjnych, jednoznacznie dowiodły, że w ocenie ratowników medycznych istnieje potrzeba podnoszenia kwalifikacji zawodowych, ale obowiązująca forma doskonalenia, oceniana liczbą uzyskanych punktów edukacyjnych, nie znalazła uznania w badanej grupie. Podobna ocena dotyczy samodoskonalenia, które nie jest również wystarczające, aby zapewnić prawidłowość postępowań ratowniczych. Tylko prawidłowo zaplanowane kształcenie ustawiczne pozwoli ratownikom medycznym potwierdzać i uaktualniać swoje umiejętności [4].

Dla zapewnienia odpowiedniego poziomu skuteczności w rozwoju wiedzy uczestników szkoleń należy poświęcić szczególną uwagę dwóm zagadnieniom – przygotowaniu trenera i uczestników do szkolenia oraz metodyce prowadzenia zajęć. Doskonalenie ratowników medycznych powinno być prowadzone w formie interaktywnych warsztatów, w których uczestnicy uzupełniają i pogłębiają niezbędną w ratowaniu zdrowia i życia wiedzę oraz umiejętności praktyczne, potrzebne do zastosowania w ich codziennej pracy. Wykorzystywane metody dają możliwość opanowania materiału, nowych umiejętności i nawyków w przystępny sposób, w atmosferze akceptacji, wyzwalającej ciekawość i poczucie komfortu. Szkolenia są zorientowane na osiąganie pożądanych rezultatów. Szkoleniowcy powinni kłaść nacisk na myślenie kreatywne i metody integrowania wiedzy z doświadczeniem. W szkoleniach należy przede

wszystkim wykorzystywać doświadczenie i umiejętności uczestników wynikające z ich pracy zawodowej [5].

Zastosowanie poszczególnych form szkoleń zawodowych powinno więc wynikać z analizy szeregu czynników, a ich błędne dobranie może każde szkolenie przekształcić w czas stracony.

Skuteczność cyklu Kolba w szkoleniach zawodowych ratowników

Szkolenie można zdefiniować jako *formę aktywności zaprojektowaną w celu wzbogacenia wiedzy, umiejętności czy zdolności uczestników lub dla zmiany ich postaw i zachowań społecznych w jakimś określonym kierunku*. Specyfikę szkolenia podkreślają również takie definicje, jak: *Szkolenie to wyposażanie innych w narzędzia, które mają umożliwić im osiągnięcie określonych celów. Szkolenie to wykształcanie umiejętności i zdolności do działania oraz szkolenie polega na angażowaniu ludzi i przygotowywaniu ich do usamodzielnienia* [6].

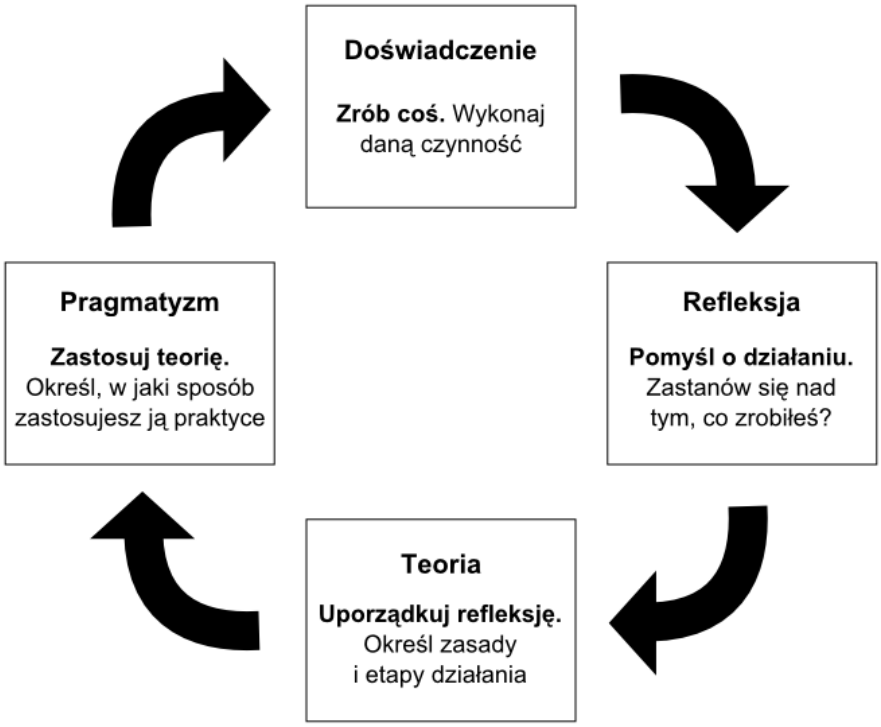
Wybierając konkretne metody szkoleniowe, które generują formę całego szkolenia, należy się kierować kilkoma zagadnieniami z zakresu nauczania osób dorosłych, które sformułował Malcolm S. Knowles – amerykański teoretyk i propagator idei nauczania osób dorosłych – andragogiki [5]:

- Różne są przekonania na temat osoby uczącej się i jej koncepcja siebie. Pedagogika traktuje ucznia jako osobę zależną, która jest podporządkowana woli nauczyciela, który ustala cele i metody nauczania. Osoby dorosłe, które uczestniczą w procesie uczenia, traktowane są jako jednostka, która samodzielnie tym procesem steruje. Nauczyciel ma za zadanie jedynie wspierać proces ujawniania się potrzeb edukacyjnych i udzielać pomocy w ich zaspokajaniu. Osoba dorosła ma wpływ na program nauczania oraz na metody, za pomocą których nauczanie będzie się odbywać.
- Różną rolę odgrywa doświadczenie osoby uczącej się. Uczeń, którym jest dziecko, nie wnosi zbyt wielkiego doświadczenia w proces uczenia się, dlatego też w tym przypadku większą rolę odgrywa przekazywanie wiedzy oparte na metodach podawczych, czyli wykładzie czy lekturze podręcznika szkolnego. W przypadku osób dorosłych doświadczenie życiowe stanowi ogromny potencjał nie tylko dla niego samego, ale i dla innych uczestników szkolenia. Dorośli szybciej uczą się tego, czego sami doświadczają, niż tego co otrzymują w postaci wykładu, w związku z czym w procesie ich nauczania bardziej efektywne stają się metody za-

wierające w sobie elementy eksperymentu, rozwiązywania konkretnych problemów, dyskusji.

- Różna jest gotowość do uczenia się. Proces uczenia się dzieci podzielony jest na konkretne przedmioty, z których jednak większość treści zostanie w końcu zapomniane, gdyż nie ma zastosowania w praktyce. Z kolei osoby dorosłe mają wybiórczy schemat nauczania, a więc uczą się tego, co sami uznają za pożyteczne. Ich motywację stanowi przekonanie, iż dana wiedza, czy też umiejętność, w przyszłości pozwoli im zaspokoić określone potrzeby, zarówno wynikające z pracy zawodowej, jak i z życia osobistego. Dlatego też nauczanie osób dorosłych powinno być dostosowane do ich indywidualnych potrzeb i prowadzone w odpowiednim tempie, dopasowanym do ich możliwości i gotowości do nauki.
- Różny może być stosunek do nauki. Knowles twierdzi, iż dzieci uczą się tego, czego się od nich oczekuje, w celu uzyskania aprobaty i uznania rodziców i innych ważnych grup odniesienia. Dzieci odczuwają lęk przed popełnieniem błędu i przed niepowodzeniem. Z kolei osoby dorosłe kierują się potrzebą sprawności, kompetencji oraz umiejętnością radzenia sobie z trudami codzienności. Równocześnie muszę z góry widzieć możliwość bezpośredniego zastosowania i przydatności wiedzy, którą zdobywają, i umiejętności, których się uczą.

Ważnym aspektem, który decyduje o wyborze formy szkoleń zawodowych, jest teoria Davida A. Kolba, który doszedł do wniosku, że proces uczenia się dorosłych należy postrzegać jako cykl, w którym centralną rolę odgrywa doświadczenie danej osoby i jego analiza. Cykl Kolba jest jedną z najskuteczniejszych metod szkolenia osób dorosłych. Według Kolba nauka jest procesem polegającym na zmianie dotychczasowego doświadczenia pod wpływem nowych doświadczeń. Opiera się ona na fakcie, że umysł człowieka nie jest „białą kartą", a osoba ucząca się posiada nabytą znacznie wcześniej wiedzę, koncepcje i poglądy, zaś zadaniem osoby prowadzącej szkolenie jest odniesienie się do tego potencjału i maksymalne wykorzystanie go. Proces nauczania będzie najwydajniejszy, jeśli polegać będzie na ciągłej interakcji z dotychczasowym doświadczeniem oraz z jego modyfikowaniem. Istotne jest, że nauka poprzez doświadczenie przynosi znacznie więcej korzyści w przypadku osób dorosłych niż zdobywanie wiedzy poprzez bierne słuchanie. Schematyczne przedstawienie cyklu Kolba zaprezentowano na poniższym rysunku [7].



Rys. 1. Cykl Kolba

Opierając się na doświadczeniach jednostki i ich analizie, w cyklu Kolba wyróżniono cztery zasadnicze etapy:

Etap I – dotyczy konkretnych doświadczeń ratowników medycznych. Uczestnikom szkolenia przedstawiane są przykładowe sytuacje, z którymi mogą mieć do czynienia w czasie pracy. Prowadzący ma za zadanie analizować obserwacje uczestników, bądź też naprowadzać ich na nowe doświadczenia, jeśli takowych nie posiadają. Głównym zadaniem trenera jest inicjowanie pewnych, określonych sytuacji oraz proponowanie zadań, po których uczestnicy będą mogli wyciągnąć wnioski i przekonywać się do skuteczności opisanych działań.

Etap II – refleksja – to bardzo ważny etap, pozwala bowiem uczestnikom podzielić się opiniami i wnioskami, a także poprzez refleksję uzmysłowić mechanizmy kierujące zachowaniami. Podstawowym zadaniem prowadzącego doskonalenie zawodowe jest wyłącznie moderowanie dyskusji oraz rozpoczynanie nowych wątków, ponieważ uczestnicy powinni mieć możliwość samodzielnego wysnuwania wniosków.

Etap III – ma na celu weryfikowanie wysnutych w poprzednich etapach wniosków z teorią. Ta część cyklu zależy w dużej mierze od osoby prowadzącej szkolenie, choć i na tym etapie można skorzystać z aktywności uczestników. Trener ma za zadanie podsumować wnioski grupy, nazwać je i odnieść do teorii.

Etap IV – opiera się na zastosowaniu nowej wiedzy w praktyce, pod okiem trenera, którego zadaniem jest ewentualne wprowadzenie korekty. W tej fazie zastosować można ćwiczenia polegające na analizowaniu przez uczestników sytuacji związanych z ratowaniem zdrowia i życia. Istotą tego etapu jest to, aby uczący się świadomie zmieniali swoje zachowanie i eksperymentowali na temat przydatności teorii w rozwiązywaniu problemów i podejmowaniu decyzji.

W celu zmaksymalizowania efektywności procesu szkolenia ratowników, konieczny jest dobór właściwych metod nauczania, co pozwoli nadać szkoleniu odpowiednią formę. Wybór metod szkoleniowych zależy przede wszystkim od:

- celów szkolenia;
- wielkości grupy szkoleniowej;
- czasu;
- dostępnych pomocy;
- umiejętności i preferencji trenera;
- preferencji uczestników;
- aktualnego poziomu uwagi i zaangażowania uczestników szkolenia.

Dobór metod decyduje nie tylko o formie, ale i efektywności całego szkolenia (ile uczestnicy przyswoili wiedzy i umiejętności), także o jego atrakcyjności i odbiorze. Szkolenie według cyklu Kolba należy prowadzić z wykorzystaniem wielu nowoczesnych metod nauczania. Można w nim wykorzystać *case study*, burzę mózgów, pracę zespołową, a także metody gier, inscenizacji czy też twórczej dyskusji [8].

Case study jest to analiza podanego przypadku, która oparta została na danych w postaci opisu sytuacji. Uczestnicy szkolenia mają na podstawie tych informacji, a także własnego doświadczenia oraz dyskusji w obrębie grupy, dążyć do rozwiązania problemu. Warto podkreślić, że stosowanie tej metody wymaga dużych umiejętności szkoleniowca, dobrego teksu do analizy, odpowiedniego czasu oraz możliwości pracy z całą grupą. Z drugiej strony studium przypadku w dużej mierze przyczynia się do podwyższenia poziomu kompetencji uczestników szkolenia, szczególnie w przypadku ratowników.

Metoda twórczej dyskusji, zwana również metodą odroczonego wartościowania, służy generowaniu w podgrupach maksymalnej ilości pomysłów, przy równoczesnym powstrzymaniu krytyki. Tutaj celem jest wykrycie największej ilości rozwiązań przedstawionego problemu. Dopiero w momencie, gdy faza wymyślania pomysłów zostaje zakończona, grupa przystępuje do ich weryfikacji i ewaluacji. Jednym z najbardziej znanych rodzajów twórczej dyskusji jest popularna „burza mózgów". Burza mózgów jest to forma dyskusji

dydaktycznej mająca na celu doskonalenie decyzji grupowych. Wykładowca przedstawia grupie problem, który wspólnymi siłami, poprzez proponowanie rozwiązań, grupa powinna rozwiązać. Dużą zaletą tej techniki jest pobudzanie grupy do twórczego myślenia oraz możliwość uzyskania w krótkim czasie wielu różnorodnych rozwiązań.

Praca zespołowa polega na wyznaczeniu kilkuosobowych grup, które mają za zadanie rozwiązać przedstawiony każdej z nich problem. Każda z podgrup musi zapoznać się z problematyką i przygotować możliwe rozwiązanie. Grupy mogą analizować różne sytuacje bądź zmierzyć się z takim samym problemem. Powstaje wtedy najczęściej kilka różnych wniosków.

Metoda gry polega na symulowaniu rzeczywistych działań. Celem gry jest osiągnięcie wcześniej określonego celu. Ważną cechą tej metody jest element współzawodnictwa pomiędzy kilkoma zespołami o osiągnięcie najlepszego rezultatu. W grze bierze udział kilka małych zespołów, których decyzje są oceniane. Wygrywa grupa, która zaproponowała najefektywniejsze rozwiązanie przy określonych kryteriach oceny.

Poszczególne metody mają swoje wady i zalety, a o ich zastosowaniu decyduje szereg czynników, wcześniej już wspomnianych. Szkolenia zawodowe ratowników są charakterystycznym rodzajem szkoleń, w którym należy przekazać zarówno twardą wiedzę medyczną, jak i trenować niezbędne umiejętności tak zwane miękkie (np. umiejętność słuchania, wczuwania się w problemy i sytuację zdrowotną pacjentów, skupienia uwagi na pacjencie, wzbudzania zaufania), które w pracy ratownika medycznego odgrywają również bardzo ważną rolę.

Wnioski

Szkolenie ratowników medycznych i aktualizacja ich stanu wiedzy ma bezpośredni wpływ na wykonywanie przez nich pracy, a przez to na zdrowie i życie poszkodowanych, którym niosą pomoc. Właśnie dlatego szczególny nacisk powinno się kłaść na jakość edukacji oraz późniejszych kursów i seminariów prowadzonych dla tej grupy zawodowej. Wydaje się to jeszcze bardziej istotne w związku z projektem nowelizacji ustawy o Państwowym Ratownictwie Medycznym, według którego proces szkolenia ratowników medycznych ulegnie zaostrzeniu. Zgodnie z proponowanym przez Ministerstwo Zdrowia projektem zostanie wprowadzona jedna ścieżka kształcenia ratowników medycznych. Będą się mogli kształcić wyłącznie w trybie licencjatu, nie tak jak dotychczas również w szkołach policealnych. Dodatkowo, po ukończeniu studiów wymagany będzie półroczny staż w podmiotach uprawnionych do jego prowadzenia. Ponadto osoby ubiegające się o tytuł ratownika medycznego, które ukończą studia wyższe po 1 października 2015 roku, będą miały obowią-

zek zdania państwowego egzaminu z ratownictwa medycznego, a nie tak jak dotychczas zewnętrznego egzaminu organizowanego przez Centralną Komisję Egzaminacyjną. Wykonywanie zawodu ratownika medycznego będzie możliwe po uzyskaniu prawa wykonywania zawodu ratownika medycznego oraz wpisie do Rejestru Ratowników Medycznych [9].

Doskonalenie zawodowe ratowników medycznych obejmuje wiele godzin kursów i seminariów w pięcioletnich cyklach rozliczeniowych, których jakość z pewnością będzie miała wpływ na samodoskonalenie pracowników tej grupy zawodowej. Wykorzystanie w szkoleniach nowoczesnej metody kształcenia, jaką jest cykl Kolba wspomagany innymi metodami aktywizującymi, z pewnością wpłynie korzystnie na efektywność szkoleń ratowników. Cykl Kolba, motywując kursantów do większego zaangażowania w trakcie szkoleń, umożliwia im również nauczanie się od siebie nawzajem. Ma na to wpływ doświadczenie, które ratownicy medyczni zdobywają w czasie pełnienia obowiązków służbowych, którymi dzieląc się między sobą, czerpią wiedzę z praktyki innych ratowników, co zapewnia ciekawą i pouczającą atmosferę.

Wykorzystując model Kolba do prowadzenia szkoleń ratowników, należy zrezygnować z tradycyjnego podejścia do metod nauczania, które opierają się na koncepcji podawania najpierw teorii, a dopiero później przechodzenia do zajęć praktycznych. Cykl Kolba prezentuje dokładnie odwrotny tok postępowania. Jego meritum jest to, że ratownicy mają na podstawie własnych doświadczeń dochodzić do pewnych wniosków i potwierdzać je. W taki sposób teoretyczny zasób wiedzy zostanie znacznie lepiej przyswojony, a co najważniejsze – zrozumiany. Podstawą tej metody jest bowiem praktyczne wykorzystanie wiedzy. Dodatkowo każde kolejne doświadczenie może być dla ratowników okazją do wyciągnięcia dalszych wniosków, a w konsekwencji zapoczątkować następny cykl uczenia się, który pozwoli im stale potwierdzać i uaktualniać swoje umiejętności.

Literatura

[1] http://www.zawodowe.com/Ratownik_medyczny_-_opis_135," 14 09 2014. [Online].
[2] Ustawa z dnia 8 września 2006 r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym, 2006.
[3] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 14 czerwca 2007 r. w sprawie doskonalenia zawodowego ratowników medycznych, 2007.
[4] D. Rębak, S. Głuszek, G. Nowak-Starz i M. Markowska, „Potrzeba ustawicznego kształcenia ratowników na tle zawodów regulowanych," Problemy Pielęgniarstwa, pp. 327-337, 2012.
[5] S. Knowles, Edukacja Dorosłych, PWN, 2009.

[6] szkolenia.ngo.pl, 15 09 2014. [Online].
[7] „http://poradnik.trenera.pl/tematy/poradniki," 15 09 2014. [Online].
[8] C. A. M. Silberman, Metody aktywizacji w szkoleniach, Oficyna Ekonomiczna, 2004.
[9] „bip.kprm.gov.pl/download.php?s=75&id=520," 14 09 2014. [Online].

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 457–463

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.41

Oleg B. Zachko[1], Marek Chmiel[2], Pavel Chmiel[3]
[1]Lviv State University of Life Safety
35 Kleparivska St. 79011 Lviv, Ukraine
e-mail: zachko@ukr.net
[2]Central School of the State Fire Service in Czestochowa
ul. Sabinowska 62, 42-200 Częstochowa
e-mail: chmielm@cspsp.pl
[3]Technical University of Rzeszow them. Ignacy Lukasiewicz
al. Powstańców Warszawy 12, 35-959 Rzeszów

METHODS OF FORMATION PROJECT TEAMS IN THE SYSTEM OF CIVIL PROTECTION

Abstract. The article describes approaches to solving scientific and practical problems of forming of project teams in the system of civil protection. Existing methods and models of staff selection in project-oriented management analyzed. Basic structural elements of employee competences in the system of civil protection systematized. Method of formation of project teams in in the system of civil protection based on temporary virtual structures using neural networks theories proposed.
Keywords: project team, system of civil protection, neural network, the virtual structure.

METODY I MODELE TWORZENIA ZESPOŁÓW PROJEKTOWYCH OCHRONY LUDNOŚCI

Streszczenie. Artykuł opisuje podejście do rozwiązywania problemów naukowych i praktycznych polegające na tworzeniu zespołów projektowych w systemie ochrony ludności. Proponowana metoda tworzenia zespołów projektowych w systemie obrony cywilnej oparta jest na tworzeniu tymczasowych obiektów wirtualnych z wykorzystaniem teorii sieci neuronowych.
Słowa kluczowe: zespół projektowy systemu ochrony ludności, sieci neuronowe, struktury wirtualne.

Introduction

Professional selection and recruitment are essential components of human resource management. Recruitment involves a series of actions based organization to attract candidates for vacant jobs. The selection and hiring of staff manning the main task is to state candidates, business, moral, psychological and other qualities which could contribute to the achievement of organizational goals.

Recruitment is the only complex and must be supported by scientific and methodological, organizational, personnel, logistics and software. Scientific and methodological support to justify the selection of a common methodology, scientific principles, methods and criteria, and uses mathematical tools. Organizational support – a set of research-based activities that are carried out simultaneously or sequentially at different stages of work in order to reduce the time and improve the quality of selection. Staffing aims to bring all the necessary professionals at various stages of selection: senior management and relevant departments, psychologists, lawyers and economists. Logistical support includes the necessary funding of the activities and equipment necessary office equipment. Software is used to automate some procedures of recruitment.

The basic structural unit of management personnel in the organization, company or institution has a department personnel with responsibilities for receiving, selection, evaluation and dismissal of personnel, and also with organizing training and retraining of personnel. To perform the latter function is often created by training department or departments of technical education.

Service of personnel management, typically have low organizational status, poor professional competence so system management in the recruitment, selection and evaluation of personnel in many areas of manufacturing enterprises and service is far from perfect and needs constant review and adjustment. Therefore they do not perform a number of tasks to assess candidates for employment. The effectiveness of any organizational and technical system depends on rationally chosen staff. World experience shows that a combination of organizational structure within individual virtual units gives a significant effect on project-oriented management. In particular, if we consider a system of civil protection, virtually all of its tasks are project-oriented nature. It is necessary to distinguish between routine operations, which can be reduced to an application project, and in fact, unique temporary projects for which the involved experts of various departments, sectors which, in turn, form project teams within temporary virtual organizations. Such structures are usually referred to as virtual project management offices. After completion of the project a virtual office stops its activity, the operating activity is organizational and technical system continues within the structural units of civil protection. That is why the task of devel-

oping scientific methods and models forming project teams in a civil defense system based on temporary virtual bases is actual.

Analysis of the literature. The issue of the formation of project teams in project-driven organizations covered in the scientific work [1]. In particular, the evaluation notion of personal knowledge and experience of project work of employees in the organization is considered. The model is based on the standard ICB 3 and allows to evaluate different categories of project team such as project managers, staff, management and technical staff.

In research [2], the term "competence management" reveals the category of "project potential", which takes into account the informative, energetic and physical potential.

The concept of virtual production in project-oriented management is introduced in research [3]. The organization of large-scale production in frames of virtual enterprise using mathematical models and modern information technologies is considered.

Summary results of solving the scientific problem of human resource management in the implementation of production programs examined in the scientific paper [4]. However, all the above works mainly the management of project teams and the evaluation of its members are considered but not the selection of personnel.

The purpose of the article is elaboration of systematic approaches of development of methods of project team formation in the system of civil protection within temporary virtual structures using the theory of neural networks.

Main part of the research. As the research object propose to choose a typical structural unit of the system of civil protection, which is The Main Departure of emergency state service of Ukraine in Zaporizhia region (the MD). System of Civil Defense of Ukraine consists of the central office of the State Emergency Services (SES) on the top level, the main departments by region (II level) and practical units that deal with the prevention and elimination of emergency situations (third level). If we consider the activities of the Main Department, then as mentioned earlier, it can be conditionally divided into two types: the daily operational activity, which can be leaded down to a program of projects and project-oriented, which involves experts of various departments of MD within temporary virtual structures. The first type - daily operational activity includes prevention and elimination of emergency situation tasks. The design- oriented type includes unique temporary measures. Recently in Ukraine such unique projects as System 112 in the activities of main offices SES (Kyiv, Lviv, Kharkiv) implemented, as well a variety of activities in preparation to Euro – 2012, projects related to the development of new technology and innovation. So-called ad hoc working groups or committees formed for such projects, which by its nature are temporary virtual structures [5] within the permanent organizational structures (Fig. 1).

Generalized model of staff selection for project teams in the system of civil protection is represented in Fig. 2. The main element is the database of those employees of project driven organization to which requests of information system are sent, including methods and models of formation of project team. Database is a historical part of information provision of project organization and includes reference data on different categories of employees.

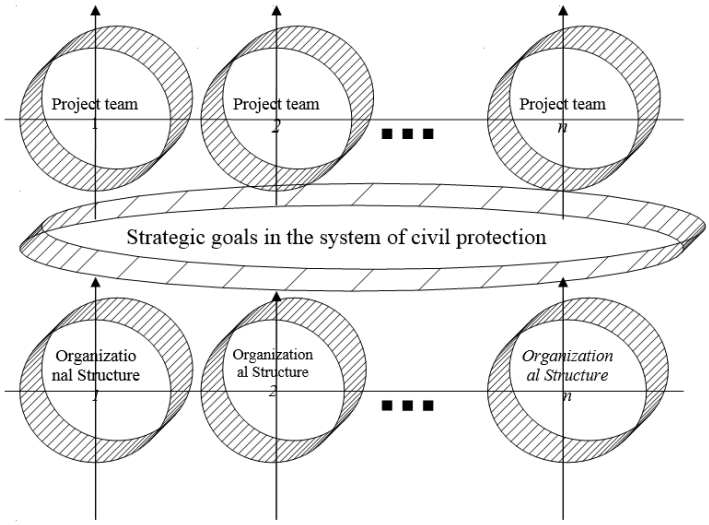


Fig. 1. The organizational model of project teams in the system of civil protection

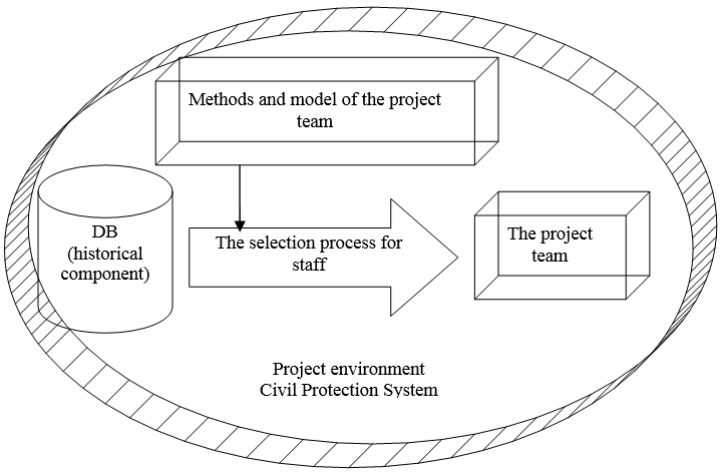


Fig. 2. The generalized model of staff selection in the system of civil protection

The eventual result of the model (Fig. 2) is project team formed. Within the framework of MD the diverse projects are performed (plural $P = \{P1, P2, ... Pn\}$), which form the departmental program of projects in the system of civil protection. Project teams (plural $K=\{K_1, K_2, ...K_n\}$). are involved in the execution of this program of projects. In general, all these elements form a virtual office with project management in the system of civil protection (Fig. 3).

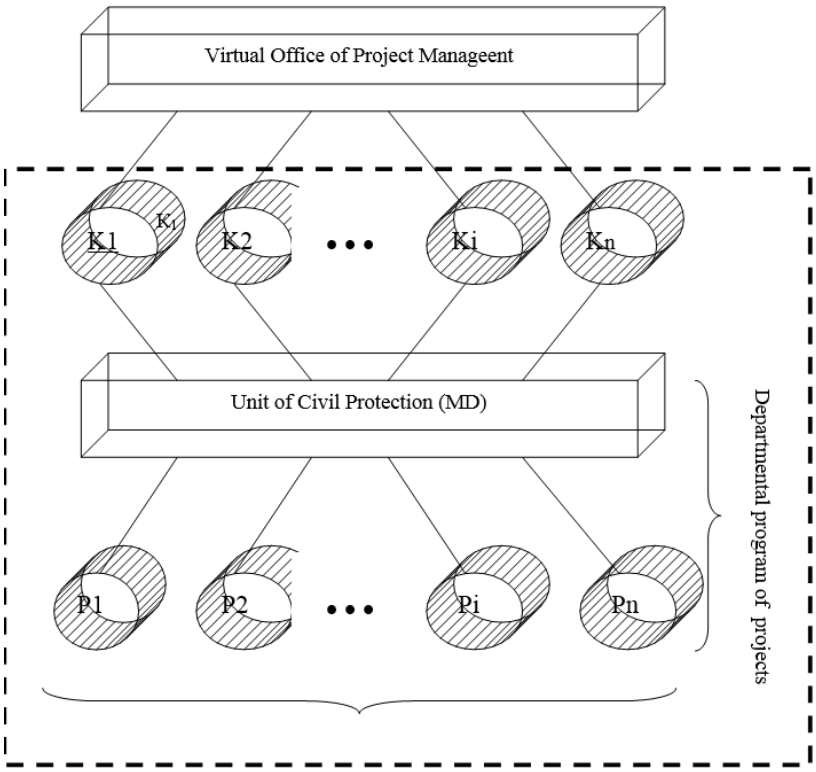


Fig. 3. The model of virtual office in the system of civil protection

Formation of the project team foresees a systematic base of elements that form competence of employees in civil protection. In summary, these are elements of both knowledge (tuple $a_1, ..., a_2=A$), skills (tuple $b_1, ..., b_2=B$), experience (tuple $c_1, ..., c_2=C$), practical skills (experience (tuple $d_1, ..., d_2=D$).

Fig. 4 shows the neural network model of personnel selection in teams of projects of Civil Protection System using the model of the "black box". The neural network includes 4 layers, the input layer provides criteria by 4 items of competence of employee of in the system of civil protection. Two layers of the neural network are intermediate and provide non-linear conection between dependent and independent variable. The output of the neural network is a man-

agement decision to include the applicant in the project team (tuple y = {+; ±; -} where "+" - the inclusion of the applicant in the project team, «±» - inclusion of the applicant in the project team in terms of personnel shortages, "- "- the unsuitability of the applicant to work in the project team).

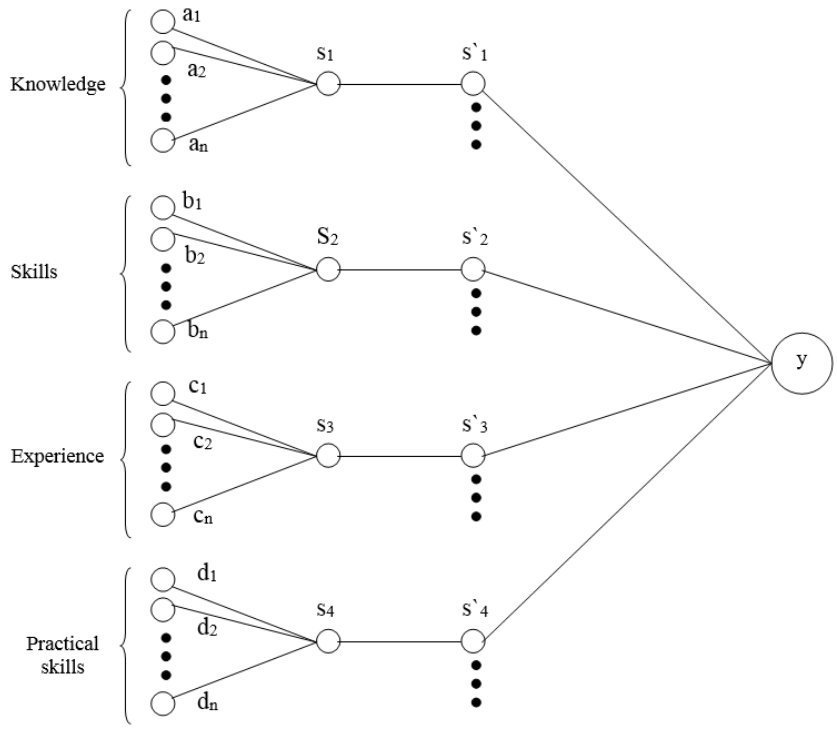


Fig. 4. Model of personnel selection in the project team using the theory of neural networks

Conclusions. The scientific and practical task of systematic approaches development to the formation of project teams in the system of civil protection is reviewed in the article. The following results are obtained:

1. Informational and literary analysis of existing methods of formation of project teams is carried out which shown their inability to be applied in terms of civil protection system.
2. Structural elements of concept of civil protection employee competences are proposed, taking into account three components: knowledge, experience and skills.
3. A method of formation of project teams in the system of civil protection for temporary virtual structures using the theory of neural networks is developed.

Literature

[1] Bushuyev S.D. Project Management. Fundamentals of professional knowledge and competence evaluation system of project managers/ S.D. Bushuyev, N.S. Bushueva (Competence Baseline National KBC UA version 3.1). K.: IRIDIUM, 2010, 208 s.

[2] Rach V.A Simulation of managing the development of competencies of the users of the category "handle" /V. A Rach, O.M. Medvedeva, O.V Rossoshanska // Project Management and development of production : Mon . Sciences. works. - Lugansk : National University of Eastern Europe. Dal 2008 - . № 1 (25). - P.156–163.

[3] Koshkin K. Development of Visual Enterprises in Shipbuilding // Proceedings of the 5th International Conference on Unconventional Electromechanical and Electrical Systems. - Szcezin : Technical University of Szczecin, Poland , 2001, Vol 2 - P. 483–488.

[4] Gogunsky V. D Human Resource Management in the implementation of production programs [Text] / Gogunsky V.D , Weissman W. A // Bulletin of NTU "KPI": Thematic . Analysis of the problem " system , management and computer science . Technology . " - Kharkiv : NTU " KPI " . - 2005 - . № 54 - . S. 124–129.

[5] Virtual University: Manual / M.M. Kozyar , T.E. Rak , O.B. Zachko . - Lviv State University of Life Safety , 2009 . - 168 pp.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 465–473

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.42

Олег Богданович Зачко[1], Marek Chmiel[2], Paweł Chmiel[3]
[1]Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности; Украина, 79000, Львов, ул. Клепаривска, 35
e-mail: zachko@ukr.net
[2]Центральная школа государственной пожарной службы в Ченстохово; Польша, 42-200, Ченстохово, ул. Сабиновска., 62
e-mail: chmielm@cspsp.pl
[3]Технический университет Жешува им. Игнация Лукасевича Польша, 35-959, Жешув, аллея Повстанцев Варшавы, 12
e-mail: pawka.chmiel@gazeta.pl

ПРОЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ ПЕРСОНАЛОМ В СИСТЕМЕ ГРАЖДАНСКОЙ ЗАЩИТЫ

Аннотация
Цель: Разработка подходов к управлению персоналом для повышения эффективности управления ресурсами при чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в проектах, программах и портфелях проектов проектно-организационных систем гражданской защиты.
Методы: В работе использован комплексный метод исследований, который включает анализ и обобщение научно-технических достижений в области управления персоналом в системе гражданской защиты, использование методов технической кибернетики для построения моделей функционирования сложных систем, сравнительного анализа для отбора программных продуктов в сфере управления персоналом.
Результаты: Приведенные теоретические и экспериментальные исследования позволили создать универсальную модель системы управления персоналом в гражданской защите, обеспечить ее оптимизацию и более точное представление. Разработанная модель позволяет контролировать как единичные, так и глобальные фазы жизненного цикла системы при офисном управлении проектами, программами и портфелями проектов в системе гражданской защиты.
Выводи: Обобщенные результаты исследования разработки подходов к управлению персоналом в системе гражданской защиты с использованием проектно-ориентированного подхода позволяют определить понятие команды проекта по безопасности жизнедеятельности в системе гражданской защиты. Предложена модель влияний в системе управления персоналом гражданской защиты, которая включает внешние факторы влияния, и предусматривает

исходящий вектор принятых решений. Проведен сравнительный анализ программного обеспечения, которое используется для задач управление персоналом. Построена адаптивная модель жизненного цикла системы управления персоналом в гражданской защите, которая позволяет прогнозировать внутренние и внешние влияния на систему.
Ключевые слова: управление персоналом, система гражданской защиты, проектно-ориентированное управление, проектная команда.

PROJEKT ZARZĄDZANIA PERSONELEM OCHRONY LUDNOŚCI

Abstrakt
Cel: Opracowanie podejścia do zarządzania personelem w celu poprawy efektywności gospodarowania zasobami w sytuacjach kryzysowych naturalnych oraz projektowania systemów organizacyjnych ochrony ludności.
Metody: W pracy przedstawiono sposób, który obejmuje analizę i syntezę osiągnięć naukowych i technologicznych w dziedzinie zarządzania personelem w systemie ochrony ludności, stosowanie metod cybernetyki technicznej w modelowaniu systemów złożonych, analizę porównawczą oprogramowania w dziedzinie zarządzania personelem.
Wyniki: Badania teoretyczne i doświadczalne mają uniwersalny model zarządzania personelem w zakresie ochrony ludności, w celu zapewnienia jego bardziej dokładnego odwzorowania. Opracowany model pozwala na sterowanie zarówno pojedyncze i globalne etapy, cykle systemu w biurze zarządzającym projektami i programami w zakresie ochrony ludności.
Wnioski: Wyniki badania ogólnego opracowania podejścia do zarządzania zasobami ludzkimi, w tym ochrony ludności, ukierunkowane są na projekty, które pozwalają na zdefiniowanie pojęcia zespołu projektowego dla bezpieczeństwa w zakresie ochrony ludności. Model wpływów w systemie zarządzania personelem obrony cywilnej, ochrony ludności, które obejmuje wpływ czynników zewnętrznych i zapewnia wektor wyjściowy podjętych decyzji. Analiza porównawcza oprogramowania służy do zadań związanych z zarządzaniem personelem. Wbudowane adaptacyjne cykle modelu zarządzania personelem w zakresie ochrony cywilnej i ochrony ludności pozwalają przewidzieć wewnętrzne i zewnętrzne wpływy w systemie.
Słowa kluczowe: zarządzanie zasobami ludzkimi, system obrony cywilnej, ochrona ludności, zarządzanie projektami zespół projektowy.

Введение

Работа любой организации неизбежно связана с необходимостью комплектования команды. На современном этапе набор и отбор персонала является приоритетной задачей. Отбор новых работников не только призван обеспечить режим нормального функционирования, но и закладывает фундамент будущего успеха организации.

В настоящее время в большинстве развитых стран мира существует развитая система профессионального отбора специалистов различных профессий. Деятельность подразделений, входящих в эту систему, рассматривается в качестве одного из важных звеньев государственной политики, направленной на изучение, учет, рациональное распределение и экономически целесообразное использование человеческих (прежде интеллектуальных) ресурсов общества. Под отбором понимают процесс выделения кандидатов, способных обеспечить эффективное выполнение функциональных обязанностей. Близким по содержанию является понятие - создание кадрового резерва.

При решении типовых кадровых задач необходимо помнить, что отбор всегда является вероятным, он является лишь прогнозом возможной успешности субъекта. Поэтому отбор в интересах организации работодателя оправдывается только тогда, когда он есть объективно необходимым. Кроме того, необходимо учитывать, что стандарты отбора создались в узкой сфере профессиональной деятельности - в профессиях типа "человек - техника - социально-психологическая среда". Большое количество профессий с весомыми социально-психологическими факторами успешной деятельности людей требуют дифференцированного подхода в формировании задач и критериев отбора персонала в соответствии с особенностями конкретных трудовых постов и рабочих мест. В первую очередь, это относиться к системе гражданской защиты, которая есть сложной и динамической средой в плане отбора кандидатов на службу.

Анализ исследований и публикаций

Проблематике проектно-ориентированного управления в сложных системах с внутренними и внешними турбулентными влияниями посвящены работы [1-2]. Работа [1] затрагивает проблематику формирования виртуальных проектных команд и управления персоналом при виртуальном производстве. В работе [3-4] определены основные понятия проектно-ориентированного управления, а именно: команда проекта, базовые компетенции работников, фазы жизненного цикла

создания и развития проектной команды. К сожалению, большинство полученных научных результатов носят обобщенный характер и не могут быть адаптированными к системе управления персоналом в сфере гражданской защиты. Это объясняется сложными взаимосвязями между внутренними элементами системы гражданской защиты и специфическими характеристиками отбора персонала: оценка психофизиологической компетентности, необходимости присутствия врожденных способностей у работников спасательных служб.

Изложение основного материала

Рассмотрим основные базовые понятия в системе знаний «управление персоналом в системе гражданской защиты».

Команда проекта по безопасности жизнедеятельности - это группа специалистов, которая непосредственно работает над осуществлением реализации проектов по безопасности жизнедеятельности, что касается предотвращения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера, защитой населения и территорий от их негативного влияния. Защита населения и территорий является системой общегосударственных мероприятий, реализуемых центральными и местными органами исполнительной власти, исполнительными органами советов, органами управления по вопросам чрезвычайных ситуаций и гражданской защиты, подчиненными им силами и средствами предприятий, учреждений, организаций, независимо от форм собственности, добровольными формированиями, обеспечивающих выполнение организационных, инженерно-технических, санитарно-гигиенических, противоэпидемических и других мероприятий в сфере предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций [5-6]. Управление персоналом в системе гражданской защиты имеет проектно-ориентированный характер. Несмотря на то, что согласно стандарту PMBOK принято разделять операционную повседневную деятельность и проектную, когда формирование команды проекта осуществляется на срок реализации проекта, после завершения которого команда распускается, любую деятельность в системе гражданской защиты можно свести к проектно-ориентированной. Так, осуществление конкурсного отбора на обучение в учреждениях системы гражданской защиты по чрезвычайным ситуациям является процессом формирования команды проекта (срок реализации которого 4-5 лет, что соответствует сроку обучения). По сути, осуществляется отбор в команду проекта, которая после завершения обучения распускается, а участники реализуют себя уже в других

командах проектов (в практических подразделениях), и этот процесс является непрерывным.

Построим обобщенную модель влияний в системе управления персоналом в сфере гражданской защиты (рис. 1). Вектор {K} представляет собой множество кандидатов на службу в системе гражданской защиты. По сути, это модель так называемого «черного ящика». Преодолев вектор факторов внешних влияний на систему {F} кандидат на прохождение службы *k* адаптируется в систему и получает возможность влиять на вектор {P}, который представляет множество потенциальных проектных решений.

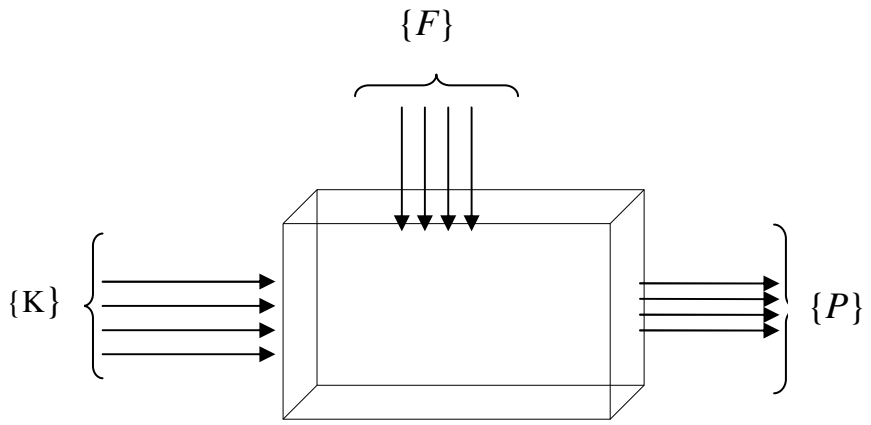


Рис. 1. Обобщенная модель влияний в системе управления персоналом гражданской защиты

Исходные влияния {K} – это множество событий, что влияют на систему. Параметры {F}-это структура и принципы функционирования системы. Характеристиками {P} функционирования системы есть множество показателей, что отображают результаты ее деятельности.

Рассмотрим жизненный цикл функционирования системы управления персоналом в системе гражданской защиты (рис. 2.). На нулевом цикле системы нами обозначена фаза инициации, которая предполагает внедрение организационных мероприятий и программно-аппаратных решений по функционированию системы. На первой фазе цикла происходит первичный отбор персонала, предусматривающий тестирование с целью оценивания основных компетенций работника сферы гражданской защиты. Последующие после отбора персонала фазы предполагают формирование и развития проектной команды. На этих фазах учитывается стратегия кадровой политики системы гражданской

защиты, оценка потенциальных возможностей кандидатов. Это позволит повысить суммарную организационную компетентность подразделений системы гражданской защиты. На последней фазе жизненного цикла системы управления персоналом в сфере гражданской защиты генерируется процесс принятия проектных решений {P} работниками подразделений, которые на предыдущих фазах прошли отбор, а также формирование и развитие проектных команд.

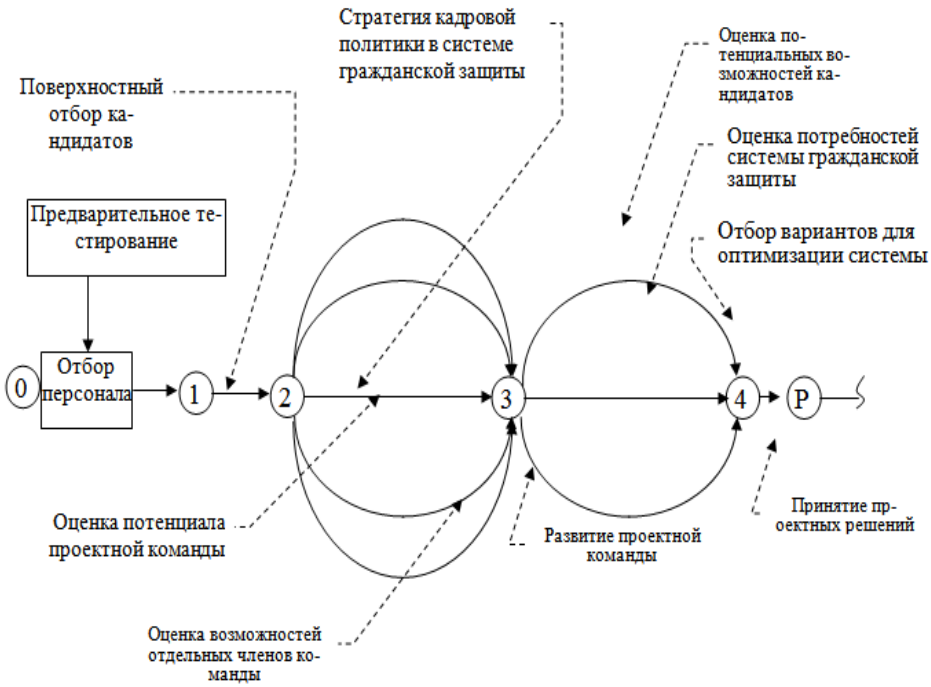


Рис. 2. Адаптивная модель жизненного цикла системы управления персоналом в гражданской защите

Для реализации вышеизложенных принципов необходимо внедрение информационно-аналитических систем по управлению персоналом в подразделениях системы гражданской защиты. Сосредоточим свое внимание на тех, которые имеют модули по оценке психофизиологической компетентности персонала, поскольку для работника системы гражданской защиты это имеет принципиальное значение. Результаты проведенного анализа наведены в табл. 1.

Таблица 1. Сравнительный анализ программного обеспечения в отрасли управления персоналом

№ з/п	Название программного продукта	Характеристика
1	ТЕЗАЛ	Многофункциональная экспертная система, предназначенная для автоматизации процессов сбора и интерпретации информации о личностных качествах, интеграции тестовых данных и экспертных оценок. Функции программы: Лингвистическое обеспечение работы психолога, создание текстовых интерпретаций в факторных профилей; построение реальных и "идеальных портретов" специалистов различных профессий с помощью опроса экспертов.
2	ПРОФПЛАН	Данная система разработана с целью поддержки консультационной работы сотрудников центров занятости, психологов, профессиональных консультантов, специалистов по развитию персонала. Функции программы: интерактивная визуализация диагностического профиля клиента профессионально ориентационной консультации, предоставление справочной информации по профессиям и специальностям, подготовки профессионального консультанта (в режиме тренинга и экзамена).
3	MAINTEST: КОНКОМ	Позволяет создавать отчеты в виде индивидуального профиля компетенций на основании результатов тестов для принятия оперативных управленческих решений. Программа предназначена для использования работниками кадровых служб организаций, которые внедряют современные методы управления персоналом, основанные на использование модели компетенций. Функции программы: конкурсный отбор, расстановка кадров, составление планов обучения и развития персонала.
4	PSI-КАРТА	Система количественной экспресс-диагностики для отбора кандидатов на типовые управленческие и исполнительные позиции и для кадрового мониторинга служащих. Функции программы: составление должностных PSI-карт для приема на работу в соответствии с имеющейся профессиограммой; подстройки их критериев требованиям конкретной организации; хранения и сравнение между собой полученных данных, проведение психологического тестирования тех качеств, оценка которых находится в компетенции психолога, осуществление мониторинга успешности профессиональной деятельности отобранных сотрудников с помощью процедуры аттестации.

Выводы

В научной статье рассмотрена актуальная задача разработки подходов к управлению персоналом в системе гражданской защиты с использованием проектно-ориентированного подхода. Одержаны такие результаты:

1. Определено понятие команды проекта по безопасности жизнедеятельности в системе гражданской защиты.
2. Предложена модель влияний в системе управления персоналом гражданской защиты, которая включает внешние факторы влияния, и предусматривает исходящий вектор принятых решений.
3. Проведен сравнительный анализ программного обеспечения, которое используется для задач управление персоналом.
4. Построена адаптивная модель жизненного цикла системы управления персоналом в гражданской защите, которая позволяет прогнозировать внутренние и внешние влияния на систему.

Литература

[1] Koshkin K. Development of Visual Enterprises in Shipbuilding // Proceedings of the 5th International Conference on Unconventional Electromechanical and Electrical Systems. - Szczezin: Technical University of Szczecin, Poland, 2001, Vol. 2. - P. 483–488.

[2] Анкона Д. Команды прорыва. Источник инноваций и лидерства отрасли / Д. Анкона, Х. Бресман. – М.: Гревцов Паблишер. – 2008. – 336 с.

[3] Бушуев С.Д. Управление проектами. Основы профессиональных знаний и система оценки компетентности проектных менеджеров / С.Д. Бушуев, Н.С. Бушуева (National Competence Baseline, NCB UA Version 3.1). К. : ІРІДІУМ, 2010. – 208 с.

[4] Гогунский В.Д. Управление человеческими ресурсами для реализации производственных программ [Текст] / Гогунский В.Д., Вайсман В.А. // Вестник НТУ «ХПИ». – Темат. вып. : «Системный анализ, управление и информ. технологии».– Харьков : НТУ «ХПИ». – 2005. – № 54. – С. 124–129.

[5] Information technologies in strategic management of vital activity safety project portfolios / Rak Y.P., Kovalyshyn V.V., Zachko O.B., Barabash I.G., Ivanusa A.I. // East European Journal of advanced technology. - 2011. - № 1/5 (49). S. 42–44.

[6] Zachko O.B. Design of systems of automation the information selection in project oriented management / O.B. Zachko, J.P. Rak, O. Mikitov //

Journal of SNU of Volodymyr Dal. - 2011. - № 3 (157). Part 2. - P. 106–110.

[7] Virtual University: Textbook Manual / M.M. Kozyar, T.E. Rak, A.B. Zachko. - Lviv State University of Life Safety, 2009. - 168 p.

[8] Rak Yu.P. Ways of improvement of professional preparation of specialists of emergency services units using information and telecommunication technologies // Yu.P. Rak, T.E. Rak, O.B. Zachko // Control systems and machines - 2011. - № 4. - P. 37–43.

[9] Zachko O.B., Simulation of the telecommunication system of higher education institution by means of multi-agent models / O. Zachko // Scientific Bulletin of National Forestry University of Ukraine. - 2011. - Vol. 21.11. - P. 352–355.

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 475–480

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.43

Jakub Žabenský, Radomír Ščurek
VŠB – Technical University of Ostrava
ul. Lumírova 13, 700 30 Ostrava – Výškovice, Czechy
e-mail: radomir.scurek@vsb.cz

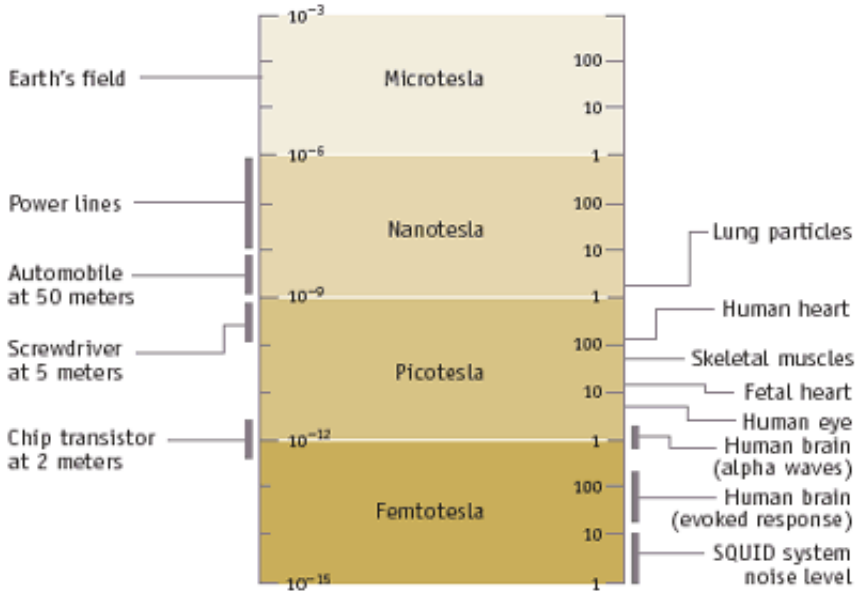
APPLICATION OF MAGNETOMETRY FOR OBJECTS IDENTIFICATION

Abstract. The paper concerns the possibility of application of magnetometry for object identification. One of the basic conditions for successful use of magnetometric methods is the magnetic contrast of solids towards surroundings. Another possible use of magnetometry is for local identification of solids in selected areas, which are situated in the local magnetic field. The magnetometer, which enables to measure up to three vector components of magnetic induciton and specialized software were used in order to perform the research. Two experiments were carried out within the research.
Keywords: magnetometry, object identification.

ZASTOSOWANIE MAGNETOMETRII DO IDENTYFIKACJI OBIEKTÓW

Streszczenie. W pracy zaprezentowano analizy dotyczące możliwości zastosowania magnetometrii do identyfikacji obiektów. Jednym z podstawowych warunków efektywnego wykorzystania metod magnetometrycznych jest pomiar tła magnetycznego obiektów w odniesieniu do otoczenia. Kolejnym możliwym zastosowaniem magnetometrii jest identyfikacja obiektów w lokalnym polu magnetycznym w wybranym obszarze. W przeprowadzonych badaniach wykorzystano magnetometr umożliwiający pomiar trzech składowych wektora indukcji magnetycznej oraz wyspecjalizowane oprogramowanie. W ramach pracy zrealizowano dwa eksperymenty naukowe.
Słowa kluczowe: magnetometria, identyfikacja obiektów.

This article points to the possible use of selected properties of solids for their identification and determination of their position if they are situated in the Earth's magnetic field with triaxial magnetometer. One of the basic conditions for succesful use of magnetometric methods is the magnetic contrast of these solids towards surroundings. Another possible use of magnetometry is for local identification of solids in selected areas, which are situated in the local magnetic field.



Picture 1. Magnetic induction of different objects [2]

Objects containing feromagnetic substances can create static as well as dynamic magnetic field. The intensity of these fields decreases with the distance from the object and vice versa. Because all of these objects are in the Earth's magnetic field, the intensity of the resulting magnetic field measured by magnetometer is given as a vector sum of the custom object fields located in the Earth's magnetic field. This vector sum is influenced by a magnetic background in the defined places.

Ferromagnetic object can have permanent magnetization or magnetization induced by the Earth's magnetic field. Permanent magnetization does not depend on the presence of an external magnetic field, therefore if an object rotates, its magnetic field will rotate too. Conversely, the induced magnetization is dependent on the direction and magnitude of the Earth's magnetic field and the magnetic properties of the object. A field created by induced magnetization will

not rotate simultaneously with the object. Determining relative additions of these two kinds of magnetization is possible by a series of measurements involving an object's rotation around its axes (x, y, z).

Equipment

As was stated above, a magnetometer plays the main role in this article. Magnetometer Vema is designed for vector measurements and oscilloscopic view of the progression of magnetic induction fields as well as creating and recording data files from time and space measurements and also its analysis. Magnetometer enables to measure up to three vector components of magnetic induciton defined by user. The resolving ability of a used magnetometer reaches up to units of nT due to sensors, which are made of magneticaly soft amorphous metal alloy. The constant sampling frequency of magnetometer can be adjusted from 1kHz to 250Hz with sensitivity ≥ 2nT . The following table shows basic parameters of the mentioned device.

Table 1. Vema Magnetometer parameters [1]

Range	± 100 µT
Direct sensitivity	≥ 2,0 nT / 1kHz
Average sensitivity	≥ 0,2 nT / 5kHz
Sampling frequency	1 kHz
Frequency range	0 - 250 Hz
Offset drift	± 100 µT (after 15 min)
Linearity error	0,5%
Temperature range	+10°C - +40°C
Main power supply	230V / 50Hz / 15VA
Battery power supply	12V /500mA
Dimensions [mm]	390 x 180 x70
Weight	2,8 kg
Number of sensors	3
Interface	USB 2.0

Besides the device there is also some software equipment needed. Real time and even post-procesing evaluation of the data obtained from the magnetometer can be performed by QtVema software. The primary function of this software is to visualize the processed data to the user and also to save collected data in memory. Visualisation itself runs in osciloscopic mode on a PC connected to the magnetometer.

Identification process

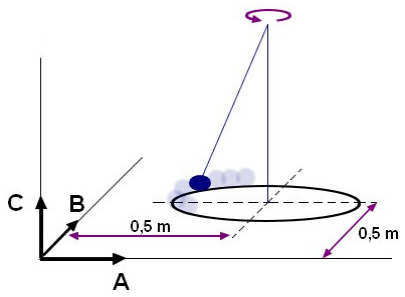
The principle of change of magnetic induction can be used in object security, because this change represents a specific state change caused by an object presence at real space (e. g. room). This state can be defined in real space $\boldsymbol{E_3}$ and specific time $\boldsymbol{t}$ by a set of values $\Omega_1 \in E_3$ (t, B_x, B_y, B_z), which is transformed (by Fourier's disctrete transformation) and provides us mediated image $\psi_1 \in$ (t,a,b,c).

For practical applications it's necessary to know the initial or referential state in the defined area [a, b, c] and time. This state is defined by a specific value, which is a function of the specific time, exact position (e. g. GPS) and properties of magnetic background $\Omega_1 \in E_3$ (t_1, B_{a1}, B_{b1}, B_{c1}). Then at the specific time values $\Omega_n \in E_3$(t_n, B_{an} ,B_{bn}, B_{cn}) are monitored, where the resulting change is given by a difference between Ω_1 and Ωn.

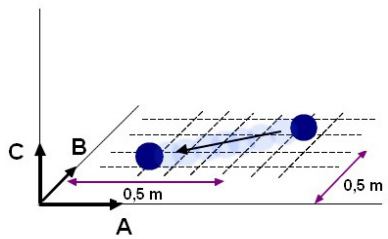
Experiments

The main objective of the first experiment was to study interactions between sources (magnetic, electromagnetic) in the defined area. The dependence of distance and induction of the selected object was monitored with regard to the characteristics of the defined area and furthermore standard electrical sources with a frequency of 50Hz were monitored, especially their first to fifth harmonics and sub-harmonics. The experiment was supposed to confirm or refute the assumption of potential influence by any other sources outside the defined area and also their influence on this area without magnetical shielding.

During the first experiment several different items were used – a neodymium ball (5mm in diameter), screw nuts (in sizes M4 and M8). The following characteristics were monitored – course of movement with regard to time, frequency spectrum, waveforms of induction in directions of the x, y, z axis and the resulting vector of magnetic flux for selected movements - cyclic and acyclic.

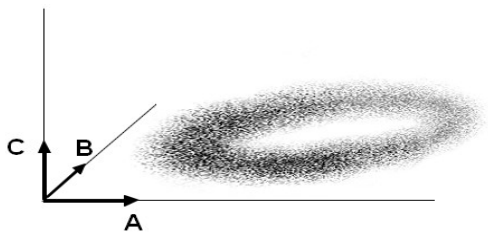


Picture 2. Cyclic movement [1, redrawed]



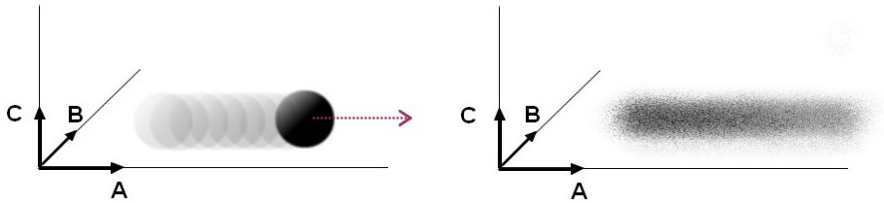
Picture 3. Acyclic movement [1, redrawed]

The second experiment was supposed to verify the possibility of determining object's position in the defined area by measuring changes of magnetic induction in the directions of a, b, c axis. One of the main conditions was to use common metal or a ferromagnetic object –a neodymium ball and screw nuts (the same items as in the first experiment).



Picture 4. Oscilation of neodymium ball [1, redrawed]

Picture 4 is illustrating the track of the neodymium ball and the screw nut during the cyclic movement in regard to the defined area. Coloured dots indicate the change in intensity of the induction in three directions (axes a, b, c) - the darker the colour is, the higher is its intensity of the induction.



Picture 5. Rolling neodymium ball [1, redrawed]

Monitoring changes in the shape of neodymium solid and observing changes in its induction regarding to variable position (picture 5 shows a roling ball).

Evaluation

1. Sources working on 50Hz frequency generate the first to third harmonics, which must be filtered out during the measurement to obtain correct data.
2. Common metal objects are indentifiable up to distance of 2m when they are magnetized even without filtering 50Hz sources and their harmonics.
3. For rapid recognition of background and noise standard autocorrelation function can be used, which is involved in a software package.
4. To evaluate cyclic movements Fourier's discrete transformation may be used.
5. Real objects usually do acyclic movement; its evaluation should be based on time waveform.
6. Both movements - cyclic an acyclic can be monitored up to distance of ± 3m if it is performed by a feromagnetic or common metal object.
7. Even small paramagnetic objects can be monitored (their presence, shape, position) up to distance of ±1m.
8. It is possible to identify objects moving cyclically by means of recorded spectrum.
9. Objects which are not moving cyclically can be identified by means of time waveform.

Sources

[1] Oravec M. Využitite magnetometrie při identifikovaní objektov. TU Košice, 2012.
[2] Squid Magnetometry. [online] 2008, [cit. 2014-07-30]. Dostupné z: <http://www.lanl.gov/quarterly/q_spring03/magnetic_fields.shtml >

PRACE NAUKOWE Akademii im. Jana Długosza w Częstochowie
Technika, Informatyka, Inżynieria Bezpieczeństwa 2014, t. II, s. 481–489

http://dx.doi.org/10.16926/tiib.2014.02.44

Justyna Żywiołek, Ewa Staniewska
Politechnika Częstochowska
al. Armii Krajowej 19, 42-200 Częstochowa
e-mail: staniew@wip.pcz.pl, j.zywiolek@wip.pcz.pl

ROLA POLITYKI BEZPIECZEŃSTWA INFORMACJI W OCHRONIE DANYCH PRZEDSIĘBIORSTWA

Streszczenie. W artykule przedstawione zostały zasady tworzenia polityki bezpieczeństwa informacji. Uwzględniono zarządzanie bezpieczeństwem informacji w przedsiębiorstwie, co jest podstawą planów bezpieczeństwa IT. Opisane w artykule elementy polityki bezpieczeństwa informacyjnego kompleksowo obrazują elementy niezbędne do zapewnienia bezpieczeństwa informacji w przedsiębiorstwie.
Słowa kluczowe: bezpieczeństwo informacyjne, polityka bezpieczeństwa, ochrona danych.

THE ROLE OF INFORMATION SECURITY POLICY THE DATA PROTECTION COMPANY

Abstract. The article presents the principles of creating an information security policy. Includes management of information security in an enterprise which is the basis of IT security plans. Described in the article information security policy elements comprehensively illustrate the elements necessary to ensure the safety of information in an enterprise.
Keywords: information security, security policy, data protection

Wstęp

W warunkach postępującej digitalizacji, gdy coraz więcej danych dostępnych jest w sieci, konieczność ich ochrony wydaje się oczywistością. Można wyróżnić dwa rodzaje danych wrażliwych, które powinny być w szczególności objęte systemem bezpieczeństwa: dane osobowe oraz wszelkie dane przedsiębiorstwa i klientów, dotyczące zakresu i obszaru działań firmy oraz powiąza-

nych z nią podmiotów. Z jednej strony mamy do czynienia z danymi pracowników, z drugiej zaś – strategicznymi informacjami w przedsiębiorstwie.

Ochrona informacji wymaga spełnienia co najmniej trzech warunków, aby można było mówić o jej skuteczności [1, 2]:

1. wysokiej świadomości pracowników, poczynając od najwyższego kierownictwa;
2. efektywnego zarządzania informacjami w taki sposób, aby zapewnić ich bezpieczeństwo;
3. stworzenia odpowiednich rozwiązań technologicznych, które zapewniają realizację tej polityki.

Zasady polityki bezpieczeństwa informacji

W każdej organizacji znajdują się różnego rodzaju informacje, które powinny podlegać ochronie [3]. Informacje te można podzielić na: strategiczne, do których określa się również zakres dostępu poszczególnych użytkowników, oraz informacje chronione z mocy prawa (głównie dane osobowe oraz tajemnice firmy). Kluczowe w tej sytuacji jest spełnienie trzech podstawowych warunków PBI (polityka bezpieczeństwa informacji) [6]: zachowanie poufności, integralności oraz dostępności informacji. Zachowanie poufności oznacza, że do określonych informacji dostęp mają tylko osoby uprawnione. Natomiast zasada dostępności definiuje czas, kiedy osoby upoważnione mogą korzystać z powyższych informacji. Natomiast przez zasadę integralności rozumie się zapewnienie dokładności i kompletności informacji oraz metod jej przetwarzania.

Tak więc PBI ujmuje ogólne zasady bezpiecznego wytwarzania, przetwarzania, przesyłania i przechowywania informacji oraz organizację i zarządzanie tym procesem. Z punktu widzenia prawnego podstawą do opracowania PBI będą wszelkie dokumenty wyższego rzędu (ustawy, rozporządzenia) dotyczące ochrony informacji niejawnych, podstawowych wymagań bezpieczeństwa systemów informatycznych i telefonicznych, wspomnianej już wcześniej ochrony danych osobowych i ochrony praw autorskich. Tak więc stworzenie takiej dokumentacji oraz zarządzania procesem bezpieczeństwa wymaga spojrzenia na przedsiębiorstwo z różnych punktów widzenia, w ujęciu całościowym. Kolejnym ważnym czynnikiem opracowania PBI jest odniesienie się do specyfiki organizacji. Jeśli, przykładowo, organizacja ma charakter korporacyjny i funkcjonuje w łańcuchu dostaw, to dochodzi do dość szerokiej wymiany informacji za pomocą systemów teleinformatycznych zarówno wewnątrz korporacji (między ogniwami „sieci korporacyjnej", na ogół znajdującymi się na różnych kontynentach), jak też między „zewnętrznymi" uczestnikami łańcucha dostaw, a więc klientami, klientami klientów (jeśli organizacja działa na ryn-

kach B2B i B2C), dostawcami, administracją, bankami i innymi interesariuszami, uczestniczącymi w realizowanych transakcjach.

Zasady zarządzania bezpieczeństwem informacji w przedsiębiorstwie

Zarządzanie bezpieczeństwem IT

Zarządzanie bezpieczeństwem IT, zwłaszcza w branżach, w których platforma IT stanowi podstawę do rozwoju biznesu, powinno być wyodrębnione w infrastruktury organizacyjnej i oddzielone od systemów IT. Obecnie każda działalność biznesowa w coraz większym stopniu uwzględnia platformę internetową jako jeden z kanałów docierania do klientów. Branże bankowa, ubezpieczeniowa i logistyczna (w tym: kurierska, ekspresowa i paczkowa – tzw. KEP) traktują ten obszar jako jeden z kluczowych czynników wartości oferowanej klientom. W tej sytuacji kluczowe jest, aby osoba zarządzająca (np. szef bezpieczeństwa informacji) raportowała bezpośrednio do zarządu i miała możliwość niezależnego audytowania systemów IT, jak również mogła koordynować wszelkie funkcje, dotyczące szeroko rozumianego bezpieczeństwa (w tym również bezpieczeństwa fizycznego). Istotnym elementem zarządzania bezpieczeństwem jest stworzenie odpowiedniego dokumentu, w którym są określone zasady polityki, jak również procedury i standardy oraz system raportowania w tym obszarze. Niekiedy, przy rozbudowanych strukturach organizacyjnych i sieciowej organizacji, warto stworzyć i wyszkolić zespół ludzi, który na miejscu dba o bezpieczeństwo informacji, sprawdzając systemy, procedury oraz sam sprzęt IT i oprogramowanie.

Plan bezpieczeństwa IT

Opracowanie planu bezpieczeństwa wymaga zidentyfikowania kluczowych ryzyk związanych z bezpieczeństwem informacji [7]. Ryzyka te mogą być zmienne w czasie i mieć różny aspekt finansowy z punktu widzenia firmy i pozostałych interesariuszy – uczestników łańcucha/sieci dostaw (w tym przede wszystkim klientów i dostawców). Konieczne jest również dokonanie analizy kosztowej takiego planu i zbadanie, jakie są rzeczywiste oczekiwania klientów w tym zakresie. Awaria systemów IT może prowadzić do utracenia części informacji niezbędnych do efektywnego zarządzania danym produktem czy usługą, co wiąże się z powstaniem kategorii „utraconych możliwości" z punktu widzenia klienta lub innych interesariuszy. W tej sytuacji konieczne jest podjęcie decyzji wspólnie z osobami/firmami najbardziej zainteresowanymi, w jakim czasie konieczne jest przywrócenie pełnej funkcjonalności systemu, biorąc pod

uwagę zarówno koszty, jak też efekty. Często decyzja ta może mieć charakter *trade off*, gdzie optymalizacja kosztowa rozwiązania będzie podstawowym czynnikiem wyboru. Można sobie bowiem wyobrazić, że każdy klient/osoba oczekuje natychmiastowej reakcji na awarię systemu, co oznacza bardzo wysokie inwestycje w dublowanie drogiej infrastruktury. Po głębszej analizie okazuje się jednak, że można się zgodzić na czas reakcji na poziomie kilku godzin, a nawet dłużej, co zdecydowanie zmniejsza koszty takiego rozwiązania.

W efekcie oznacza to konieczność zidentyfikowania krytycznych – z punktu widzenia klienta – systemów informatycznych oraz przygotowania kompletnych planów awaryjnych, które można wykorzystać w sytuacji zakłóceń lub też określonych wyraźnie incydentów [6]. Tego typu plany awaryjne, podobnie jak w przypadku systemów bezpieczeństwa osób, powinny być testowane w naturalnym środowisku z określoną częstotliwością, tak aby w przypadku, gdy dojdzie do zaburzeń – procedura była w pełni opanowana. W praktyce często zdarza się, że plany awaryjne, rozpisane profesjonalnie, w rzeczywistością zawodzą, ponieważ zabrakło ćwiczeń w tym zakresie. Zdarza się także, że w planach awaryjnych brakuje informacji, kto podejmuje decyzje w przypadku, gdy awaria odbiega w jakimś stopniu od wcześniej zidentyfikowanej.

Kolejnym istotnym elementem zabezpieczenia systemu jest przegląd planów awaryjnych zaplanowany co najmniej kilka razy w roku. Liczba przeglądów uzależniona jest od dynamiki rozwoju platformy IT, a tym samym zmian, jakie zachodzą w głównych systemach. Przegląd często niesie za sobą konieczność zmiany planów awaryjnych. Warto też pamiętać, że awarie dotyczące systemów IT, jeśli związane są z zawodnością danego systemu, niosą nieco mniejsze ryzyko niż naruszenie bezpieczeństwa IT, którego dokonano świadomie przez ludzi w celu przejęcia określonych informacji (np. konkurencja), pozyskania baz danych (np. pracownicy). Jak wynika z badań, większość włamań do systemów IT jest wynikiem działań pracowników firmy (cel może być różny, jednym z nich jest także pewnego rodzaju zabawa w łamanie systemów).

Jednym z ważniejszych czynników bezpieczeństwa jest opracowanie standardu bezpieczeństwa dla kluczowych platform technologicznych oraz zarejestrowanie standardowej konfiguracji w rejestrze konfiguracji. Warto też się upewnić, że plan obejmuje: kompletny zestaw polityk i standardów, procedury ich wdrożenia i egzekwowania, opis ról i odpowiedzialności, wymagania kadrowe, podnoszenie świadomości użytkowników i szkolenia, opis wymaganych inwestycji w bezpieczeństwo informacji.

Zarządzanie tożsamością

Zarządzanie tożsamością oznacza ustalenie zakresu dostępu i możliwości pasywnego bądź aktywnego wpływania na obowiązujące standardy. W tym celu konieczne jest stworzenie kluczowej dokumentacji (może ona być zarówno w formie papierowej, jak też elektronicznej) oraz listy osób, które mają dostęp do tej informacji na zasadzie przeglądania jej i/lub dokonywania zmian. Dostęp do systemów powinien być możliwy wyłącznie dla uwierzytelnionych użytkowników. Polityka bezpieczeństwa informacji jest ściśle powiązana z zasadami podziału ról i obowiązków w ramach procesów biznesowych, co w praktyce oznacza, że właściciele procesów biznesowych muszą akceptować tworzenie nowych funkcji oraz ich zmianę. Także sam proces przyznawania uprawnień i mechanizmy uwierzytelnienia powinny być oparte na określonych procedurach.

Zarządzanie kontami użytkowników

Zarządzanie kontami użytkowników wymaga, podobnie jak inne czynności z zakresu zarządzania, wyraźnie określonych procedur oraz zasad ich weryfikacji, jak również kontroli uprawnień do systemów. Dość często zdarza się, zwłaszcza w dużych organizacjach, że zmiany organizacyjne, rozwiązanie umowy o pracę czy też zwolnienia nie znajdują odzwierciedlenia w weryfikacji uprawnień. W przypadku dobrze prowadzonej polityki bezpieczeństwa informacji, tego typu sytuacje są jednoznacznie opisane w ramach procedur i w momencie wystąpienia którejś z nich – następuje uruchomienie danej procedury. Sprowadza się ona najczęściej do realizacji określonej liczby działań w określonym porządku, co ma istotne znaczenie dla zachowania bezpieczeństwa.

Zdarza się także, że uprawnienia do korzystania z systemów otrzymują również osoby z zewnątrz, przykładowo: klienci w pewnym zakresie korzystają z udostępnionego im miejsca na serwerze usługodawcy czy też producenta (operatora logistycznego itp.). Za pomocą haseł mogą oni sprawdzić status swojej przesyłki albo stopień zaawansowania realizacji zamówienia. Ten sposób, wygodny dla klienta, stwarza jednak określone zagrożenia:

- może nastąpić nawet przypadkowa awaria systemu i klient będzie miał dostęp do całości informacji (w tym również utajnionych informacji firmy – producenta lub usługodawcy);
- włamanie do systemu firmy może spowodować nie tylko naruszenie danych firmy, ale również dostęp do danych firm, z którymi prowadzone są działania biznesowe.

W związku z powyższym również w tym obszarze należy zadbać o stworzenie właściwej ochrony danych, przy czym systemy, aplikacje i dane powinny być sklasyfikowane według kryterium ważności i ryzyka.

Testy bezpieczeństwa i monitorowanie

Ten obszar wymaga pełnej inwentaryzacji wszystkich urządzeń sieciowych oraz ich okresowej weryfikacji. Każde z tych urządzeń powinno mieć przypisany poziom ryzyka z punktu widzenia krytyczności systemów wykorzystywanych w firmie i systemów użytkowanych wspólnie przez kilka firm w ramach łańcucha/sieci dostaw. Na tej podstawie tworzone są standardy bezpieczeństwa dla wszystkich wykorzystywanych technologii. Pewnym problemem może być brak opisów aplikacji, co często występuje w firmach, gdzie działy IT są rozbudowane i nie ma wyraźnych procedur dotyczących zasad tworzenia aplikacji. Członkowie zespołów IT, często uzdolnieni informatycznie, tworzą aplikacje zgodnie z oczekiwaniem klienta biznesowego, prawie na poczekaniu, nie zajmując się faktycznym opisem aplikacji. W efekcie w momencie powstania zakłócenia w działaniu danej aplikacji nikt, oprócz autora, nie jest w stanie usunąć powyższego zakłócenia. Ten sposób działania znacznie utrudnia zarządzanie polityką bezpieczeństwa informacji.

Zdarza się również, że członkowie zespołów IT nie przywiązują wagi do wykonywania – przed ostatecznym uruchomieniem aplikacji – testów bezpieczeństwa, traktując je jako zbędną czynność, niepotrzebnie wydłużającą całą procedurę. W tym przypadku może dochodzić do konfliktu między szefem bezpieczeństwa a szefem IT. Aby zminimalizować tego typu sytuacje, konieczne jest budowanie świadomości bezpieczeństwa wśród wszystkich pracowników, w szczególności jednak wśród pracowników IT. Dodatkowe zagrożenie może powstać w sytuacji, gdy część działań IT będzie realizowana przez firmę zewnętrzną. Stąd też kluczowe dla utrzymania systemu bezpieczeństwa jest właściwe określenie systemów, które są najważniejsze z punktu widzenia podstawowej działalności biznesowej danej firmy, i ustanowienie dla nich szczególnej ochrony.

Konieczne jest również opracowanie systemów monitoringu urządzeń o krytycznym znaczeniu z punktu widzenia możliwości wystąpienia incydentów bezpieczeństwa. Jeśli organizacja zarządzana jest projektowo, warto pamiętać o wbudowaniu w metodykę projektową już w momencie ustalania podstawowych elementów projektu – również analizy bezpieczeństwa informacji. Sam proces zarządzania incydentami powinien obejmować [4]:

- wykrywanie zdarzeń,
- korelację zdarzeń i ocenę zagrożenia,
- wyeliminowanie zagrożenia lub eskalacji i uruchomienie innych procedur,
- ustalenie kryteriów uruchomienia procedur obsługi incydentu,
- weryfikację i wymagany poziom dokumentacji incydentu i jego rozwiązania,

- analizę po rozwiązaniu incydentu,
- procedury zamknięcia incydentu.

Ochrona technologii bezpieczeństwa

Właściwy system ochrony technologii stanowi ważny czynnik prewencji w przypadku polityki bezpieczeństwa informacji. W tym celu konieczne jest zbadanie, jak dalece procedury, opisane w polityce, uwzględniają konsekwencje naruszenia bezpieczeństwa informacji. Kolejnym krokiem jest analiza dokumentacji, na podstawie której jest przyznawany i akceptowany dostęp do systemów oraz dzienników systemowych pod kątem nieudanych prób dostępu, blokady kont, dostępu do wrażliwych zasobów oraz dostępu do pomieszczeń. Jednym z ważniejszych, często niedocenianych (zwłaszcza przez użytkowników) elementów jest wdrożenie i przestrzeganie polityki haseł (długość, kompozycja, ważność itp.). Sam dostęp do systemów powinien być przyznawany po odpowiedniej akceptacji, a weryfikacja mechanizmów bezpieczeństwa logicznego i fizycznego systemów i danych oraz uprawnień użytkowników powinna być dokonywana przynajmniej raz w roku. Warto również dokonywać analizy raportów bezpieczeństwa systemów pod kątem istniejących podatności i systematycznie wprowadzać nowe rozwiązania. Ta zasada działa podobnie jak aplikacje chroniące przed wirusami. W krótkim czasie (do miesiąca) definicje wirusów stają się przestarzałe i wymagają odświeżenia. Podobnie systemy zabezpieczeń, w kontekście bardzo szybko rozwijających się systemów IT, stają się mało skuteczne.

Zarządzanie kluczami kryptograficznymi

Klucze kryptograficzne są narzędziem pozwalającym zwiększać poziom bezpieczeństwa przechowywanych i wymienianych informacji poprzez zapewnienie szyfrowania i deszyfrowania informacji (w kryptografii symetrycznej). Do obu czynności używa się tego samego klucza, co oznacza, że powinien on być znany tylko uczestnikom wymiany informacji. Klucz przypisany jest do danej komunikacji. W przypadku kryptografii asymetrycznej występują dwa rodzaje kluczy: publiczny i prywatny. W pierwszym przypadku mamy do czynienia z jawną informacją, w drugim – jest w pełni utajniona. W celu lepszej ochrony konieczne jest zatem zdefiniowanie procesu zarządzania cyklem życia kluczy kryptograficznych. Klucze prywatne powinny podlegać odpowiedniej ochronie przed utratą poufności i integralności.

Ochrona, wykrywanie i usuwanie złośliwego oprogramowania

Tak jak wcześniej wspomniano, najbardziej skutecznym narzędziem zabezpieczenia informacji jest zwiększenie poziomu świadomości pracowników,

klientów oraz innych interesariuszy, którzy uczestniczą w łańcuchu/sieci dostaw. Jednym z częściej występujących zakłóceń jest tzw. złośliwe oprogramowanie, często samoinstalujące się na danym komputerze, przekazywane czy też podczepiane do plików, otrzymywanych nawet z wiarygodnych (sprawdzonych) adresów. W związku z powyższym konieczne jest opracowanie polityki ochrony przed złośliwym oprogramowaniem, udokumentowanie i zakomunikowanie jej wszystkim pracownikom firmy. Jednocześnie niezbędne jest wdrożenie systemów, które wykrywają złośliwe oprogramowanie i zabezpieczają przed jego instalacją. W efekcie prowadzi to do ograniczenia adresów internetowych, które mogą być wykorzystane w pracy. W niektórych firmach zablokowane są również możliwości przegrywania plików na zewnętrzne nośniki informacji oraz wgrywania plików do komputera. To w znaczący sposób zmniejsza zagrożenie związane z przeniesieniem wirusa, choć z drugiej strony ogranicza swobodny dostęp do zewnętrznych źródeł wiedzy. Oprogramowanie antywirusowe powinno być dystrybuowane i zarządzane centralnie, przy czym kluczowe jest określenie jego skuteczności operacyjnej. Na ogół funkcjonują już filtry w postaci *firewall*, które nie pozwalają przedostać się do środka systemu niepewnym informacjom, jednocześnie sam użytkownik może zdefiniować, które adresy czy też słowa użyte w temacie wiadomości powinny być automatycznie wysyłane do kosza.

Wymiana wrażliwych informacji

W dobie łączenia się za pomocą różnych protokołów transmisji z zewnętrznymi podmiotami i/lub udostępniania miejsca na własnym serwerze innym użytkownikom konieczne jest wykorzystanie specjalnych metod szyfrowania w celu ochrony danych. W praktyce zdarza się, że nawet audytorzy z wielkiej czwórki nie mają opracowanych zasad wykorzystania wrażliwych danych i w ramach audytu proszą o przekazywanie kopii w formie papierowej, którą następnie chcą wykorzystywać już w siedzibie własnego przedsiębiorstwa. Tego typu praktyki powodują powstawanie dodatkowego ryzyka po stronie audytowanego i narażenie klientów na utratę poufnych danych.

W kontekście coraz częściej pojawiających się zagrożeń w zakresie zarządzania bezpieczeństwem informacji, a także zagrożeń wynikających z podejmowania działań niezgodnych z prawem i obowiązującymi regułami/procedurami w organizacjach zaczęto wprowadzać, zgodnie z ustaleniami Komisji Europejskiej, politykę w zakresie zgodności (ang. *compliance*).

Podsumowanie

W warunkach globalizacji, powszechnej digitalizacji i swobodnego dostępu do informacji wzrastają zagrożenia związane z cyberatakami, przypadkową utratą wrażliwych informacji wszystkich uczestników sieci/łańcucha dostaw. W tym kontekście ochrona bezpieczeństwa informacji staje się coraz istotniejszą funkcją przedsiębiorstwa. Z kolei naruszenie zasad działania, brak monitoringu zagrożeń, uchybienia prawne i proceduralne, które były przyczyną spektakularnych upadków znaczących korporacji międzynarodowych, spowodowały, że zaczęto rozwijać politykę w zakresie przestrzegania i systematycznego audytowania procedur określaną jako *compliance*. Można się spodziewać, że w przyszłości funkcja bezpieczeństwa informacji zostanie włączona do szerokiej działalności działów operacyjnych realizujących politykę w zakresie *compliance*.

Literatura

[1] D. Brink, Beyond Demonstrating Compliance, The Reinvention of Internal Audit, Aberdeen Group, August 2009.
[2] Dziennik Ustaw z 1993 r. Nr 47, poz. 211.
[3] R. Kaczmarek, Przegląd procesu zarządzania bezpieczeństwem informacji w pigułce [w:] Computerworld z dn. 10.03.2009 r.
[4] S. Kosielinski, W kręgu pięciu żywiołów [w:] Computerworld z dn. 10.02.2009 r.
[5] M. Kowalewski, A. Ołtarzewska, Polityka bezpieczeństwa informacji instytucji na przykładzie Instytutu Łączności – Państwowego Instytutu Badawczego, Telekomunikacja i Techniki Informacyjne, nr 3.4/2007.
[6] Rządowy Program Ochrony Cyberprzestrzeni, marzec 2012 r.
[7] B. Zdanowicz, Compliance – nowa funkcja banków, www.nbp.pl