ISSN 1895-8443
Vol. 38 Issue 2
June 2015

CNBOP-PIB

BiTP Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza
Safety & Fire Technique

Wydawnictwo CNBOP-PIB

Vol. 38 Issue 2, 2015

BiTP

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza

Safety & Fire Technique

Kwartalnik CNBOP-PIB

CNBOP-PIB Quarterly

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

Publishing House of Scientific and Research Centre for Fire Protection
National Research Institute

Czytelnia.cnbop.pl

Józefów 2015

Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza
BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015
X rok wydawania

KOMITET REDAKCYJNY

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

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

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

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

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

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

Redaktor Działu Studium Przypadku – Analiza Zdarzeń Rzeczywistych
nadbryg. Janusz Skulich – Rządowe Centrum Bezpieczeństwa

Redaktor Działu Szkolenia i Propagowanie Wiedzy
st. bryg. dr inż. Grzegorz Stankiewicz – Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Poznaniu

Redaktor Działu Z Praktyki dla Praktyki
nadbryg. w st. spocz. Maciej Schroeder

Redaktor Działu Nauki Humanistyczne i Społeczne na Rzecz Bezpieczeństwa
prof. dr hab. Bernard Wiśniewski – SGSP, Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie

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

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

Sekretarz Redakcji, Redaktor Językowy – język polski
mgr Julia Pinkiewicz

Redaktor Językowy – język angielski
Jan Stanisław Łopata

Redaktor Językowy – język rosyjski
mgr inż. Julia Mazur

Redaktor Statystyczny
dr Tomasz Węsierski

Przygotowanie do wydania:
mgr Anna Golińska
Elżbieta Muszyńska

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

Wersja papierowa jest wersją pierwotną.

RADA NAUKOWA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 1895-8443

DOI: 10.12845

Projekt okładki:
Barbara Dominowska

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

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

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

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
9 pkt

IC Journals Master List
5,33 pkt

Na podstawie decyzji Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego (Komunikat z dnia 17 grudnia 2013 roku) za artykuły naukowe opublikowane na łamach czasopisma przyznawane jest 9 punktów do dorobku naukowego.

Safety & Fire Technique/Безопасность и Пожарная Техника
BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015
The Xth year of publishing/X год публикации журнала

EDITORIAL COMMITTEE/РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ ЖУРНАЛА

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

EDITORIAL ADVISORY BOARD/НАУЧНЫЙ СОВЕТ

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 1895-8443

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

Cover design/Проект обложки:
Barbara Dominowska/Барбара Доминовска

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

The quarterly journal *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza/Safety & Fire Technique* is addressed to fire protection managers, state and local government employees, researchers and tutors from universities and research institutes interested in the issues of fire protection, civil protection and crisis management. Articles in the quarterly go through a peer review process.
Журнал «Безопасность и Пожарная Техника» является журналом, который адресован к руководящим кадрам противопожарной охраны, работникам государственных и местных исполнительных органов власти, занимающихся проблематикой кризисного управления, работникам научно-педагогических университетов и исследовательских институтов, заинтересованных этой проблематикой. Журнал содержит только рецензированные статьи.
The Quarterly "Safety & Fire Technique" is published in free and open access, i.e., each user can read, copy, print, spread, cite and search open resources, including full texts of articles, respecting the copyright of its authors. A user can take advantage of articles published in the Quarterly in accordance with binding law on permitted use, indicating on the copy of the material information about the source and authors. Ежеквартальник BiTP „Безопасность и Пожарная Техника" публикуется в открытом и бесплатном доступе т.е. каждый пользователь вправе читать, копировать, печатать, распространять, цитировать и пересматривать открытые ресурсы, в том полные тексты статей с сохранением авторских прав их создателей. Пользователь использует помещенные в Ежеквартальнике статьи согласно действующим правилам допустимого использования, указывая на копии произведения информацию об источнике и авторе/авторах.

Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego
9 points/9 баллов

IC Journals Master List
5,33 points/5,33 балла

Under decision of the Minister of Science and Higher Education (The announcement of December 17, 2013) there are 9 points attributed to the author's academic achievements for publishing scientific articles in the Quarterly/На основе решения Министра Науки и Высшего Образования (Сообщение от 17 декабря 2013 года) за статьи, опубликованные в Ежеквартальнике авторы получают 9 баллов, прибавляемых к результатам их научной деятельности..

SPIS TREŚCI

BADANIA I ROZWÓJ

Skutki skażenia ubrania strażackiego podczas działań w sytuacjach nadzwyczajnych. Analiza wybranych parametrów 19
Eva Strakošová, Aleš Dudáček

Metoda oceny bezpieczeństwa i prognozy żywotności kratownicowych konstrukcji wsporczych linii elektroenergetycznej 29
Krzysztof Dutka, Józef Pelc

Antystatyzacja tworzyw sztucznych w celu uniknięcia zagrożenia wybuchem 45
Henryk Passia, Przemysław Kędzierski

Opracowanie i weryfikacja modelu cieplnego ubrania strażackiego chroniącego przed czynnikami termicznymi dla różnych rodzajów badań 53
Болибрух Б.В. / Bolibrukh B.V., M. Chmiel

Koszt fizjologiczny pracy strażaka w ubraniu specjalnym 63
Tomasz Węsierski, Przemysław Kowalczyk

Likwidacja skażeń powierzchni „wrażliwych" 73
Władysław Harmata, Stanisław Kłosowicz, Marek Witczak, Jacek Pirszel, Władysław Fediuk

Zintegrowana Platforma Symulacyjna Podmiotów Zarządzania Kryzysowego – spójne środowisko wirtualne 89
Grzegorz Gudzbeler, Mariusz Nepelski

CERTYFIKACJA, APROBATY I REKOMENDACJE

Znaczenie systemu dopuszczeń pojazdów pożarniczych w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa strażaków 97
Ewa Sobór, Marta Gołaszewska, Michał Chmiel, Michał Borusiński

TECHNIKA I TECHNOLOGIA

Współczesne zagrożenia teleinformatyczne w aspekcie działań służb ratowniczych 105
Joanna Stojer-Polańska, Artur Luzar

Redukcja wpływu zjawisk burzowych w obiektach sektora przemysłowo-rolnego poprzez udoskonalenie właściwości systemów ochrony odgromowej 113
Скрипко А.Н. / Skripko A.N., Мисун Л.В. / Misun L.V.

Określenie parametrów wytwornicy piany typu wyrzutnia o zwiększonej skuteczności gaśniczej 125
Грушовинчук А.В. / Grushovnichuk A.V., Ковалышин В.В. / Kovalyshyn V.V., Кырылив Я.Б. / Kyryliv Ya.B.

RATOWNICTWO I MEDYCYNA KATASTROF

Wiedza w zakresie resuscytacji krążeniowo-oddechowej u osób zatrudnionych w wybranych jednostkach współpracujących z systemem państwowego ratownictwa medycznego 133
Sławomir Pilip, Anita Wójcik, Grzegorz Michalak, Robert Gałązkowski

STUDIUM PRZYPADKU – ANALIZA ZDARZEŃ RZECZYWISTYCH

Analiza możliwości wykorzystania programu RizEx-2 w symulacji przebiegu zdarzenia awaryjnego na przykładzie wybuchu gazu w Port Hudson 143
Anna Dziechciarz, Piotr Lesiak, Damian Bąk

Wytyczne dla Autorów 161
Nagrody CNBOP-PIB 175
Najważniejsze wydarzenia 182

TABLE OF CONTENT
СОДЕРЖАНИЕ

RESEARCH AND DEVELOPMENT
ИССЛЕДОВАНИЯ И РАЗВИТИЕ

Effects of Firefighting Suit Contamination, within Selected Parameters, in Relation to Use during Emergency Interventions
Последствия загрязнения одежды пожарного, используемой во время чрезвычайных действий. Анализ выбранных параметров **19**
Eva Strakošová, Aleš Dudáček

Safety Evaluation Method and Lifespan Prediction for Overhead Power Line Truss Pylons
Метод оценки безопасности и прогнозирование долговечности конструкционной ферменной опоры линий электропередачи **29**
Krzysztof Dutka, Józef Pelc

Production of Anti-static Plastics to Avoid the Threat of Explosion
Антистатизация пластмассы с целью избежания угрозы взрыва **45**
Henryk Passia, Przemysław Kędzierski

Development and Verification of a Mathematical Model Dealing with Thermal Protective Garments for Different Types of Tests
Разработка и верификация расчетной модели теплового состояния теплозащитной одежды пожарного при различных видах испытаний **53**
Болибрух Б.В. / Bolibrukh B.V., M. Chmiel, Ph.D.

Physiological Impact on Firefighters Wearing Special Garments During Operations
Физиологическая нагрузка при работе пожарного в специальной одежде **63**
Tomasz Węsierski, Przemysław Kowalczyk

Decontamination of "Delicate" Surfaces
Ликвидация последствий заражений „чувствительных" поверхностей **73**
Władysław Harmata, Stanisław Kłosowicz, Marek Witczak, Jacek Pirszel, Władysław Fediuk

An Integrated Simulation Platform for Organisations Engaged with Crisis Management – a Coherent Virtual Environment
Интегрированная комплексная симуляционная система для субъектов управления ЧС – единая виртуальная среда **89**
Grzegorz Gudzbeler, Mariusz Nepelski

CERTIFICATION, APPROVALS AND RECOMMENDATIONS
СЕРТИФИКАЦИЯ, ОДОБРЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ

Importance of Firefighting Vehicles Admittance Process in the Context of Providing Safety for Firefighters
Значение системы допусков пожарных транспортных средств в контексте обеспечения безопасности пожарных **97**
Ewa Sobór, Marta Gołaszewska, Michał Chmiel, Michał Borusiński

TECHNIQUE AND TECHNOLOGY
ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ

Contemporary Threats to Information Technology (IT) Security in Context of Fire and Rescue Services Activities
Современные информационно-коммуникационные угрозы в контексте действий спасательных служб **105**
Joanna Stojer-Polańska, Artur Luzar

Reduction of Storm Consequences on the Agricultural Sector by Improvement to Features of the Protection System Against Lightning Strikes
Снижение влияния грозовых проявлений на объектах агропромышленного комплекса путем совершенствования характеристик их молниезащиты **113**
Скрипко А.Н. / Skripko A.N., Мисун Л.В. / Misun L.V.

Identification of Parameters for a Foam Generator with Improved Extinguishing Effectiveness
Обоснование параметров генераторов пены эжекционного типа повышенной огнетушащей эффективности **125**
Грушовинчук А.В. / Grushovnichuk A.V., Ковалышин В.В. / Kovalyshyn V.V., Кырылив Я.Б. / Kyryliv Ya.B.

RESCUE AND DISASTER MEDICINE
СЛУЖБА СПАСЕНИЯ И МЕДИЦИНА КАТАСТРОФ

Knowledge of Cardiopulmonary Resuscitation Among People Employed in Selected Units Cooperating with the National Emergency Medical Services
Знания в области сердечно-лёгочной реанимации персонала, работающего в выбранных подразделениях, сотрудничающих с системой государственной неотложной медицинской помощи **133**
Sławomir Pilip, Anita Wójcik, Grzegorz Michalak, Robert Gałązkowski

CASE STUDY – ANALYSIS OF ACTUAL EVENTS
ТЕМАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ – АНАЛИЗ РЕАЛЬНЫХ СОБЫТИЙ

An Analysis of the Potential for Using RizEx-2 Software to Simulate Emergency Events such as the Gas Explosion in Port Hudson
Анализ возможностей использования программы RizEx-2 для симуляции хода аварии на примере взрыва газа в Порт-Хадсон **143**
Anna Dziechciarz, Piotr Lesiak, Damian Bąk

Guide for authors / Правила для авторов **161**
CNBOP-PIB Achievements / Достижения CNBOP-PIB **175**
Major events / Самые важные события **182**

CNBOP-PIB, czerwiec 2015

Szanowni Czytelnicy,

Oddajemy w Państwa ręce kolejny numer czasopisma „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza".

W tym wydaniu przygotowaliśmy dla naszych czytelników zbiór 13 artykułów. Wśród nich na szczególną uwagę zasługuje artykuł dr. inż. Krzysztofa Dutki oraz dr. hab. inż. Józefa Pelca, profesora Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, pt. *Metoda oceny bezpieczeństwa i prognozy żywotności kratownicowych konstrukcji wsporczych linii elektroenergetycznej.* W swojej pracy autorzy przestawili metodę oceny aktualnego bezpieczeństwa eksploatowanych przez kilkadziesiąt lat kratownicowych słupów linii elektroenergetycznych i szacowania dalszego okresu bezpiecznej pracy tych konstrukcji. Cel pracy i uzyskane wyniki są niezwykle ważne, gdyż przerwy w dostawie energii elektrycznej mogą w niektórych przypadkach doprowadzić do poważnych sytuacji kryzysowych.

Wśród artykułów zagranicznych wyróżniona została praca autorów z Lwowskiego Uniwersytetu Bezpieczeństwa Życia pt. *Określenie parametrów wytwornicy piany typu wyrzutnia o zwiększonej skuteczności gaśniczej* (*Обоснование параметров генераторов пены эжекционного типа повышенной огнетушащей эффективности*). Artykuł porusza bardzo ważny temat jakości i zasięgu rzutu piany gaśniczej – czyli czynników, które w sposób bezpośredni wpływają na skuteczność prowadzonych akcji ratowniczo-gaśniczych. Serdecznie zapraszamy do lektury tego materiału.

Zapraszamy również do zapoznania się z artykułem pt. *Znaczenie systemu dopuszczeń pojazdów pożarniczych w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa strażaków*, w którym przedstawiono system dopuszczeń do użytkowania na przykładzie pojazdów pożarniczych. System dopuszczeń pozwala weryfikować, czy badane wyroby są bezpieczne i czy mogą zostać wprowadzone na rynek. W artykule opisano założenia funkcjonowania systemu, w ramach którego prowadzone są badania wyrobów służących ochronie życia i zdrowia.

Bieżący numer jest dla redakcji szczególnie ważny, ponieważ do grona Komitetu Redakcyjnego dołączyli nowi redaktorzy, a z częścią obecnych przyszło nam się pożegnać. Współpracę z kwartalnikiem zakończyli dr Stefan Wilczkowski, redaktor działu Technika i Technologia oraz prof. Ewa Rudnik, przewodnicząca Rady Naukowej i redaktor działu Badania i Rozwój. Pragniemy podziękować im serdecznie za owocną współpracę, wsparcie merytoryczne i nieoceniony wkład w rozwój czasopisma.

Do Komitetu dołączyła dr inż. Joanna Rakowska, zastępca kierownika Zespołu Laboratoriów Badań Chemicznych i Pożarowych CNBOP-PIB w roli redaktora działu Badania i Rozwój. Zaś funkcję redaktora działu Technika i Technologia objął dr Tomasz Węsierski.

Pragniemy również poinformować o utworzeniu nowego działu – Ratownictwo i Medycyna Katastrof. Redaktorem nowego działu została dr Magdalena Witt. Nowa redaktor reprezentuje Zakład Ratownictwa i Medycyny Katastrof Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu, jest lekarzem oraz członkiem Polskiego Towarzystwa Medycyny Stanów Nagłych i Katastrof oraz Europejskiego i Polskiego Towarzystwa Medycyny Ratunkowej. Magdalena Witt w latach 1999–2010 pełniła funkcję Wojewódzkiego Koordynatora Ratownictwa Medycznego Państwowej Straży Pożarnej w Poznaniu oraz była egzaminatorem kwalifikowanej pierwszej pomocy. W roku 2009 została nagrodzona Brązowym Medalem za Zasługi dla Pożarnictwa.

Tradycyjnie zapraszamy Państwa do uczestnictwa w wydarzeniach, nad którymi patronat objął kwartalnik. Tym razem jest to konferencja pt. *RISKO – zintegrowany system budowy planów zarządzania kryzysowego w oparciu o nowoczesne technologie informatyczne*. Wydarzenie odbędzie się 18 listopada 2015 w CNBOP-PIB w Józefowie. Szczegółowe informacje odnośnie konferencji i zgłoszeń uczestnictwa znajdują się na stronie internetowej Instytutu www.cnbop.pl.

Uwieńczeniem dotychczasowego zaangażowania zespołu redakcyjnego w to, aby każde wydanie czasopisma prezentowało artykuły najwyższej jakości, jest złoty medal zdobyty przez czasopismo na Europejskich Targach Kreatywności i Wynalazczości EuroInvent 2015.

Zapraszamy serdecznie do zapoznania się ze wszystkimi artykułami opublikowanymi w tym numerze kwartalnika. Mamy nadzieję, że wszystkie prace będą dla Państwa interesujące. Zapraszamy również do nadsyłania artykułów do kolejnych numerów, tym razem, zwracając się szczególnie do wykładowców i studentów uczelni medycznych.

Życzymy przyjemnej lektury.

Komitet Redakcyjny

CNBOP-PIB, June 2015

Dear Readers,

We present you the next issue of "Safety & Fire Technique" Journal.

This issue includes a collection of 13 articles. Among them, your attention is invited to an article written by Krzysztof Dutka and Józef Pelc, entitled *Safety evaluation method and lifespan prediction for overhead power line truss pylons*. The authors introduce a method to evaluate the current safety of overhead power line truss pylons, which have been in use for decades and predict remaining lifespan for the continuous safe use of such structures. Both the aim of this research and its results are extremely important, since electricity outages, in some cases, may lead to serious emergency situations.

Among foreign articles, the paper entitled *Identification of parameters for a foam generator with improved extinguishing effectiveness* is recommended by the Editorial Committee as of particular interest. The article was written by the authors from Lviv State University of Life Safety. It tackles very important issues concerned with quality and range in the distribution of extinguishing foam i.e. the factors which determine the effectiveness of firefighting and rescue work. We sincerely invite you to read this paper.

We also wish you to look at the article entitled *Importance of firefighting vehicles admittance process in the context of providing safety for firefighters*. The article presents an equipment commissioning process, using the acquisition of firefighting vehicles as an illustrative example. The admittance system allows for testing and verification of safety, of equipment introduced to the market. The paper illustrates assumptions incorporated into the system devised to test products intended to protect people's health and life.

The current issue is of particular importance to us, because the ranks of the Editorial Committee were swollen by new members and, at the same time, we bid farewell to some of established members. We express our appreciation to Stefan Wilczkowski (the Technique and Technology section editor) and Ewa Rudnik (the Chairman of Editorial Advisory Board, the Research & Development section editor) for the fruitful cooperation, support and priceless contribution to the development of the Quarterly.

The Committee was joined by Joanna Rakowska, deputy manager of the of CNBOP-PIB Laboratory for Fire and Chemical Testing, who is now the editor for R&D section. The Technique and Technology Section is now led by Tomasz Węsierski.

We wish to announce that, for the first time, this issue of our Quarterly features a new section entitled Rescue and Disaster Medicine. The new editor for this section – Magdalena Witt – represents the Department of Rescue and Disaster Medicine at the Medical University in Poznań. She is a doctor of medicine, member of the Polish Society of Emergency and Disaster Medicine and the European and Polish Society of Emergency Rescue Medicine. In 1999–2010 Magdalena Witt was a Coordinator of the National Fire Service Medical Rescue in Poznań and professional first aid examiner. In 2009 she was granted a bronze medal for her contribution to the Fire Service.

Traditionally, we invite readers to participate in events held under the auspices of our Journal. On this occasion we recommend a conference entitled *RISKO – Integrated System of Creating Emergency Management Plans Based on Modern Information Technologies*. The conference will take place on 18 November 2015 at CNBOP-PIB in Józefów. Specific information about the event and application form is available on the Institute's website: www.cnnop.pl.

The work and efforts of the editorial group, to publish highest quality papers, was acknowledged at the European Fear of Creativity and Invention EuroInvent 2015, where the Quarterly was granted a gold medal.

We sincerely invite you to read all articles published in this issue of the Quarterly and anticipate that all papers will be of interest to you. We invite you to submit articles for future publications of the Quarterly and in particular, will welcome contributions from lecturers and students, from medical universities.

We wish you pleasant reading.

Editorial Committee

CNBOP-PIB, июнь 2015

Уважаемые Читатели,

Предлагаем Вашему вниманию следующий номер журнала „Безопасность и Пожарная Техника".

В этом номере мы подготовили для наших читателей 13 статей. Среди них особенного внимания заслуживает статья кандидата наук Кшиштофа Дутки и д-ра Юзефа Пэльца, профессора Варминьско-Мазурского Университета в г. Ольштын, под названием *Метод оценки безопасности и прогнозирование долговечности конструкционной ферменной опоры линий электропередачи*. В своей работе авторы представили метод оценки актуальной безопасности эксплуатированных на протяжении нескольких десятков лет ферменных столбов линий электропередачи и оценки дальнейшего периода безопасной эксплуатации этих сооружений. Цель статьи и полученные результаты очень важны, так как перерывы в доставке электрического питания могут, в некоторых случаях, привести к серьёзным кризисным ситуациям.

Среди зарубежных статей выделена работа авторов из Львовского Университета Безопасности Жизнедеятельности под названием *Обоснование параметров генераторов пены эжекционного типа повышенной огнетушащей эффективности*. Статья затрагивает очень важную тему качества и дальности полета гасящей пены – факторов, которые непосредственно влияют на эффективность проводимых спасательно-гасящих действий. Мы приглашаем Вас прочитать этот материал.

Предлагаем Вам также ознакомиться со статьей под названием *Значение системы допусков пожарных транспортных средств в контексте обеспечения безопасности пожарных*, в которой была представлена система допусков на примере пожарных транспортных средств. Система допусков позволяет проверять безопасны ли исследуемые изделия и могут ли они поступить на рынок. В статье были описаны предположения по функционированию системы, в рамках которой ведутся исследования изделий, предназначенных для защиты жизни и здоровья.

Текущий номер для редакции особенно важный, так как к Редакционному Совету присоединились новые редакторы, а с некоторыми нам приходится прощаться. Своё сотрудничество с журналом закончили кандидат наук Стефан Вильчковский, редактор главы Техника и Технология и профессор Эва Рудник, Председатель Научно-Редакционного Совета, редактор главы Исследования и Развитие. Мы хотим поблагодарить их от всего сердца за сотрудничество, профессиональную поддержку и бесценный вклад в развитие журнала.

К Комитету присоединилась кандидат наук Иоанна Раковская, заместитель заведующего Отдела-Лаборатории Химических и Пожарных Исследований в роли редактора главы Исследования и Развитие. Должность редактора главы Техника и Технология занял кандидат наук Томаш Веньсерский.

Хотим также проинформировать Вас о создании новой главы – Служба Спасения и Медицина Катастроф. Её редактором стала д-р мед. наук Магдалена Витт. Новый редактор работает в Отделе Спасения и Медицины Катастроф в Медицинском университете в г. Познань, есть врачом и членом Польской Ассоциации Медицины Внезапных Состояний и Катастроф и Польской Ассоциации Неотложной Медицинской Помощи. Магдалена Витт в 1999–2010 гг. исполняла должность Областного Координатора Службы Спасения Государственной Противопожарной Службы в г. Познань, а также была экзаменатором профессиональной неотложной медицинской помощи. В 2009 г. была награждена бронзовой медалью за заслуги для пожарной охраны.

Традиционно приглашаем Вас участвовать в мероприятиях, над которыми установлен патронаж нашего журнала. В этот раз приглашаем на конференцию под названием „RISKO – интегрированная система создания планов кризисного управления на основе современных информационных технологий". Мероприятие состоится 18 ноября в CNBOP-PIB в г. Юзефув.

Подробная информация на тему конференции и заявок на принятие участия в ней будет доступна на нашем интернет-сайте www.cnbop.pl.

Наградой за проводимую до сих пор надлежащую работу редакционной группы, направленной на подбор лучших и качественных статей, является золотая медаль получена журналом во время Европейской Ярмарки Креативности и Изобретательности EuroInvent 2015.

Предлагаем Вам ознакомиться со всеми статями, опубликованными в этом номере ежеквартального журнала. Надеемся, что данные работы будут для вас интересны. Предлагаем также присылать статьи к публикации в следующих номерах, обращая особое внимание преподавателей и студентов медицинских вузов.

Желаем приятного чтения.

Редакционный Совет

TECHNICAL-STINTIFICAL,
ARTISTIC AND LITERARY
BOOK SALON

DIPLOMA

EURO INVENT
EUROPEAN EXHIBITION OF CREATIVITY AND INNOVATION
EXPOZIȚIA EUROPEANĂ A CREATIVITĂȚII ȘI INOVĂRII

Safety & Fire Technique

(Editor in Chief: Dariusz WROBLEWSKI)

GOLD MEDAL

President of Jury
Prof. Constantin LUCA

President of Exhibition
Prof. Ion SANDU

EUROINVENT
2015

May 15, 2015

płk dr Sławomir Kleszcz
Szef Zarządu Obrony Przed Bronią Masowego Rażenia
DOWÓDZTWO GENERALNE RSZ

Szanowni Czytelnicy,

Burzliwy rozwój cywilizacyjny ludzkości na progu XXI wieku jest łatwo dostrzegalnym faktem nieomal w każdej dziedzinie aktywności człowieka. Każdy, kolejny rok przynosi wprost geometryczny wzrost ilości zmian wpływających tak na jednostki jak i całe społeczeństwa. W tym bogactwie doznań płynących z uwarunkowań współczesnego świata człowiek poszukuje takich wartości, które zapewnią mu bezpieczeństwo stanowiące podstawę bytu i optymalnego rozwoju. Sama istota bezpieczeństwa okazuje się podstawową potrzebą człowieka i jak często się to podkreśla „tak było poprzednio i jest teraz, a zapewne będzie w przyszłości".

Kwartalnik naukowy „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" jest doskonałym forum do poruszania wielowątkowej analizy szeroko pojętego bezpieczeństwa, które jest ujmowane nie tylko w kontekście fenomenologicznym, ale jako praktyczne zastosowanie wielu koncepcji i doświadczeń ludzi, którzy poświęcają swoje zdolności zarówno do tworzenia oceny oraz skali prognozowanych zagrożeń cywilizacyjnych, jak i wskazywania propozycji skutecznych metod zapobiegawczych.

Myśl przewodnia dyskusji zamieszczanych na łamach kwartalnika łączy się nierozerwalnie z ochroną przeciwpożarową, jednakże jak wynika z dotychczasowych publikacji jest ona powiązana z innymi, towarzyszącymi jej aspektami bezpieczeństwa, do których należy m.in. ochrona ludności przed skażeniami, które permanentnie towarzyszą działalności człowieka tej zamierzonej, ale i często przypadkowej. Problematyka przeciwdziałania zagrożeniom skażeniami wytycza wprost płaszczyznę zainteresowania sił zbrojnych, dla których swoboda manewru wojskami w sytuacji skażeń staje się kluczowym czynnikiem skuteczności działania. Konieczność zachowania potencjału bojowego wojsk w obliczu skażeń stanowi podstawę rozwoju wojskowej techniki obrony przed bronią masowego rażenia. Rozwój ochrony przed skażeniami wojsk staje się cennym źródłem doświadczeń, także dla cywilnych służb, które są odpowiedzialne w państwie za bezpieczeństwo chemiczne, radiacyjne oraz sanitarne. Kwartalnik „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" stanowi w tej sytuacji doskonały łącznik pomiędzy wieloma podmiotami dążącymi do upowszechniania i zdobywania informacji o technikach ochrony przed skażeniami życia i zdrowia ludzkiego.

Kwartalnik można i należy zatem postrzegać w kategorii efektywnego narzędzia do przekazywania i zdobywania wiedzy służącej wielu podmiotom zainteresowanym dziedziną bezpieczeństwa. Jego rola wśród periodyków naukowych jest wiodącą i wprost bezcenną w procesie komunikacji wśród szerokiej rzeszy odbiorców i aktywnych kreatorów tego nurtu informacji.

Dostrzegając wiele wartości, jakie cechują to wydawnictwo w sprawach bezpieczeństwa, z pełnym przekonaniem polecam je szerokiemu gronu Czytelników poszukujących wiedzy z obszaru zwalczania współczesnych zagrożeń cywilizacyjnych, a w tym skażeń.

płk dr Sławomir Kleszcz

Szef Zarządu
Obrony Przed Bronią Masowego Rażenia
DOWÓDZTWO GENERALNE RSZ

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB
Please cite as: BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 19–27

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.1

Eva Strakošová, Eng.[1]
prof. **Aleš Dudáček**, Ph.D.[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 22.04.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 19.02.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2015;

Effects of Firefighting Suit Contamination, within Selected Parameters, in Relation to Use during Emergency Interventions[2]

Skutki skażenia ubrania strażackiego podczas działań w sytuacjach nadzwyczajnych. Analiza wybranych parametrów

Последствия загрязнения одежды пожарного, используемой во время чрезвычайных действий. Анализ выбранных параметров

A B S T R A C T

Aim: The purpose of this article is to determine the protection parameters of the upper layer of a firefighting suit, by taking account of potential contamination of clothing and increased oxygen concentration in the local environment. The article is concerned with the determination of an oxygen index, with the support of laboratory test data, which identifies the burning behaviour and effectiveness of flame resistant clothing.
Introduction: A firefighting suit is designed to maximise the protection of firefighters engaged in emergency operations. For this reason materials used in the manufacture of protection clothing are being continuously improved. Current testing methods are used to determine protection parameters for clothing used in routine firefighting, rescue work and emergency interventions. However, these testing methods do not take account of issues associated with potential contamination of clothing re-used after prior interventions or used in exceptional circumstances. In the case of latter, an illustrative incident may include a situation where the immediate environment is exposed to an increased concentration of oxygen, caused by the leakage of liquefied oxygen. In such circumstances, more attention is necessary to the protection of operational firefighters, who usually wear standard firefighting suits. This article describes the results of laboratory tests that allow a better understanding of the risks.
Methodology: The current article deals with experiments conducted on specific materials used in the manufacture of firefighting suits, in accordance with established testing standards used for evaluation protective clothing, which are exposed to a source of radiant heat, using established methods for determining the transmission of heat after exposure to flames. Laboratory measurements were made with the aid of instruments used for the determination of an oxygen index at an ambient temperature according to the standard ČSN ISO 4589-2, and further at higher temperatures according to the standard ČSN ISO 4589-3. The Oxygen Index is, perhaps, the most economical and precise quality control test of combustible materials. This test is determined by the minimum percentage of oxygen in the test atmosphere that is required to marginally support combustion.
Conclusions: Experiment results reveal that after contamination of firefighting suits with oil or lubricating grease, the upper layer of the suit can burn if a flame is applied to the contaminated area. At the next stage it will be appropriate to focus on the behaviour of firefighting suits at higher temperatures. At increased temperatures, the value of oxygen concentration necessary for ignition is very low. Thermal analysis experiments were conducted with increased oxygen concentrations It was revealed that in an environment with increased oxygen concentration, even a clean firefighting suit is not a safety guarantee.

Keywords: firefighting suit, oxygen index, suit contamination
Type of article: original scientific article

A B S T R A K T

Cel: Celem artykułu jest określenie parametrów ochronnych warstwy zewnętrznej ubrania strażackiego przy uwzględnieniu potencjalnego skażenia ubrania oraz zwiększonego stężenia tlenu w atmosferze otoczenia. Przy wykorzystaniu wyników badań laboratoryjnych

[1] Technical University of Ostrava, Czech Republic; eva.strakosova.st@vsb.cz;
[2] The authors contributed equally to this article;

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.1

w artykule podjęto próbę określenia indeksu tlenowego, na podstawie którego można scharakteryzować palność oraz skuteczność ubrań ognioodpornych.
Wstęp: Ubranie strażackie jest zaprojektowane tak, aby jak najskuteczniej chronić strażaków prowadzących działania w sytuacjach nadzwyczajnych. Dlatego materiały stosowane w produkcji ubrań ochronnych są stale doskonalone. Stosowane obecnie metody badawcze służą do określania parametrów ochronnych ubrań używanych w rutynowych działaniach gaśniczych, akcjach ratowniczych oraz sytuacjach nadzwyczajnych. Jednak metody te nie uwzględniają problemu potencjalnego skażenia ubrania użytego ponownie po wcześniejszej interwencji lub stosowanego w nietypowych warunkach. W tym ostatnim przypadku przykładowym zdarzeniem może być sytuacja, w której bezpośrednie otoczenie terenu działań strażackich jest narażone na zwiększone stężenie tlenu spowodowane wyciekiem płynnego tlenu. W takich okolicznościach większą uwagę należy zwrócić na zabezpieczenie strażaków biorących udział w akcjach, którzy zazwyczaj noszą standardowe ubrania strażackie. Artykuł opisuje wyniki badań laboratoryjnych, które pozwalają na lepsze zrozumienie związanych z tym problemem niebezpieczeństw.
Metodologia: Niniejszy artykuł przedstawia badania przeprowadzone na konkretnych materiałach używanych w produkcji ubrań strażackich, zgodnie z przyjętymi standardami badawczymi stosowanymi przy ocenie ubrań ochronnych, narażonych na źródło promieniowania cieplnego, przy użyciu przyjętych metod dla oceny przepływu ciepła pod wpływem działania ognia. Pomiary laboratoryjne wykonano z zastosowaniem narzędzi używanych do określenia indeksu tlenowego przy standardowej temperaturze otoczenia zgodnie ze standardem ČSN ISO 4589-2 oraz przy wyższych temperaturach zgodnie ze standardem ČSN ISO 4589-3. Indeks tlenowy jest prawdopodobnie najbardziej ekonomiczną i dokładną metodą oceny materiałów palnych. Technika zakłada pomiar minimalnej zawartości procentowej tlenu w badanej atmosferze, która może wpłynąć na zainicjowanie procesu spalania.
Wnioski: Badania wykazały, że warstwa zewnętrzna ubrania skażonego substancjami oleistymi i ropopochodnymi może się zapalić, jeśli płomień dotknie zanieczyszczonej powierzchni. Przy zwiększonej temperaturze wartość stężenia tlenu potrzebnego do zapłonu jest bardzo niska. W kolejnym kroku należy skupić się na zachowaniu ubrania strażackiego przy wyższych temperaturach. Eksperymenty wykorzystujące analizę termiczną przeprowadzono przy zwiększonej zawartości tlenu. Ich wyniki pokazały, że w środowisku ze zwiększonym stężeniem tlenu nawet czyste ubranie strażackie nie jest gwarantem bezpieczeństwa.

Słowa kluczowe: ubranie strażackie, indeks tlenowy, skażenie ubrania strażackiego
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

АННОТАЦИЯ

Цель: Цель статьи – определить защитные параметры внешнего слоя одежды пожарного с учётом возможного её загрязнения и повышенной концентрации кислорода в окружающей среде. Используя результаты лабораторных исследований, в статье была сделана попытка определения кислородного индекса, на основе которого можно охарактеризовать воспламеняемость и эффективность огнестойкости одежды.
Введение: Одежду пожарного проектируют для наиболее эффективной защиты пожарного, осуществляемого деятельность во время чрезвычайных ситуаций. Поэтому, материалы, используемые в производстве защитной одежды, всё время совершенствуются. Новейшие исследовательские методы позволяют определять защитные параметры одежды, используемой в повседневной деятельности пожарных, при спасательных работах и чрезвычайных ситуациях. Однако, эти методы не учитывают возможного загрязнения одежды после ранее проведенной интервенции или вследствие нетипичных условий. Так примером последнего может быть ситуация, когда в воздухе вокруг действий пожарных повышена концентрация кислорода вследствие его утечки в жидкой форме. В таких условиях большое внимание следует обратить на защиту пожарных, учавствующих в действиях, которые, чаще всего, одеты в стандартную одежду. Статья описывает результаты лабораторных исследований, которые позволяют лучше понять проблемы, связанные с этими опасностями.
Методология: Данная статья представляет эксперименты, проведенные на конкретных материалах, которые используются в производстве пожарной одежды, согласно принятым стандартам исследований, принимаемым при оценке защитной одежды, которая подвержена воздействию источника теплового излучения, используя общепринятые методы для оценки теплового потока под воздействием огня. Лабораторные исследования были проведены с использованием инструментов, принимаемых для определения кислородного индекса при стандартной температуре среды согласно стандарту ČSN ISO 4589-2, и при высших температурах согласно стандарту ČSN ISO 4589-3. Кислородный индекс является, вероятнее всего, самым экономическим и точным методом оценки горючих материалов. Техника включает в себя измерение минимального процентного содержания кислорода в исследуемой атмосфере, которое может повлиять на инициацию процесса горения.
Выводы: Исследования показали, что внешний слой пожарной одежды, загрязненной масляными и нефтепроизводными веществами, может воспламениться, если пламя коснется загрязненной поверхности. При повышенной температуре, значение концентрации кислородабнужного для воспламенения есть очень низкое. Далее следует уделить внимание поведению одежды пожарного при высших температурах. Эксперименты, использующие тепловой анализ, были проведены при повышенной концентрации кислорода. Их результаты показали, что в среде с повышенной концентрацией кислорода, даже чистая одежда пожарного не гарантирует безопасности.

Ключевые слова: одежда пожарного, кислородный индекс, загрязнение одежды пожарного
Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Introduction

The personal experience of each firefighter during an operational incident has a significant impact on the progress of the intervention. In order to avoid physical injury, an operational firefighter should be adequately protected by a suitable firefighting suit. Protective clothing must fulfil strict safety requirements and protect the firefighter in a range of situations.

This article is a part of experimental research into the behaviour of fabrics and series of material layers used in the manufacture of firefighting suits. It addresses the problem of consequences associated with potential contamination of clothing from prior operations and issues emerging during incidents where increased oxygen concentration occurs as a result of liquefied oxygen leakage into the surrounding atmosphere. In circumstances where the O_2 concentration has increased, a fire risk is higher than that at standard O_2 concentration. Therefore, firefighters normally equipped with standard firefighting suits should be afforded corresponding protection when operating in a more intense hazardous environment. Illustrations of such environments include: a tragic fire at a retirement home caused by a defect in an oxygen concentrator [7], accidents involving leakage of liquefied oxygen in hospitals [8] accidents during space travel – most notably Apollo 1 [9].

The aim of this article is to determine fire resistance parameters of the upper layer of a firefighting suit, supported by results derived from laboratory experiments, with a focus on the degree of suit contamination and oxygen concentration in the local environment. The outcome provides data about burning behaviour and effectiveness of flame-resistant clothing and the determination of an oxygen index.

2. Experiment

2.1. Preparation

Experiments were performed in the laboratories at the Faculty of Safety Engineering of VŠB – Technical University of Ostrava. Three types of firefighting suits were selected for examination (see Table. 1), namely suits TigerPlus and Premium 20 from the company DEVA F-M, s.r.o., Frýdek – Místek [1] and suits GoodPRO FR3 FireHorse from the company VOCHOC, s.r.o., Pilsner [2]. Only the upper layers of firefighting suits were exposed to the tests. The choice of samples was influenced by two factors [6]. The first is that these suits are most widely used in the Fire and Rescue Service of the Czech Republic [3] and secondly that they were also used in a series of tests conducted in a flashover container at Zbiroh in June 2012 and October 2013.

Table 1. Material composition of the upper layer of firefighting suits

Material composition of upper layer	Suit type	Grammage ($g.m^{-2}$)	Company
NOMEX DIAMOND Ultra – SOFIGUARD	TIGER Plus	210	DEVA F-M, s. r. o.
53% KERMEL, 39% Lenzing FR, 6% Technora, 2% carbon fibre, RipStop weave	GoodPRO FR3 FireHorse	230	VOCHOC, s. r. o.
DIAMOND FORCE – SOFIGUARD	Premium 20	245	DEVA F-M, s. r. o.

Source: Own elaboration.

External conditions were always recorded before the experiment. Laboratory temperature was kept at (23 ± 2)°C and air humidity moved within the range of (32.2 – 67.2)%. For oxygen index determination, samples sizes of 140 x 52 mm were cut and coated with a layer of grease before the experiment. Contamination sources which could be encountered by firefighters during incidents were identified. In our experiments these were oil and lubricating grease. Samples were contaminated with standard year-round motor oil and lubricating grease A4 (plastic grease for gudgeon and antifriction bearing lubrication). Oil was mixed with hexane and sprayed on to the material. After a period of time hexane evaporated. The samples were covered with filter paper and dried at 60°C in a horizontal position to a constant mass. The application of lubricating grease was tested in two ways, namely by mixing it with hexane and using brushes and spatulas (without the use of a solvent). The latter method appeared to be better, by providing a more even layer of grease. Average amounts of applied grease are given in Table. 1. For comparison, two quantities of lubricating grease A4 were used; the larger quantity is designated as A4 – higher grammage. The samples were prepared and kept in the laboratory at standard conditions and were always weighted before testing. Samples were prepared twice with an endeavour to achieve the same degree of coverage in both instances. Table 2 indicates better grease coverage.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.1

Table 2. Mass samples with grease

Applied grease	NOMEX DIAMOND Ultra				KERMEL/LENZING FR/TECHNORA			
	clean sample (g)	applied grease (g)	applied grease (%)	applied grease (g/m²)	clean sample (g)	applied grease (g)	applied grease (%)	applied grease (g/m²)
Oil	1.513	0.509	25.173	69.959	1.716	0.565	24.770	77.610
A4		0.580	27.711	79.670		0.648	27.411	89.011
Oil	1.513	0.404	21.075	55.426	1.716	0.568	24.869	78.022
A4		0.594	28.192	81.613		0.592	25.650	81.319
A4 – higher grammage		0.900	37.298	123.626		0.900	34.404	123.626

Source: Own elaboration.

2.2. Measurement Procedure

The Oxygen Index is, perhaps, the most economical and precise quality control test of combustible materials. This test is determined by the minimum percentage of oxygen in the test atmosphere that is required to marginally support combustion.

Laboratory measurements were performed with the aid of instruments (see Fig. 1) to determine an oxygen index at an ambient temperature in accordance with the standard ČSN ISO 4589-2 [4], where the oxygen index (OI) corresponds numerically to the minimum oxygen concentration by volume percent in an oxygen-nitrogen mixture at a temperature of (23 ± 2)°C. Such conditions allow for burning of materials under prescribed testing conditions.

Further measurements were performed at higher temperatures in accordance with the standard ČSN ISO 4589-3 [5], where the oxygen index (henceforth referred to as OI) corresponds numerically to the minimum oxygen concentration by volume percent in an oxygen-nitrogen mixture at a temperature higher than 25°C, at which the material still burns under prescribed testing conditions. The test sample was held in a steel holder and inserted into a test tube. Furthermore, the required concentration of oxygen in the nitrogen mixture was set and the flow rate of the gas mixture was adjusted. In elevated-temperature tests, the test sample was pre-heated in a testing column for (240 ± 10) s to achieve the test temperature in given tolerances before ignition. The samples were ignited by the method B – ignition supporting vertical burning and the burner flame was kept for a maximum of 30 s.

Fig. 1a. Apparatus for the determination of oxygen index at standard temperature
Source: Own elaboration.

Fig. 1b. Apparatus for the determination of oxygen index at elevated temperature
Source: Own elaboration.

If the duration of burning or its extent did not exceed the prescribed values, the duration and extent were recorded with a designated response "O". However, if the duration of burning or its extent exceeded the relevant limiting value, the result was recorded with a designated response "X" [5], see Table 3.

The oxygen index was calculated according to a relation: $OI = c_f + k \cdot d$,

where c_f is the final value of oxygen concentration used in a series of measurements N_T
d – interval between oxygen concentrations
k – constant obtained from ČSN ISO 4589-2 [4]
N_T, N_L – series of measurements according to ČSN ISO 4589-2 [4]
N_L – first series of measurements until were not recorded response of "X" and "O".

Measurement continues from the last sample of this series of measurements.

Measurements begin with preliminary concentration determination, which do not differ by more than 1% concentration of O2.

Table 3. Example of evaluation of measurement of a clean sample of NOMEX DIAMOND Ultra at 120°C

Clean sample NOMEX DIAMOND Ultra	Preliminary concentration determination	
Concentration of O2 (%)	22.8	23.8
Burning time (s)	32	122
Burned length (mm)	25	100
Response (X or O)	O	X

NOMEX DIAMOND Ultra	Determination of value of oxygen index							
	series N_T							
	Series N_L						c_f	
Concentration of O2 (%)	23.8	23.6	23.6	23.8	23.6	23.8	23.6	
Burning time (s)	122	80	80	120	74	119	76	
Burned length (mm)	100	55	55	100	60	100	60	
Response (X or O)	X	O	O	X	O	X	O	OI = 23.7

Source: Own elaboration.

Actual measurements were carried out at various temperatures. The first measurement was made at a standard temperature, the average of which was determined at 24°C. Other measurements were performed at higher levels of 60°C, 120°C and 180°C. Altogether, 365 samples were measured. One series of measurements of material of a firefighting suit contained 10 samples, see Fig. 2. Each material was measured once at different temperatures and types of pollution.

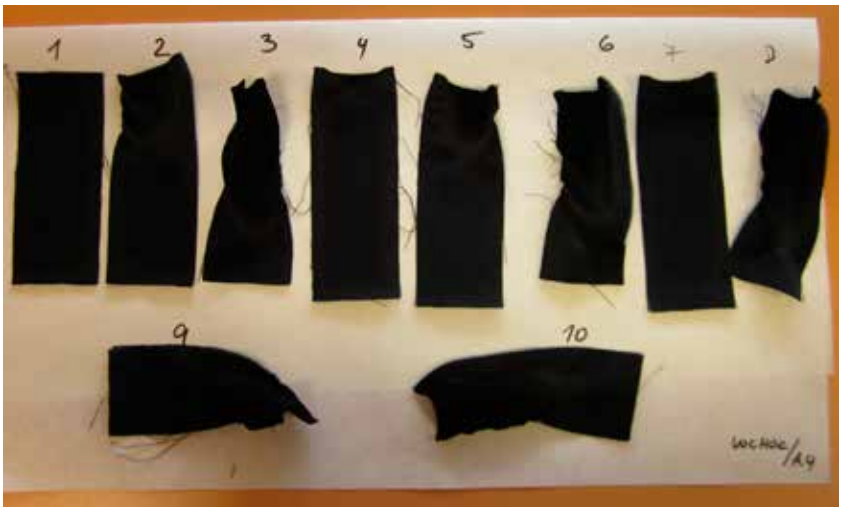


Fig. 2. Example of KERMEL/LENZING FR/TECHNORA samples with lubricating grease A4 after measurement at 180°C
Source: Own elaboration.

3. Results

The measuring exercise revealed a range of oxygen index values at temperatures of 24°C, 60°C, 120°C and 180°C and these are presented in Tables 4, 5 and 6. From obtained results it is evident that, in the case of clean suits, the oxygen index is higher than 21%, even at higher temperatures (Fig. 4). For a better comparison of the materials the results were illustrated in Figure 3. Therefore, the samples do not burn in standard conditions at all tested temperature levels. A different situation occurs when suits are contaminated. In these circumstances tested materials burned even at oxygen concentrations of less than 21%. Of course, it is true that the higher the air temperature, the lower is the oxygen concentration necessary for burning (Figs. 4, 5 and 6). Moreover, there is also a dependence on the level of contamination, where the quantity of contamination increases the required oxygen concentration decreases.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.1

Table 4. Results of measurement of oxygen index of NOMEX DIAMOND Ultra samples

NOMEX DIAMOND Ultra	24°C	60°C	120°C	180°C
clean	26.1	24.9	23.7	22.3
oil	20.3	19.7	18.5	17.3
lubricating grease A4	19.2	18.9	17.7	17.4
lubricating grease A4 +	– *	18.6	17.1	– *

Note: * – measurements were not performed
Source: Own elaboration.

Table 5. Results of measurement of oxygen index of KERMEL/LENZING FR/TECHNORA samples

KERMEL/LENZING FR/TECHNORA	24°C	60°C	120°C	180°C
clean	29.3	27.2	25.7	23.5
oil	20.7	20.3	18.7	17.6
lubricating grease A4	19.4	19.7	18.0	17.6
lubricating grease A4 +	–*	18.9	17.3	– *

Note: * – measurements were not performed
Source: Own elaboration.

Table 6. Results of measurement of oxygen index of DIAMOND FORCE samples

DIAMOND FORCE	24°C	60°C	120°C	180°C
clean	30.7	28.6	27.3	26.3
oil	22.5	21.4	19.3	18.7
lubricating grease A4	20.7	19.6	17.9	17.1

Source: Own elaboration.

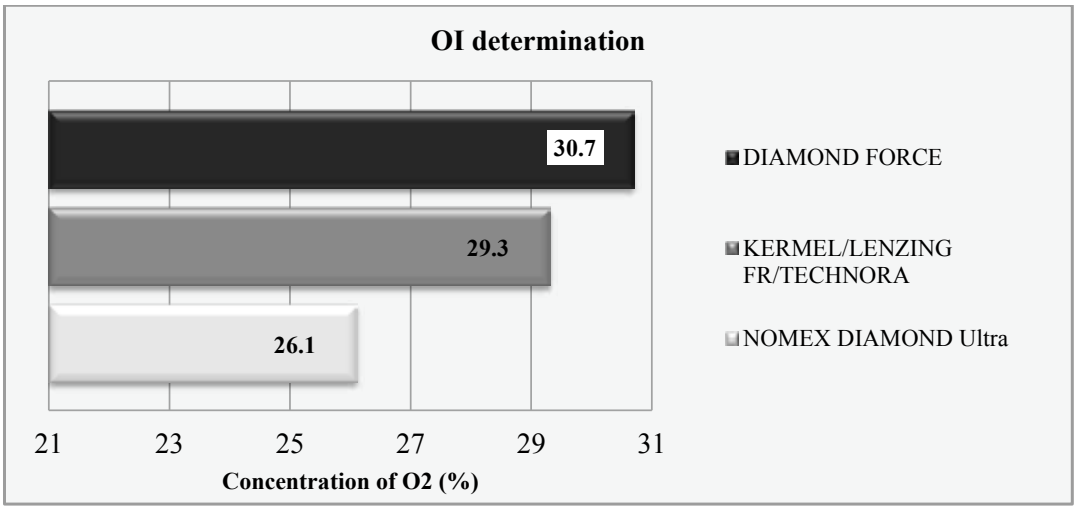


Fig. 3. Comparison of oxygen index of samples of clean firefighting suits at ambient temperature of 24°C
Source: Own elaboration.

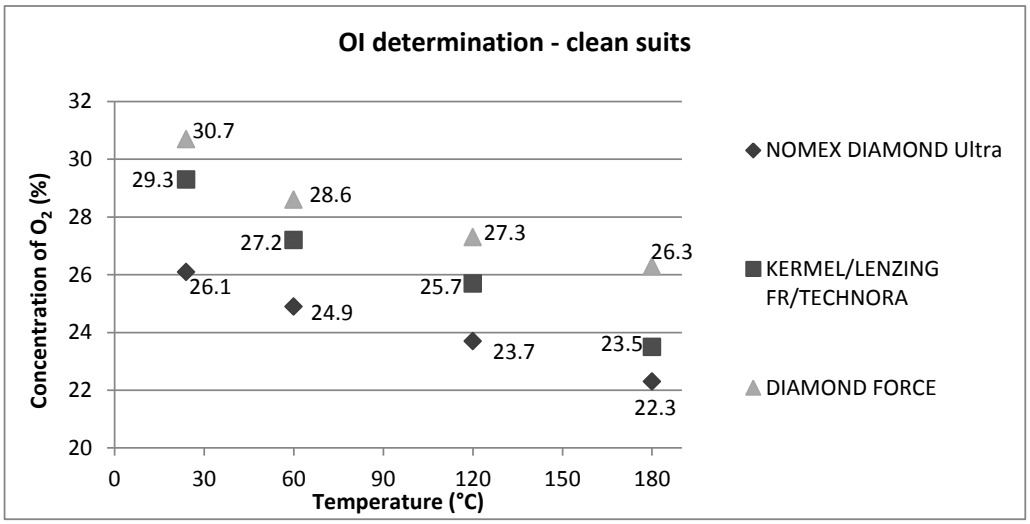


Fig. 4. Comparison of oxygen index of samples of clean firefighting suits at selected temperatures
Source: Own elaboration.

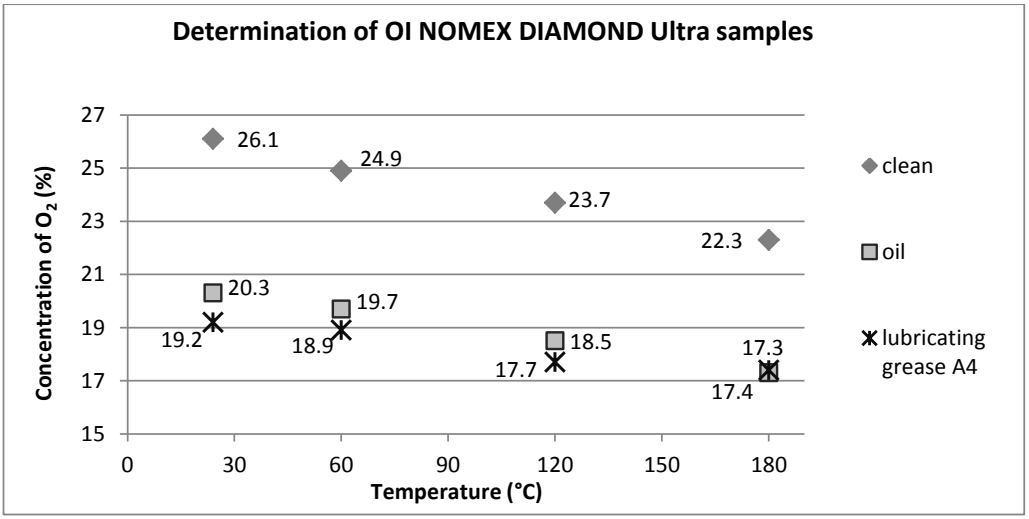


Fig. 5. Comparison of oxygen index of NOMEX DIAMOND Ultra samples at selected temperatures
Source: Own elaboration.

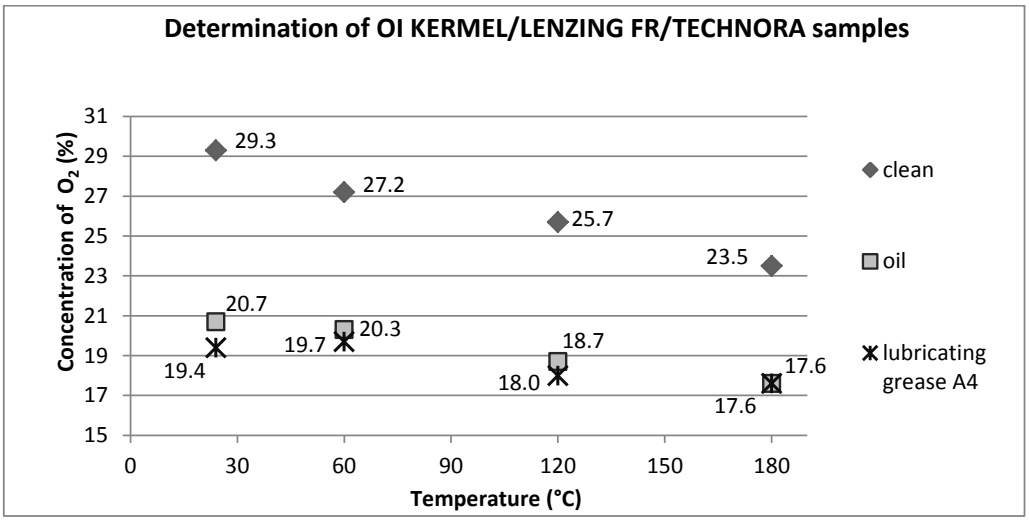


Fig. 6. Comparison of oxygen index of KERMEL/LENZING FR/TECHNORA samples at selected temperatures
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.1

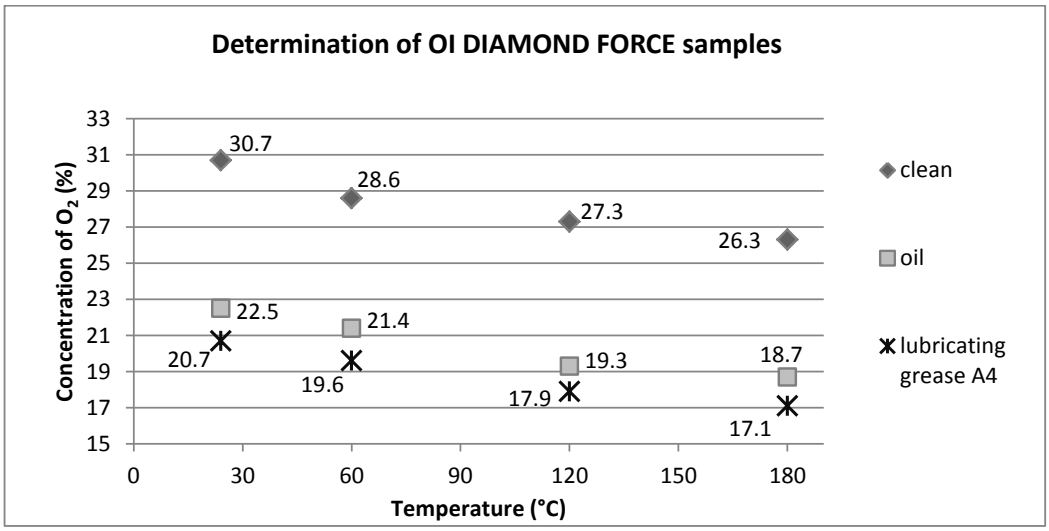


Fig. 7. Comparison of oxygen index of DIAMOND FORCE samples at selected temperatures
Source: Own elaboration.

4. Discussion

The hypothesis concerning higher temperatures demonstrates that the value of oxygen index decreases. Test results reveal that samples from DIAMOND FORCE exhibit higher oxygen index values at a standard temperature (see Fig. 7) and also at higher temperatures compared with samples from NOMEX DIAMOND Ultra and KERMEL/LENZING FR/TECHNORA. Nevertheless, the value of oxygen index in almost all contaminated samples (but oil contamination at 60°C in a sample of DIAMOND FORCE) was below the limit of 21% O_2 and thus the contaminated area of the firefighting suit could be ignited on contact with and during subsequent action of a flame source. The contaminated material was deformed during testing, see Fig. 2, and ripped at 60°C temperature level of the oxygen-nitrogen mixture. Moreover, results reveal that at a temperature level of 180°C, the differences between oxygen index values of individual contaminated materials are almost blurred.

The biggest problem, evident before measurement, was the application of grease to samples. The initial method selected for suit contamination, by spraying oil mixed with hexan, is not appropriate, because this did not always guarantee the same surface coverage of applied grease in all prepared samples and thus the method was difficult to replicate. Although a 29% deviation was achieved in the application of grease this did not have a significant impact on the determination of OI. Nevertheless, this issue should also be addressed in the future and it is anticipated that more sophisticated technology, for grease application, will make it possible to prepare better quality samples.

5. Conclusion

Measurement results reveal that after contamination of firefighting suits, with oil or lubricating grease, the upper layer of suits can burn if a flame is applied to the contaminated area. At higher temperatures, the values of oxygen concentration necessary for ignition decrease (at 180°C, OI moves in a range of 17.1 – 17.6).

Interventions in an environment with increased oxygen concentration pose additional hazards and a "clean" firefighting suit is not a guarantee for safety. In situations where oxygen concentration is higher than 30.7%, the suit can ignite at a standard temperature of 24°C. At a temperature of 120°C the concentration of oxygen necessary for ignition of KERMEL/LENZING FR/ TECHNORA samples decreases to below 26% and that of NOMEX DIAMOND Ultra samples even further, to below 24%.

In the next stage of research it will be appropriate to focus on, and extend knowledge about the behaviour of firefighting suits at higher temperatures. Additionally, further work is planned for the completion of measurements and thermal analysis at higher concentration levels of oxygen.

Project relevance

This article was written with support from the grant SGS No. SP2013/187 "Experimental research into the behaviour of fabrics and whole series of material layers of firefighting suits, in various conditions of thermal load and other environmental parameters, and determination of limits in use of material utilised in prior operations, as well as firefighter's comfort".

References

[1] DEVA F-M s.r.o. Sortiment 2010, [electr. doc.] http://www.deva-fm.cz/sortiment.php [accessed: 10.05.2013].

[2] Vochoc s.r.o. Produkty 2011, [electr. doc.] http://www.vochoc.cz/ochrana-proti-teplu/produkty.php [accessed: 10.05.2013].

[3] Prokeš O., *Rozbor tepelné zátěže zásahového oděvu pro hasiče při výcviku. Diplomová práce*, Ostrava: VŠB – TU, Ostrava 2012, p. 63.

[4] ČSN ISO 4589-2 *Plasty – Stanovení hořlavosti metodou kyslíkového čísla: Část 2: Zkouška při teplotě okolí.* Český normalizační institute, Praha 1998.

[5] ČSN EN ISO 4589-3 *Plasty – Stanovení hořlavosti metodou kyslíkového čísla – Část 3: Zkouška při zvýšené teplotě*, Český normalizační institute, Praha 1998.

[6] Jánošík L. *et al.,. Závěrečná zpráva SGS SP2012/13: Vliv různé tepelné zátěže na mikroklima hasiče v zásahovém oděvu a na vybrané fyziologické parametry hasiče.* VŠB – TU, Ostrava 2013.

[7] Tomaškovič J., *Za tragický požár v domově důchodců mohl přístroj na kyslík*, in: Novinky.cz [eletrc. doc.] http://www.novinky.cz/krimi/313018-za-tragicky-pozar-v-domove-duchodcu-mohl-pristroj-na-kyslik.html [accessed: 12.01.2014].

[8] Ahrens M., *Fires and Burns Involving Home Medical Oxygen*, in: Nfpa.org. [electr. doc.] http://www.nfpa.org/~/media/Files/Research/Fact%20sheets/oxygenfactsheet.pdf [accessed: 12.01.2014].

[9] Pacner K., *Před 45 lety: Za 14 sekund kabina Apolla 1 pukla žárem. Uvnitř neměli šanci*, in: IDNES.cz: Technet.cz [electr. doc.] http://technet.idnes.cz/pred-45-lety-za-14-sekund-kabina-apolla-1-pukla-zarem-uvnitr-nemeli-sanci-1jw-/tec_vesmir.aspx?c=A120126_175519_tec_vesmir_mla [accessed: 12.01.2014].

* * *

Aleš Dudáček – a professor at Department of Fire Protecting Engineering and Industrial Safety, Faculty of Safety Engineering, VŠB – Technical University of Ostrava. From 2002 to 2009 he was the dean of the Faculty of Safety Engineering. His research and project work focused on the fire safety equipment. He is an author and co-author of many articles, especially proceedings of scientific conferences.

Eva Strakošová – graduated from the VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Safety Engineering in 2012. Currently she is undertaking PhD studies at the same university. Her current research interests include the relationship between fabric parameters of firefighting suits, their design and utilization during firefighting operations.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB
Please cite as: BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 29–43

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.2

dr inż. **Krzysztof Dutka**[1]
dr hab. inż. **Józef Pelc,** prof. UWM[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 26.06.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 10.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2015;

Metoda oceny bezpieczeństwa i prognozy żywotności kratownicowych konstrukcji wsporczych linii elektroenergetycznej[2]

Safety Evaluation Method and Lifespan Prediction for Overhead Power Line Truss Pylons

Метод оценки безопасности и прогнозирование долговечности конструкционной ферменной опоры линий электропередачи

A B S T R A K T

Cel: Opracowanie metody oceny aktualnego bezpieczeństwa eksploatowanych przez kilkadziesiąt lat kratownicowych słupów linii elektroenergetycznych i szacowanie dalszego czasokresu bezpiecznej pracy tych konstrukcji.
Metoda: Analizowano stopień korozyjnego zużycia elementów konstrukcyjnych słupów na podstawie próbek pobranych do badań laboratoryjnych z prętów wytypowanych konstrukcji. Metodą trawienia usuwano produkty korozji i wyznaczano rzeczywiste wymiary przekrojów prętów. Wykonano badania metalograficzne, składu chemicznego i wytrzymałościowe materiału próbek. Badaniom metalograficznym i ocenie wytrzymałości poddano także materiał śrub. Słupy z prętami osłabionymi korozją poddano analizie wytrzymałościowej za pomocą specjalistycznego, autorskiego programu komputerowego bazującego na metodzie elementów skończonych. We wszystkich normowo wymaganych wariantach obciążeń analizowano warunki nośności prętów słupów poddanych działaniu obciążeń własnych, wiatru, szadzi i naciągu przewodów (w przypadku słupów odporowych).
Wyniki: Wżery korozyjne na powierzchniach półek kątowników słupów sięgają na głębokość średnio 0,29 mm. Nie stwierdzono procesów korozyjnych wewnątrz lub na granicach ziaren stali. Analiza składu chemicznego wskazuje, że jako materiał konstrukcyjny słupów zastosowano stal spawalną o podwyższonej odporności korozyjnej i podwyższonej wytrzymałości w gatunku 10H. Badania wytrzymałościowe wykazały, że materiał spełnia wymagania określone dla stali 10H. Badania śrub nie wykazały obecności wad wewnętrznych typu mikropęknięcie lub korozji wewnętrznej, a ich klasa wytrzymałości jest w zakresie 5.6–5.8. W niektórych wariantach obciążeń pręty osłabione korozją nie spełniają warunków bezpieczeństwa wytrzymałościowego. Wynik prognozy wskazuje na możliwość bezpiecznej pracy słupów w okresie kolejnych 20 lat pod warunkiem wzmocnienia nielicznych prętów zidentyfikowanych jako niebezpieczne.
Wnioski: Przedstawiona metoda określania korozyjnego zużycia elementów słupów i analizy wytrzymałościowej osłabionych konstrukcji za pomocą specjalistycznego programu autorskiego umożliwia ocenę bezpieczeństwa wytrzymałościowego eksploatowanych linii elektroenergetycznych. Możliwe jest również prognozowanie dalszego czasu bezpiecznej pracy konstrukcji wsporczych. Okresowej ocenie żywotności powinny być poddawane zwłaszcza słupy odporowo-narożne, bowiem ich awarie na ogół skutkują zniszczeniem całej sekcji linii.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo wytrzymałościowe, linia elektroenergetyczna, słup, korozja, żywotność, metoda elementów skończonych
Typ artykułu: studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych

A B S T R A C T

Aim: Development of a method to evaluate the current safety of overhead power line truss pylons, which have been in use for decades, and prediction of remaining lifespan for the continuous safe use of such structures.
Method: The degree of corrosive wear of pylon structural elements was analyzed from samples taken for laboratory testing from cross members of selected structures. Corroded structure rods were removed by etching and cross member section profiles were measured. Metallographic tests, identification of the chemical composition and durability measurements were performed on material samples.

[1] Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie / University of Warmia and Mazury in Olsztyn, Poland; dutkak@uwm.edu.pl;
Wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage contribution: K. Dutka – 40%, J. Pelc – 60%;
[2] Artykuł został wyróżniony przez Komitet Redakcyjny / The article was recognised by the Editorial Committee

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.2

Securing bolts were also exposed to such tests. Pylons, with cross members weakened by corrosion, were subjected to an endurance evaluation with the aid of the author's specialist computer programme, which is based on the finite element method. In all load bearing standard conditions, an analysis was performed on the load bearing capacity of pylon cross member rods exposed to consequences of their own weight, wind, icing and impact of overhead cable tension (where supported pylons are used).
Results: On average, corrosion pitting of angled flange surfaces achieved a depth of 0.29 mm. There was no corrosive processes found inside or at the granular boundary of steel. Analysis of the chemical composition indicates that pylons were constructed from steel, which can be exposed to welding, with increased corrosion resistance and strength grade of 10H. Durability tests revealed that the material meets the requirements specified for steel 10H. Examination of securing bolts did not reveal internal defects such as micro-cracks or corrosion and their durability is categorised within the range of 5.6-5.8. In some variations of load bearing capacity it was revealed that corroded rod cross members failed to fulfil safe endurance requirements. Resulting forecasts indicate a safe usage of pylons for the next 20 years, subject to the strengthening of some rod cross members, which were identified as unsafe.
Conclusions: The described method for determining the corrosive wear of tower elements and stress analysis of weakened structures, using the author's specialized computer programme, enables the assessment of durability for the safe exploitation of overhead power lines. It is also possible to forecast remaining lifespan for the safe use of supporting structures. A periodic lifespan assessment should be performed, specifically for supporting corner pylons, because their failure will culminate in the failure of an entire section of the power line.

Keywords: durability, power line, pylon, corrosion, lifespan, finite element method
Type of article: case study – analysis of actual events

АННОТАЦИЯ

Цель: Разработка метода оценки актуальной безопасности эксплуатированных на протяжении нескольких десятков лет ферменных столбов линий электропередачи и оценка дальнейшего периода безопасной эксплуатации этих сооружений.
Метод: Проанализирована степень коррозионного износа конструктивных элементов столбов на основе взятых для лабораторных исследований образцов со стрежней выбранных конструкций. При использовании метода травления были удалены продукты коррозии и определены реальные размеры сечений стрежней. Были проведены металлографические исследования, исследования химического состава и прочности материала образцов. Металлографическим исследованиям и оценке прочности был также подвержен материал винтов. Столбы со стрежнями, ослабленными коррозией, были подвержены анализу прочности при помощи специализированной, авторской программы, базирующейся на методе конечных элементов. Во всех вариантах нагрузок, соответствующих стандартам, были проанализированы условия грузоподъемности стрежней столбов, подверженных воздействию собственной нагрузки, а также ветра, изморози и напряжению проводов (в случае анкерных столбов).
Результаты: Точечная коррозия на поверхности полок уголков достигает средней глубины 0,29 мм. Коррозионные процессы внутри или на границах зерен стали не обнаружены. Анализ химического состава показывает, что в качестве строительного материала для столбов использовали сварочную сталь с высокой коррозионной стойкостью и высокой прочностью для типа 10Н. Исследования прочности показали, что материал соответствует требованиям, предъявляемым к стали 10Н. Исследования винтов не выявили никаких внутренних дефектов таких как микротрещины или внутренней коррозии, а их класс прочности находится в пределах 5,6–5,8. В некоторых вариантах нагрузок стрежни, ослабленные коррозией, не соответствуют условиям безопасности относительно прочности. Результаты прогноза указывают на возможность безопасной работы столбов в течение ближайших 20 лет, при условии, что несколько столбов, определенных как опасные, будут укреплены.
Выводы: Представленный метод определения коррозионного износа столбов и анализа прочности ослабленных конструкций с использованием специализированного авторского программного обеспечения позволяет оценивать безопасность линий электропередач отношенительно их прочности. Стало возможным также прогнозировать дальнейшее безопасное время использования несущих конструкций. Особое внимание в периодической оценке долговечности стоит уделить опорно-угловым столбам, потому что их аварии, как правило, приводят к разрушению целой секции линии.

Ключевые слова: прочностная безопасность, линия электропередачи, столб, коррозия, долговечность, метод конечных элементов
Вид статьи: тематическое исследование – анализ реальных событий

1. Wprowadzenie

Na obecnym etapie rozwoju cywilizacyjnego prawidłowe funkcjonowanie społeczeństw wymaga dostarczania energii elektrycznej do odbiorców w sposób ciągły. Przerwy w zasilaniu, zwłaszcza dłużej trwające, wywołują niebezpieczne sytuacje o znamionach sytuacji kryzysowych. Ważną rolę w bezpiecznym przesyłaniu energii elektrycznej spełniają konstrukcje wsporcze napowietrznych linii elektroenergetycznych. Ich znaczenie jest tym bardziej istotne, że również większość kablowych sieci światłowodowych została poprowadzona wzdłuż linii elektrycznych wysokiego napięcia, więc awaria takiej konstrukcji może spowodować zerwanie kabla i utratę łączności cyfrowej przez wielu użytkowników (szpitale, urzędy administracji, banki). Konstrukcje wsporcze, zwane potocznie słupami, mają za zadanie utrzymywać przewody w odpowiednim położeniu bez względu na warunki atmosferyczne (silny wiatr, oblodzenie). Na ogół są to konstrukcje kratownicowe wykonane z kątowników i posadowione na stopach fundamentowych. Na etapie projektowania zakłada się bezpieczną pracę takich konstrukcji w okresie dziesiątków lat. Trudno jednak dokładnie przewidzieć warunki, w jakich będą pracowały, ze względu na globalne zmiany klimatu, zanieczyszczenie powietrza oraz lokalny mikroklimat, np. częste występowanie mgieł w rejonie linii. Trudne warunki atmosferyczne, jak również wady materiałowe często stanowią przyczynę przyspieszonej korozji elementów konstrukcyjnych słupów. Istnieje więc uzasadniona potrzeba diagnostyki słupów dokonywanej po pewnym

czasie eksploatacji linii w celu oceny ich bezpieczeństwa wytrzymałościowego i oszacowania czasu dalszej, bezpiecznej pracy. Artykuł ten dotyczy metody analizy słupów linii elektroenergetycznej wykonywanej w celu oceny ich aktualnej wytrzymałości i prognozowania ich żywotności. Opracowano odpowiednią metodę analizy, którą zastosowano do oceny słupów linii jednotorowej 110 kV o długości ok. 30 km, usytuowanej w północno-wschodniej Polsce, eksploatowanej przez okres 20 lat.

Podczas eksploatacji słupów linii wysokiego napięcia, w wyniku korozyjnego zużywania się, zmniejszają się współczynniki bezpieczeństwa wytrzymałościowego poszczególnych elementów konstrukcyjnych. O szybkości procesu korozji atmosferycznej decydują: wilgotność względna, zanieczyszczenie atmosfery i dobowe wahania temperatury powodujące skraplanie pary wodnej na powierzchniach metalu. Wśród zanieczyszczeń atmosfery bierze się pod uwagę zawartość substancji gazowych, głównie SO_2, NO_x, H_2S, CO_2 i chlorków [1]. Zależnie od warunków korozji struktura produktów korozji jest różna – łuski, ziarna, lub rzadziej szczelna, przywarta warstwa. Według [2] objętość produktów korozji jest o ok. 60% większa od objętości metalu, z którego powstały. Stale trudnordzewiejące są stalami niskostopowymi o zawartości węgla mniejszej niż 0,2% wag., do których wprowadzono Cu, Cr, Ni, P, Si i Mn jako składniki stopowe w ilości nieprzekraczającej łącznie 3–5% wag. Zwiększona odporność na korozję w stosunku do zwykłej stali węglowej jest spowodowana tworzeniem w atmosferach o niskiej i średniej agresywności szczelnych i dobrze przylegających warstw produktów korozji zwanych patyną [3]. Skutecznie hamuje ona przebieg dalszego procesu rdzewienia stali. Budowa warstwy patyny na stali cortenowskiej zależna jest nie tylko od składu chemicznego stali, lecz również od warunków atmosferycznych. Ekspozycja na słońce i deszcz tworzy mocno przylegające warstwy, podczas gdy powierzchnie osłonięte mają tendencje do tworzenia luźnych słabo przylegających tlenków. Powierzchnie od strony północnej ulegają patynowaniu znacznie wolniej, a w środowisku o bardzo wysokim poziomie zanieczyszczeń powietrza (atmosfera morska) czy w warunkach ciągłej wilgotności, patyna może się w ogóle nie uformować [4]. Czas stabilizacji szczelnej warstwy patyny zależy od korozyjności atmosfery i szacowany jest na 6–8 lat w atmosferach o kategorii korozyjności [5] (C2–C3) i 4–6 lat w atmosferach o korozyjności (C3–C5) [6]. Zgodnie z literaturą [7] ubytek korozyjny stali trudnordzewiejącej typu corten wyniósł 0,05 mm w ciągu 20 lat pracy, podczas gdy ubytek stali węglowej, w tych samych warunkach, był 5-krotnie wyższy. Również inne procesy, zachodzące w stalach podczas długotrwałej eksploatacji (zmęczenie, starzenie), mogą być przyczyną degradacji budowy strukturalnej i obniżenia właściwości mechanicznych materiału [8]. Dzięki swoim właściwościom stal trudnordzewiejąca znalazła zastosowanie w wielu konstrukcjach cywilnych takich jak mosty, kładki i inne konstrukcje drogowe, instalacje dachowe, maszty, wieże, elementy architektoniczne oraz słupy linii elektroenergetycznych [6].

W ocenie bezpieczeństwa analizowanych konstrukcji wsporczych za punkt odniesienia przyjęto przepisy normowe obowiązujące w czasie budowy linii. Takie podejście umożliwiło ocenę samego wpływu korozji na wskaźniki bezpieczeństwa konstrukcji, niezaburzoną wpływem zmian przepisów normowych.

2. Metody

W celu oceny bezpieczeństwa i prognozy żywotności eksploatowanych konstrukcji kratownicowych przyjęto metodę postępowania polegającą na:

- określeniu wielkości zużycia korozyjnego elementów nośnych konstrukcji,
- szacowaniu stopnia degradacji mikrostruktury i właściwości mechanicznych materiału,
- przeprowadzeniu obliczeń wytrzymałościowych, uwzględniających rzeczywisty i prognozowany stan elementów konstrukcji.

Realizując zadanie z konstrukcji, pobrano materiał badawczy i określono jego skład chemiczny i mikrostrukturę oraz wyznaczono parametry wytrzymałościowe. Po określeniu wielkości ubytków korozyjnych, uwzględniając osłabione przekroje prętów kratownic, wykonano obliczenia wytrzymałościowe najbardziej obciążonych słupów.

Opierając się na publikowanych wynikach badań szybkości korozji w czasie użytkowania obiektów, przedstawiono warunki bezpiecznej eksploatacji słupów badanej linii w kolejnych 20 latach.

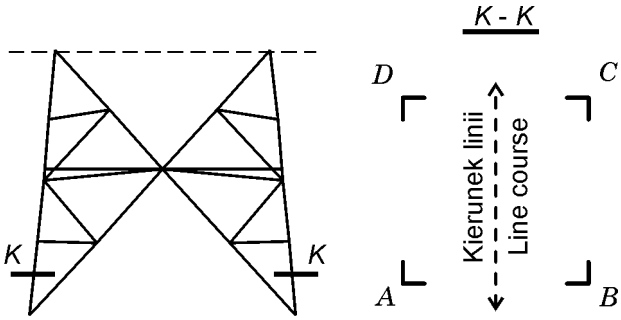
2.1. Pomiar poprzecznych wymiarów elementów konstrukcyjnych słupów

W trakcie szczegółowej inspekcji słupów analizowanej linii wytypowano te, które pracują w ekstremalnie trudnych warunkach środowiskowych (mokradła, obniżenie terenu). W sumie z całej linii wybrano 11 słupów. Stwierdzono, że najbardziej skorodowane elementy znajdują się w dolnych częściach słupów (ryc. 1). W związku z tym za pomocą suwmiarki wykonano pomiary rzeczywistej grubości i szerokości ramion na elementach dostępnych z ziemi. Pomiarom poddano kolejne krawężniki (A, B, C, D) i najniżej usytuowane ukośniki ścian prostopadłych (P) i równoległych (R) do linii (ryc. 2).

Ryc. 1. Widok skorodowanych kątowników słupa
Fig. 1. A view of corroded pylon metal angle brackets
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 29–43

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.2



Ryc. 2. Strefa pomiarów kątowników K–K oraz schemat oznaczenia krawężników słupa *A*, *B*, *C*, *D*
Fig. 2. Measurement area for pylon angle brackets K–K and outline revealing pylon feet *A, B, C* and *D*
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

2.2. Badania laboratoryjne pobranego materiału

Ze ścian równoległych i prostopadłych do linii energetycznej wytypowanych słupów pobrano w sposób losowy łącznie 5 kątowników przeznaczonych do szczegółowych badań laboratoryjnych. Próbki odcięte z kątowników opisano kolejnymi numerami od l–5. Z każdego odcinka kątownika wycięto próbki do badań metalograficznych, oceny składu chemicznego oraz właściwości wytrzymałościowych.

2.3. Określenie stopnia zużycia elementów pobranych do badań

W celu określenia charakteru zużycia próbki pobrane z kątowników poddano działaniu roztworu wodnego kwasu siarkowego i urotropiny [9]. Przy użyciu głębokościomierza czujnikowego dokonywano pomiarów głębokości wżerów korozyjnych. W celu oceny rzeczywistej głębokości wżerów powierzchnię próbek poddano obróbce mechanicznej, a następnie mierzono grubości korygowane g_k. Na każdym z dwóch ramion próbki grubość mierzono 10-krotnie, a za wartość grubości elementu przyjęto średnią z uzyskanych rezultatów.

Ocenę różnic między wartościami średnimi grubości i ubytków korozyjnych dokonano testem T Studenta.

2.4. Badania metalograficzne i składu chemicznego

Mikrostrukturę oceniano na zgładach nietrawionych i trawionych Nitalem (2-proc. roztworem HNO_3), za pomocą optycznego mikroskopu metalograficznego EPITYP. Szczególnie starannie analizowano strefę przypowierzchniową zgładów na ewentualność wystąpienia procesów korozyjnych wewnątrz lub na granicach ziaren stali.

Skład chemiczny stali określono za pomocą spektrometru ARL 3460 i metodami chemii klasycznej.

2.5. Badania wytrzymałości na rozciąganie

Właściwości wytrzymałościowe wyznaczano przez zastosowanie próbek płaskich o powierzchniach naturalnych oraz obrobionych mechanicznie. Próbki zorientowane były równolegle do kierunku obróbki plastycznej kształtującej wyrób hutniczy. Badanie próbek użytkowanych z obecnymi produktami korozji miało na celu określenie wielkości obniżenia wytrzymałości elementów konstrukcji spowodowanej 20-letnią eksploatacją. Próbki przygotowano zgodnie z zaleceniami normy [10]. Zrywanie przeprowadzono na maszynie ZDTe-J30 zgodnie z [11].

2.6. Badanie stanu śrub montażowych

W celu oceny stanu śrub poddano je zabiegowi trawienia. Zgłady metalograficzne wykonano na przekrojach wzdłużnych dwóch śrub (w tym jednej z odłamanym łbem).

Wytrzymałość materiału śrub określono metodą pośrednią, tj. przez pomiar twardości na przekrojach wzdłużnych i na łbach śrub. Pomiary przeprowadzono metodą Vickersa zgodnie z zaleceniami PN-EN ISO 6507-1 [12].

2.7. Obliczenia wytrzymałościowe słupów z uwzględnieniem zużycia korozyjnego

Na podstawie analizy trasy jednotorowej linii 110 kV wybrano do obliczeń konstrukcje wsporcze najbardziej wytężone, a więc obciążone przęsłami o największej rozpiętości. W związku z tym obliczeniom statycznym i wytrzymałościowym poddano trzy słupy serii B2, tj. po jednym ze wszystkich typów występujących w analizowanej linii. Były to słupy:

- przelotowy P+5,
- przelotowy PL+10 (odmiana leśna),
- odporowo-narożny M3+10.

Etapy typowej analizy słupa kratownicowego to:

- przygotowanie modelu obliczeniowego,
- wyznaczenie obciążeń w poszczególnych wariantach obciążenia,
- zadanie obciążeń i wyznaczenie sił w prętach kratownicy,
- analiza warunków nośności poszczególnych prętów.

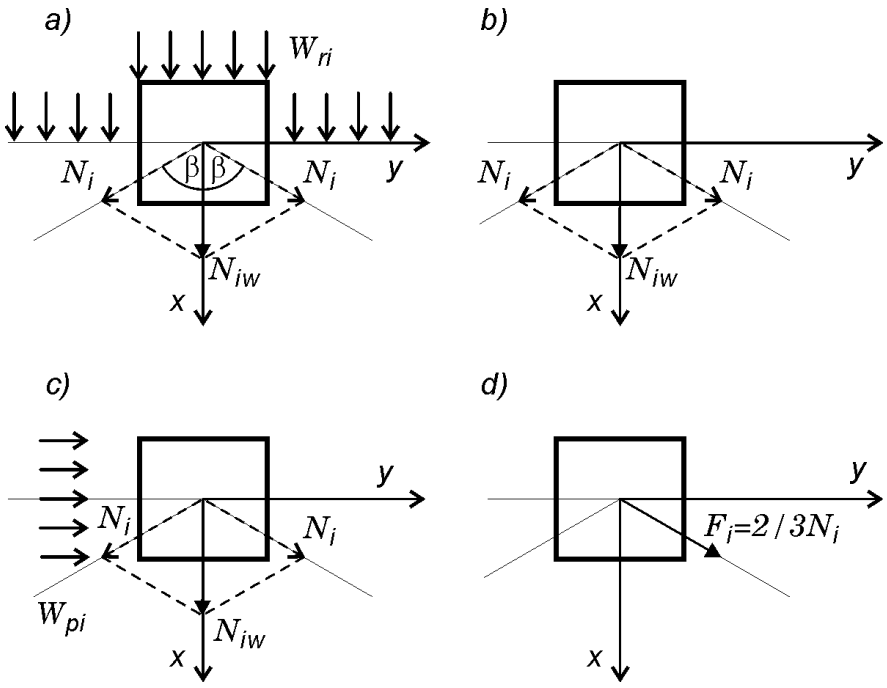
U podstaw analizy wytrzymałościowej słupa leży opracowanie modelu obliczeniowego realnej konstrukcji. Analizowane słupy traktowano jako przestrzenne kratownice, w których pręty połączone są przegubowo. W modelu rozważono osie geometryczne prętów przedstawiane w formie odcinków, którym przypisano parametry geometryczne: pole przekroju poprzecznego, minimalny moment bezwładności i współczynnik długości wyboczeniowej. Wartości pól i momentów bezwładności przekrojów poprzecznych prętów wyznaczono z uwzględnieniem ubytków korozyjnych, których wielkość określono na podstawie wcześniej przedstawionej analizy materiałowej.

Obciążenie słupa stanowią: ciężar własny, parcie wiatru i ciężar szadzi oraz naciągi przewodów w przypadku słupa odporowego. Zgodnie z przepisami obowiązującymi dla tych konstrukcji, w zależności od typu słupa, badano jego nośność w kilku wariantach obciążenia.

W celu oceny bezpieczeństwa pracy konstrukcji wsporczych analizie wytrzymałościowej poddano wszystkie trzy typy słupów, jednak niżej przedstawiono tylko przebieg analizy w odniesieniu do słupa odporowo-narożnego typu M3+10 serii B2. Nośność słupa odporowo-narożnego sprawdzano w czterech wariantach obciążenia, w których wyspecyfikowano następujące składniki (ryc. 3):

I. Ciężar własny słupa, ciężary przewodów (V_i), parcie wiatru na przewody (H_{ix}), siły naporu wiatru na konstrukcję (W_{ri}) i poziome siły naciągów obliczeniowych (N_{iw}) o kierunkach dwusiecznej kąta załomu linii.

II. Ciężar własny konstrukcji, ciężar szadzi (V_{is}) i siły naciągów obliczeniowych (N_{iw}) o kierunkach dwusiecznej kąta załomu linii.
III. Ciężar własny słupa, ciężary przewodów (V_i), siły naporu wiatru na konstrukcję kratową (W_{pi}) wiejącego prostopadle do dwusiecznej kąta załomu linii, siły naciągów obliczeniowych (N_{iw}) działających w kierunku dwusiecznej kąta załomu linii.
IV. Ciężar własny, ciężary przewodów (V_i) i siły F_i naciągu umownego równe 2/3 sił całkowitych naciągów przewodów (N_i).



Ryc. 3. Warianty obciążeń słupa odporowo-narożnego: a) – I, b) – II, c) – III, d) – IV
Fig. 3. Pylon load bearing variations for supporting corner pylons: a) – I, b) – II, c) – III, d) – IV
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Obciążenia słupów kratownicowych określono dla I nizinnej strefy klimatycznej, w której w całości znajduje się analizowana linia. Uwzględniono szadź normalną. Wartości wyznaczonych sił wprowadzano do modelu obliczeniowego słupa zgodnie z wyspecyfikowanymi wariantami.

Wartości sił w prętach słupa obliczono za pomocą autorskiego programu komputerowego wyposażonego w procedurę inteligentnego wykrywania i automatycznego blokowania węzłów płaskich [13]. Program ten, oparty na metodzie elementów skończonych [14], ma również zgodne z obowiązującymi przepisami normowymi procedury automatycznego sprawdzania warunków nośności poszczególnych prętów. Miarę bezpieczeństwa konkretnego pręta stanowi wartość współczynnika bezpieczeństwa wytrzymałościowego definiowanego jako:

- dla prętów ściskanych: iloraz wytrzymałości obliczeniowej R materiału pręta do naprężenia obliczeniowego pomnożonego przez odpowiedni współczynnik wyboczeniowy pręta [15],
- dla prętów rozciąganych: iloraz wytrzymałości obliczeniowej R materiału pręta do normalnego naprężenia obliczeniowego.

2.8. Prognoza trwałości linii energetycznej

Według badań przeprowadzonych przez *American Society for Testing Materials* [16], [17], szybkość korozji podczas eksploatacji obiektów w czasie pierwszego roku jest stosunkowo wysoka. W następnych latach zmniejsza się dzięki oddziaływaniu ochronnemu warstw produktów korozji, a ubytki materiału stają się coraz mniejsze. Ta zależność jest szczególnie widoczna w stalach cortenowskich.

Biorąc pod uwagę granicę plastyczności stali bez uszkodzeń wywołanych korozją oraz wyniki badań kątowników, w których występowały efekty korozji spowodowanej warunkami eksploatacji, wyprowadzono równanie przedstawiające zmianę tego parametru w zależności od czasu eksploatacji linii energetycznej. Zależność aproksymowano transformowaną funkcją paraboliczną, której ogólne równanie przedstawia się następująco:

$$R_e^{\tau} = \frac{R_e^0 g}{g - a\sqrt{\tau}} \tag{1}$$

gdzie:
g – grubość próbki (mm),
a – współczynnik zależny od warunków eksploatacyjnych linii,
τ – czas eksploatacji (lata),
R_e^0 – granica plastyczności materiału elementu w czasie wykonania słupa (τ = 0).

Zastosowany model zużycia korozyjnego i zmiany nośności konstrukcji jest typowym modelem heurystycznym (opartym na doświadczeniu). Jest to najbardziej intuicyjne podejście do przewidywania korozji pozwalające na

BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 29–43

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.2

prognozowanie zachowania systemu w przyszłości przyjmując, że nie ulegną zmianie warunki eksploatacji [6], [18].

3. Wyniki i dyskusja

3.1. Pomiar poprzecznych wymiarów elementów konstrukcyjnych słupów

Charakterystykę kontrolowanych części konstrukcji oraz rezultaty badań zestawiono w tabeli l.

Rezultaty badań porównano z danymi zawartymi w dokumentacji technicznej. Stwierdzono:

a) występowanie niezgodności grubości kształtowników z dokumentacją (krawężniki o cieńszych ściankach niż wymiary nominalne, a kątowniki ścian grubsze),
b) szerokość ramion krawężników dwóch słupów z odchyłką ujemną większą od dopuszczanej przez normę PN-69/H-93401: Stal walcowana – Kątowniki równoramienne [19].

Tabela 1. Wymiary rzeczywiste sprawdzanych kątowników słupów
Table 1. Measurement results for tested pylon angle brackets

Nr słupa/ Pylon No	Typ słupa/ Pylon type	Miejsce pomiaru/ Location of measurement	Wymiar ramion/ Flanges dimension (mm)	Grubość rzeczywista g_{rz}/ Actual thickness g_{rz}			g_{nom} (mm)	Wymiar wg dokumentacji/ Dimension in documentation (mm)
				Nr pomiaru/Measurement No				
				1 (mm)	2 (mm)	3 (mm)		
25	M3+10	A	88 x 86	6,3	6,0	6,0	6,0	90 x 8
		B		6,5	6,2	6,0	6,0	90 x 8
		C		6,5	6,5	6,4	6,0	90 x 8
		D		6,0	6,3	6,2	6,0	90 x 8
		U	51 x 51	5,5	5,3	5,0	5,0	50 x 4
26	M3+10	A	90 x 90	6,3	6,2	6,3	6,0	90 x 8
		B		6,1	6,0	6,5	6,0	90 x 8
		C		6,2	6,0	5,9	6,0	90 x 8
		D		9,0	9,1	8,9	8,0	90 x 8
		U	50 x 50	5,0	5,0	5,1	5,0	50 x 4
32	M3+10	A	88 x 88	6,0	6,0	5,8	6,0	90 x 8
		B		6,0	6,2	6,3	6,0	90 x 8
		C	88 x 90	5,8	6,2	6,5	6,0	90 x 8
		D	89 x 89	6,0	6,0	6,2	6,0	90 x 8
		U	51 x 51	5,2	5,2	5,0	5,0	50 x 4
54	M3+2,5		90 x 90	8,2	8,4	8,3	8,0	90 x 8
55	P+5	U	75 x 75	6,2	6,6	6,9	6,0	75 x 5
			45 x 45	5,5	5,3	5,3	5,0	45 x 4
56	P+5	*A*	75 x 75	6,4	6,3	6,5	6,0	75 x 5
		B		8,2	8,2	8,0	8,0	75 x 5
		C		6,4	6,5	6,4	6,0	75 x 5
		D		6,4	6,5	6,5	6,0	75 x 5
		U	46 x 46	5,0	5,4	5,3	5,0	45 x 4
		U	50 x 50	5,4	5,3	5,3	5,0	50 x 5
57	P+2,5	*A*	75 x 75	6,7	6,8	6,5	6,0	75 x 5
		B		8,2	7,9	8,0	8,0	75 x 5
		C		6,4	6,0	6,4	6,0	75 x 5
		D		6,4	6,6	6,2	6,0	75 x 5
		U	35 x 35	4,5	4,2	4,8	4,0	35 x 4
		U	45 x 45	4,4	4,3	4,2	4,0	45 x 4
		U	50 x 50	5,3	5,3	5,4	5,0	50 x 4
73	P+5	*U*	75 x 75	6,1	6,4	6,0	6,0	75 x 5
			45 x 45	5,5	5,3	5,4	5,0	45 x 4

Nr słupa/ Pylon No	Typ słupa/ Pylon type	Miejsce pomiaru/ Location of measurement	Wymiar ramion/ Flanges dimension (mm)	Grubość rzeczywista g_{rz}/ Actual thickness g_{rz}			g_{nom} (mm)	Wymiar wg dokumentacji/ Dimension in documentation (mm)
				Nr pomiaru/Measurement No				
				1 (mm)	2 (mm)	3 (mm)		
75	M3+2,5	*U*	88 x 89	8,2	8,0	8,4	8,0	90 x 8
			50 x 50	5,8	5,8	5,6	5,0	50 x 4
76	M3+2,5	*A*	90 x 90	6,6	6,6	5,6	6,0	90 x 8
		B		6,4	6,2	6,3	6,0	90 x 8
		C		6,6	6,1	6,5	6,0	90 x 8
		D		8,2	8,3	8,5	8,0	90 x 8
		U	50 x 50	5,5	5,3	5,4	5,0	50 x 4
77	P+2,5		89 x 89	7,0	7,1	7,4	6,0	75 x 75

U – Ukośnik/Diagonal bracing
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Zmierzona grubość rzeczywista g_{rz} elementów konstrukcyjnych w większości przypadków jest większa od nominalnej. Jest to spowodowane obecnością szczelnej warstwy produktów korozji. Lokalne zmniejszenie grubości obserwowano jedynie na poziomie górnej krawędzi stopy zawiasowej nałożonej na krawężnik. Bardzo często w rejonie tym występuje szczelina między powierzchnią zewnętrzną krawężnika i powierzchnią wewnętrzną spawanego kątownika zawiasu. Tworzenie szczeliny jest wynikiem niedokładności wykonania stóp fundamentowych oraz błędów montażowych powodujących deformację ramion i skręcenie krawężnika.

Z danych literaturowych wynika, że zarówno procesy wytwarzania, jak i zużycie powodują wahania w grubościach ścianek elementów, które można aproksymować rozkładem normalnym [20]. Traktując więc poszczególne zbiory grubości jako materiał statystyczny, obliczono wartości średnie i odchylenia standardowe charakteryzujące rzeczywiste grubości poszczególnych kątowników (tabela 2). Ocenę prowadzono grupując rezultaty pomiarów grubości w zbiory, których wyróżnikiem jest grubość nominalna g_{nom}.

Tabela 2. Średnia rzeczywista grubość kątowników g_{rz} słupów w przedziałach wymiarowych grubości nominalnej g_{nom} (dla danych z tab. 1)
Table 2. Average thickness g_{rz} for pylon angle brackets at intervals of nominal thickness g_{nom} (for data in table 1)

g_{nom} (mm)	Liczność/Lot size *n*	g_{rz} (mm)	Odchylenie standardowe/Standard deviation, S (mm)
10	3	10,23	0,21
8	27	8,43	0,33
6	69	6,30	0,32
5	33	5,32	0,22
4	12	4,36	0,19

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

3.2. Badania laboratoryjne pobranego materiału

Obserwacje powierzchni pobranych próbek potwierdziły słuszność ustalonego podczas wizji lokalnej poglądu o charakterze korozji. Na powierzchni stali występowały dwie warstwy: zewnętrzna – luźna i wewnętrzna – silnie przylegająca do podłoża.

3.3. Określenie stopnia zużycia elementów pobranych do badań

Wyniki pomiarów grubości ramion kątowników wskazują na to, że efektywność oddziaływania środowiska wykazywała nieznaczne różnice (tabela 3 oraz ryc. 4).

Powierzchnię próbek oczyszczoną z produktów korozji przedstawiono na ryc. 5. W procesie trawienia z powierzchni usunięto średnio ok. 0,26 mm produktów korozji (tabela 4). Pomiary głębokości wżerów wykazały, że sięgają one na głębokość średnio 0,29 mm.

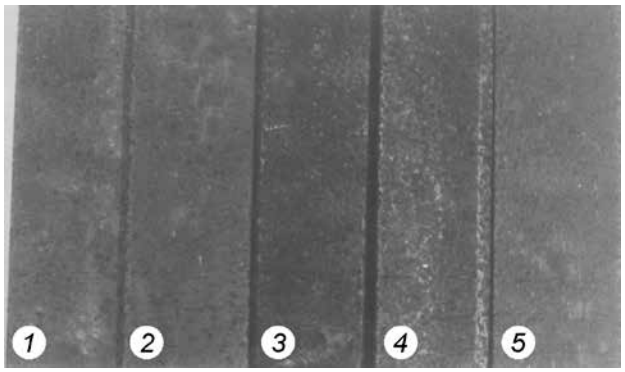
Oceniając różnice między wartościami średnimi grubości i ubytków korozyjnych, stwierdzono, że ze statystycznego punktu widzenia można je uznać za nieistotne, przy założonym poziomie ufności $\alpha = 0{,}05$.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.2

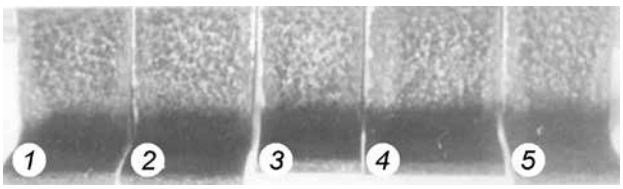
Tabela 3. Wymiary kątowników pobranych do badań laboratoryjnych
Table 3. Dimensions of angle brackets selected for laboratory testing

Nr kątownika/ Angle bracket No	Rodzaj/ Type	Grubość g_{rz} przed trawieniem (mm) Thickness g_{rz} before etching (mm)					Średnia Average $g_{rz\ śr}$	S	Grubość po szlifowaniu/ Thickness after grinding			S
		Nr pomiaru/Measurement No							Ramię/Flange		$g_{k\ śr}$	
		1	2	3	4	5			1	2		
1	50 x 5	5,8	5,6	5,4	5,4	5,5	5,54	0,15	4,26	4,28	4,27	
2	50 x 5	5,6	5,3	5,4	5,2	5,2	5,34	0,15	4,36	4,38	4,34	
3	45 x 5	5,3	5,4	5,3	5,1	5,2	5,26	0,10	4,38	4,29	4,33	
4	45 x 5	5,5	5,3	5,3	5,1	5,3	5,30	0,13	4,35	4,36	4,35	
5	50 x 5	5,3	5,5	5,4	5,3	5,3	5,36	0,08	4,40	4,38	4,39	
Wartość średnia grubości rzeczywistej/ Average value of actual thickness							5,36		Średn. grubość korygowana/ Corrected average thickness		4,34	0,05
S								0,16				

S – odchylenie standardowe/Standard deviation
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 4. Powierzchnie kątowników pobranych do badań
Fig. 4. Angle brackets surfaces of samples selected for laboratory testing
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 5. Próbki po usunięciu produktów korozji
Fig. 5. Samples after removal of corrosion sources
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 4. Wyniki pomiaru grubości kątowników po trawieniu
Table 4. Angle brackets thickness measurement results after etching

Nr kątownika/ Angle bracket No	Grubość po trawieniu/ Thickness after etching g_{traw} (mm)			Grubość średnia po trawieniu Average thickness after etching (mm) $g_{śr\ traw}$	Grubość rdzy/ Rust thickness (mm) $g_{śr} - g_{śr\ traw}$
	Nr pomiaru/Measurement No				
	1	2	3		
1	5,20	5,30	5,25	5,25	0,29
2	5,05	5,05	5,10	5,06	0,28
3	4,90	4,95	5,00	4,95	0,31
4	5,00	5,15	5,05	5 10	0,20
5	5,10	5,15	5,10	5,12	0,24
				5,10	0,26

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

3.4. Badania metalograficzne i składu chemicznego

Badania metalograficzne wykazały, że w materiale nie występują mikropęknięcia bądź nieciągłości, które mogłyby obniżać nośność konstrukcji podczas dalszej eksploatacji. Korozji wewnętrznej nie stwierdzono.

Rezultaty badań składu chemicznego przedstawiono w tabeli 5. Analiza tych wyników wskazuje, że jako materiał konstrukcyjny słupów zastosowano stal spawalną o podwyższonej odporności korozyjnej i podwyższonej wytrzymałości w gatunku 10H. Stal ta jest zaliczana do III klasy odporności na korozję atmosferyczną, co oznacza, że ubytki korozyjne tej stali w identycznych warunkach powinny być 3 do 5-krotnie niższe niż dla stali 18G2A [21].

We wszystkich kształtownikach zawartość fosforu była niższa niż wymagana przez normę, zaś w kątowniku nr l stwierdzono przekroczenie zawartości siarki o 0,002% powyżej górnej odchyłki.

Tabela 5. Wyniki badania składu chemicznego materiału kątowników pobranych do badań oraz zawartość pierwiastków wg [3] dla stali w gat. 10 H
Table 5. Test results for chemical composition of examined angle brackets and element content by [3] for 10 H grade steel

Nr kątown./ Angle bracket No	Zawartość pierwiastka/Element content (%)									
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Al	Mo
1	0,14	0,70	0,39	0,021	0,057	0,55	0,04	0,25	0,052	0,006
2	0,17	0,80	0,56	0,014	0,037	0,75	0,05	0,28	0,10	0,008
3	0,11	0,67	0,37	0,020	0,037	0,60	0,06	0,26	0,062	0,013
4	0,14	0,70	0,42	0,027	0,038	0,73	0,05	0,27	0,069	0,010
5	0,17	0,76	0,52	0,014	0,036	0,74	0,05	0,28	0,094	0,008
10 H:	max 0,15 + 0,2	0,4–0,03 ÷ 0,9 + 0,05	0,25–0,03 ÷ 0,6 + 0,05	0,06–0,01 ÷ 0,1 + 0,01	max 0,05 + 0,005	0,5–0,05 ÷ 1,0 + 0,05	– –	0,25–0,05 ÷ 0,50 + 0,05	min 0,02– 0,005	– –

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

3.5. Badania wytrzymałości na rozciąganie

Wyniki badania próbek na rozciąganie, tj. granicy plastyczności R_e, granicy wytrzymałości R_m i wydłużenia po zerwaniu A_5 zestawiono w tabeli 6. Wartości podane w nawiasach dotyczą próbek szlifowanych.

Tabela 6. Wyniki badania właściwości wytrzymałościowych kątowników pobranych do badań laboratoryjnych oraz właściwości stali w gat. 10 H określone dla kategorii wytrzymałości E 355
Table 6. Test results for mechanical properties of angle brackets used in laboratory tests and properties of 10 H grade steel categorised for durability in accordance with E 355

Nr kątownika-próbka/ Angle bracket No – sample	Wymiar próbki/ Sample dimension (mm)	R_e MPa	R_m MPa	A_5 %
1-A	5,4 x 19,9 (4,7 x 20,0)	363 (406)	472 (518)	28,5 (29,0)
1-B	5,5 x 19,9 (4,7 x 20,0)	354 (402)	466 (515)	28,0 (29,5)
2-A	5,2 x 19,9 (4,4 x 20,0)	391 (424)	522 (576)	27,5 (28,5)
2-B	5,2 x 19,9 (4,4 x 20,0)	382 (419)	515 (572)	28,0 (28,0)
3-A	5,1 x 19,9 (4,4 x 20,0)	346 (398)	455 (504)	29,7 (30,0)
3-B	5,1 x 19,9 (4,4 x 20,0)	346 (396)	452 (498)	29,0 (30,0)
4-A	5,1 x 19,9 (4,4 x 20,0)	355 (406)	479 (525)	26,0 (28,0)
4-B	5,3 x 19,9 (4,4 x 20,0)	350 (401)	478 (528)	26,0 (27,5)
5-A	5,3 x 19,9 (4,4 x 20,0)	392 (423)	514 (576)	24,3 (26,0)
5-B	5,3 x 19,9 (4,4 x 20,0)	395 (421)	520 (584)	26,5 (26,5)
Wartości średnie/Average values		**367 (410)**	487	
Odchylenie standardowe/Standard deviation S		19 (10)		
Właściwości materiału referencyjnego/ Reference material properties	Wg [3]/According to [3]	min. 355	490–20 630+10	min. 22,0

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.2

Średnia wartość granicy plastyczności (R_e = 367 MPa) dla populacji próbek pobranych z kątowników jest wyższa od wartości normowej wynoszącej 355 MPa. Jedynie w kątowniku nr 3 obie próbki wykazały granicę plastyczności nieznacznie poniżej R_{emin}. Biorąc pod uwagę występujące w próbkach wady powierzchniowe, można stwierdzić, że materiał kątowników spełnia wymagania określone w normie [3] dla stali 10H. Wyniki badania wykonane na próbkach po zeszlifowaniu wad powierzchniowych (wżerów) wykazały R_e na poziomie 410 MPa, co potwierdza, że materiał we wnętrzu kątowników nie wykazuje osłabienia związanego z 20-letnią eksploatacją. Zarówno R_m, jak i A_5 mieszczą się w zakresie wymagań określonych w normie [3].

3.6. Badanie stanu śrub montażowych

Pobrane do badań śruby czarne M16 i M12 wykazują objawy korozyjne podobne do materiałów kształtowników. Śruby nie mają na łbach oznaczenia klasy wytrzymałości. Badania metalograficzne nie wykazały obecności wad wewnętrznych typu mikropęknięcie lub korozja wewnętrzna, ani w obrębie gwintu, ani w przejściu trzpienia do łba śruby.

Badania twardości materiału śrub dały wynik rzędu 150–190 HV, który pozwala zakwalifikować je do klasy właściwości mechanicznych 5.6 lub 5.8, tj. wytrzymałości na rozciąganie rzędu 500 MPa [22].

3.7. Obliczenia wytrzymałościowe słupów z uwzględnieniem zużycia korozyjnego

Podstawowe dane dotyczące analizowanych słupów zestawiono w tabeli 7. W obliczeniach wytrzymałościowych uwzględniono normowo wymagane ekstremalne warunki pracy konstrukcji, występujące w I nizinnej strefie klimatycznej Polski. Biorąc pod uwagę ciężar przewodów, izolatorów i szadzi oraz aerodynamiczne oddziaływanie wiatru na elementy linii, a także naciągi przewodów (dot. słupa odporowo-narożnego) określono wartości sił obciążających konstrukcje (tabela 8).

Tabela 7. Podstawowe dane do obliczeń statycznych wytypowanych słupów serii B2
Table 7. Basic data for static calculations of selected B2 series pylons

Wyszczególnienie/Specification	**Typ słupa/Pylon type**		
	P+5	PL+10	M3+10
Szadź/Rime	Normalna/Normal		
Ciśnienie wiatru (Pa) na wysokości/Wind pressure at height:			
0–10 m	491		
10–16 m	537		
16–40 m	688		
Przewód roboczy/Main conductor	3xAFL-6 240 mm^2		
Przewód odgromowy/Ground wire	1xAFL-l,7 70 mm^2		
Wysokości słupa/Pylon height (m)	25,45	34,80	27,10
Ciężar słupa/Pylon weight (kN)	16,50	27,30	31,03
Izolatory/Insulators:			
Typ/Type	3xŁP 75/17	3xLPV	3xŁP75/17
Ciężar/Weight (kN)	0,38	1,38	0,38
Wysokość łańcucha/String height (mm)	1459	1814	1459
Rozpiętość łańcucha/String span (mm)	3400	3400	3400
Max. rozpiętość przęsła/Max. span (m)	355	350	390
Kąt załomu linii/Line refraction angle (2β, ryc./fig. 3a) (rad)	–	–	2,616

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 8. Zestawienie obciążeń słupów serii B2
Table 8. Load specification for B2 series pylons

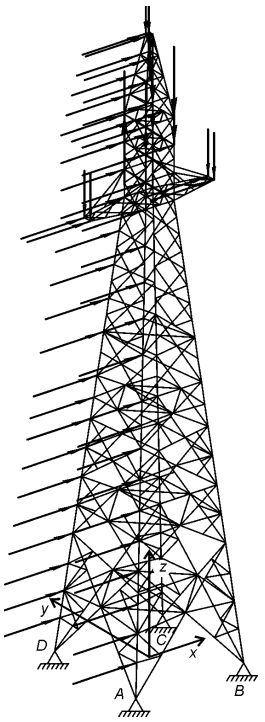
Źródło obciążenia/Source of load **Rodzaj obciążenia/Kind of load**	**Wartość siły/Force value (kN)**		
	Typ słupa/Pylon type		
	P+5	**PL+10**	**M3+10**
Przewód roboczy z izolatorem/Main conductor and insulator			
Składowa pionowa od ciężaru własnego/Vertical component of the weight V_R	4,15	4,12	4,49
Składowa pozioma od naporu wiatru/Horizontal component of wind pressure H_{Rx}	4,16	4,08	4,56
Składowa pionowa ciężar własny + szadź/Vertical component of the weight + rime V_{RS}	7,21	7,14	7,86

Źródło obciążenia/Source of load Rodzaj obciążenia/Kind of load	Wartość siły/Force value (kN)		
	Typ słupa/Pylon type		
	P+5	PL+10	M3+10
Naciąg całkowity/Total tension N_R			15,29
Wypadkowa naciągu/Resultant tension N_{Rw}			7,94
Składowa umownego naciągu/Conventional tension component F_{Rx}			2,64
Składowa umownego naciągu/Conventional tension component F_{Ry}			9,85
Przewód odgromowy/Ground wire			
Składowa pionowa od ciężaru własnego/Vertical component of the weight v_O	2,10	2,07	2,31
Składowa pozioma od naporu wiatru/Horizontal component of wind pressure H_{Ox}	2,24	2,20	2,42
Składowa pionowa ciężar własny + szadź/Vertical component of the weight + rime v_{OS}	4,15	4,09	4,57
Naciąg całkowity/Total tension N_O			5,50
Wypadkowa naciągu/Resultant tension N_{Ow}			2,85
Składowa umownego naciągu/Conventional tension component F_{Ox}			0,95
Składowa umownego naciągu/Conventional tension component F_{Oy}			3,54
Konstrukcja słupa/Pylon structure			
Wieżyczka/Turret	0,73	0,80	1,15
Kolumna/Column I	3,12	3,12	3,93
Kolumna/Column II		3,75	
Człon/Segment I	4,10	3,93	3,46
Człon/Segment II + 0	4,85	4,82	2,80
Człon/Segment III + 5	5,98	4,46	4,59
Człon/Segment IV + 10		4,58	4,64

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Zgodnie z wymaganymi wariantami obciążeń, słupy były poddawane działaniu wyżej podanych sił. Na ryc. 6 przedstawiono model słupa M3+5 z siłami działającymi w I wariancie obciążenia. Strzałki przedstawiające siły parcia wiatru na przewody uwzględniają również siły naciągu przewodów wynikające z załamania linii, gdyż wypadkowa naciągów pokrywa się z osią *x* – dwusieczną kąta załomu linii.

W przypadku słupów przelotowych pomiary wykazały, że zastosowano kątowniki o grubszych ściankach niż wymiary podane w dokumentacji technicznej tych konstrukcji. W związku z tym w stanie obecnym, tj. po 20-letniej eksploatacji, w słupie P+5 nie stwierdzono prętów nadmiernie wytężonych, zaś w słupie PL+10 tylko jeden pręt (nr 696) nie spełnia wymogów bezpieczeństwa. Obliczona wartość współczynnika bezpieczeństwa dla tego pręta wynosi 0.92. W przypadku tego słupa pręt niebezpieczny wystąpił tylko w II wariancie obciążenia, tj. podczas oddziaływania szadzi. W konstrukcji słupa M3+10 w stanie obecnym zidentyfikowano osiem prętów niebezpiecznych w I wariancie obciążenia i dwa pręty w III wariancie. Otrzymane wartości współczynników bezpieczeństwa N_b podano w tabeli 9.



Ryc. 6. Siły działające na słup odporowo-narożny M3+10 w I wariancie obciążenia
Fig. 6. Forces applied to M3+10 supporting corner pylon in the first load variation
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.2

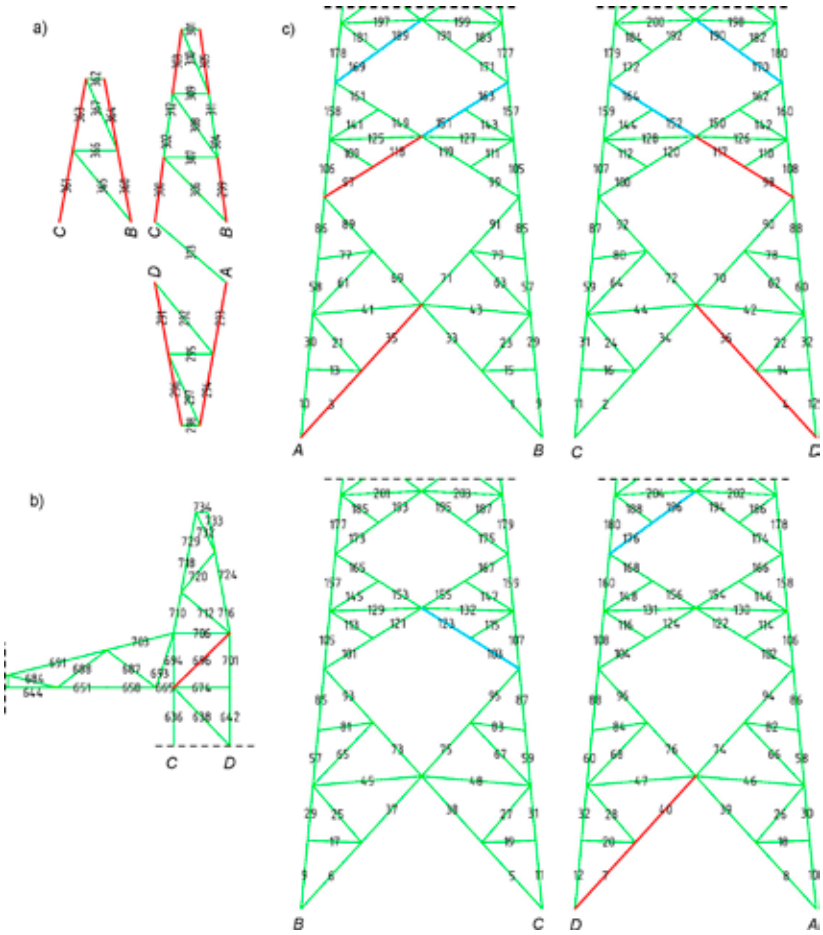
Tabela 9. Zestawienie prętów niebezpiecznych (stan aktualny)
Table 9. Collection of hazardous rod elements (current state)

Słup/Pylon:	**PL+10**							
Wariant obc./Load variation	**II**							
Nr pręta/Rod element No.	696							
N_b	0,92							
Słup/Pylon:	**M3+10**							
Wariant obc./Load variation	**I**							
Nr pręta/Rod element No.	3	4	35	36	97	98	117	118
N_b	0,81	0,81	0,81	0,81	0,85	0,85	0,85	0,85
Wariant obc./Load variation	**III**							
Nr pręta/Rod element No.	7	40						
N_b	0,95	0,96						

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Wartość współczynnika bezpieczeństwa mniejsza niż jeden oznacza, że pręt jest zagrożony zniszczeniem i powinien zostać wymieniony na mocniejszy lub odpowiednio wzmocniony, np. przez dodanie pręta bliźniaczego.

Wyniki analizy konstrukcji nośnych są generowane przez program autorski zarówno w formie wartości liczbowych, jak i w formie rysunków ścian/poprzeczników słupa z prętami niebezpiecznymi oznaczonymi odpowiednim kolorem [23] (ryc. 7).



Ryc. 7. Usytuowanie prętów niebezpiecznych w słupach: po 20 latach eksploatacji – kolor czerwony, prognoza po 40 latach eksploatacji – kolor czerwony i niebieski; a) P+5, b) PL+10, c) M3+10
Fig. 7. Location of hazardous pylon rod elements; after 20 years of use – red, forecast after 40 years of use – red and blue; a) – P +5, b) - PL+10, c) – M3+10
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

3.8. Prognoza trwałości linii energetycznej

Korzystając ze wzoru (1), przy warunkach granicznych (por. tabela 6):

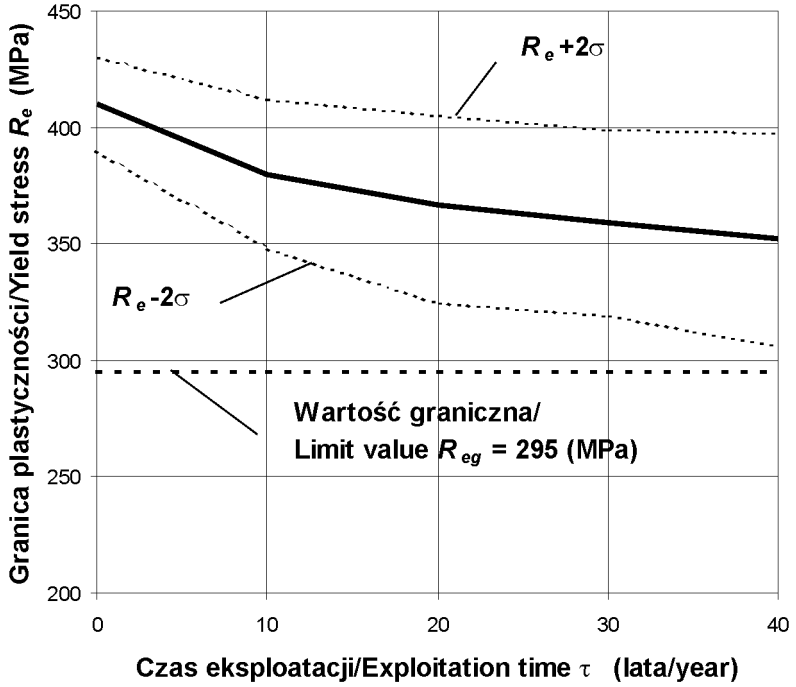
R_e^{20} = 367 ± 38 MPa,

R_e^{0} = 410 ± 20 MPa,

obliczono wartość współczynnika a = –0,13. W tej sytuacji równanie przedstawiające zmiany granicy plastyczności w czasie eksploatacji R_e^{τ} obiektu przyjmuje postać:

$$R_e^{\tau} = \frac{R_e^0 g}{g + 0.13\sqrt{\tau}} \tag{2}$$

Wykres przedstawiający zmiany analizowanej cechy dla elementu konstrukcyjnego o grubości ścianki g = 5 mm z granicami dwusigmowego przedziału ufności Neumana przedstawiono na ryc. 8.



Ryc. 8. Zmiana granicy plastyczności materiału słupa w czasie eksploatacji
Fig. 8. Yield strength variation of the pylon material during use
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Po uwzględnieniu prognozowanego zużycia korozyjnego prętów analizowanych kratownic, które wystąpi po kolejnych 20 latach eksploatacji linii, tj. po 40 latach od jej budowy, na podstawie obliczeń stwierdzono, że w konstrukcjach wystąpią pręty nie spełniające warunku bezpieczeństwa wytrzymałościowego. Ich numery i wartości współczynników bezpieczeństwa zebrano w tabeli 10, zaś ich usytuowanie w konstrukcjach przedstawiono na ryc. 7. W celu zapewnienia bezpiecznej pracy słupów na okres kolejnych 20 lat należy wzmocnić lub wymienić na mocniejsze wszystkie pręty zaznaczone na wspomnianej rycinie kolorem czerwonym i niebieskim. Po stosownej modyfikacji analizowanych konstrukcji należałoby wykonać obliczenia sprawdzające, żeby upewnić się, czy wszystkie pręty spełniają warunki bezpieczeństwa.

Tabela 10. Zestawienie prętów niespełniających warunku bezpieczeństwa (prognoza na 20 lat)
Table 10. Collection of rod elements, which fail safety requirements (forecast for 20 years)

Słup/Pylon:	**P+5**											
Wariant obc./Load variation	**II**											
Nr pręta/Rod element No.	300	299	303	305	291	293	294	296	360	361	363	364
N_b	0,90	0,91	0,91	0,91	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
Słup/Pylon:	**PL+10**											
Wariant obc./Load variation	**II**											
Nr pręta/Rod element No.	696											
N_b	0,76											

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.2

Słup/Pylon:	M3+10											
Wariant obc./Load variation	I											
Nr pręta/Rod element No.	3	4	35	36	97	98	117	118	169	170	189	190
N_b	0,63	0,63	0,63	0,63	0,65	0,65	0,65	0,65	0,79	0,79	0,80	0,80
Nr pręta/Rod element No.	151	152	163	164								
N_b	0,92	0,92	0,92	0,97								
Wariant obc./Load variation	III						IV					
Nr pręta/Rod element No.	7	40	176	196	103	123	176	196				
N_b	0,76	0,77	0,92	0,93	0,94	0,94	0,96	0,97				

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Ze względu na bezpieczeństwo linii elektroenergetycznej norma [24] narzuca ograniczenia na maksymalne wychylenia punktów szczytowych słupów. W związku z tym obliczono maksymalne wartości przemieszczeń szczytowych węzłów konstrukcji kratownicowych, uwzględniając osłabienie przekrojów poprzecznych prętów kratownicy korozją po 40-letniej eksploatacji. Odnosząc te wartości do wartości dopuszczalnych wyspecyfikowanych w normie, otrzymano następujące wartości współczynników dla analizowanych słupów: P+5 – 0.32, PL+10 – 0.53, M3+10 – 0.33. Największą wartość otrzymano dla słupa odmiany leśnej, jednak jest ona daleka od wartości granicznej równej jedności. Warunki sztywności konstrukcji będą spełnione z dużym zapasem.

4. Podsumowanie

Zaproponowana metodologia oceny bezpieczeństwa pracy konstrukcji wsporczych linii elektroenergetycznych ma dwa etapy: badań materiałowych i analizy wytrzymałości.

Przyjęta metoda badań materiałowych elementów eksploatowanych słupów linii elektroenergetycznych umożliwia weryfikację jakości zastosowanych materiałów i zgodności wymiarów kształtowników z projektem, jak również określenie głębokości wżerów korozyjnych, co jest niezbędne do określenia stopnia osłabienia przekrojów poprzecznych prętów kratownic. Alternatywą dla badań metalograficznych i wytrzymałościowych może być wykorzystanie metod NDT do oceny ubytków korozyjnych i właściwości mechanicznych elementów konstrukcyjnych słupów.

Autorski program komputerowy dedykowany do analizy wytrzymałościowej słupów kratownicowych umożliwia sprawne obliczenia przy różnych wariantach obciążeń wymaganych przez przepisy normowe. Ocena bezpieczeństwa wytrzymałościowego konstrukcji po pewnym czasie eksploatacji polega na uwzględnieniu w obliczeniach osłabienia zużyciem korozyjnym przekrojów poprzecznych prętów kratownic. Program automatycznie generuje siatki prętów ścian słupów i poprzeczników, na których pręty niebezpieczne są oznaczane odpowiednim kolorem, co umożliwia ich łatwą lokalizację.

Na podstawie prognozy postępów korozji możliwa jest identyfikacja prętów niebezpiecznych po dowolnym czasie eksploatacji konstrukcji.

Wskazanie prętów niebezpiecznych umożliwia służbom technicznym odpowiedzialnym za eksploatację linii ich wzmocnienie lub wymianę na mocniejsze tak, aby nie dopuszczać do sytuacji niebezpiecznych związanych z postępami korozji.

Badania diagnostyczne i obliczenia słupów linii energetycznych budowanych w poprzednim wieku powinny być przeprowadzane również ze względu na zdarzające się przypadki stosowania zamienników, tj. prętów o przekrojach odbiegających nieco od wymagań projektowych lub materiałów o niższej odporności korozyjnej. W owych czasach takie postępowanie wynikało na ogół z chwilowych braków materiałowych z równoczesnym dążeniem do zachowania planowanego terminu realizacji inwestycji. Okresowej ocenie żywotności powinny być poddawane zwłaszcza słupy odporowo-narożne, bowiem ich awarie na ogół skutkują zniszczeniem całych sekcji linii.

Należy podkreślić, że otrzymane wyniki w znacznym stopniu zależą od warunków środowiskowych, w których usytuowane były słupy, i nie mogą być uogólniane na konstrukcje pracujące w innych warunkach.

Literatura

[1] Głuszko M., *Zagadnienia ochrony antykorozyjnej konstrukcji stalowych oraz urządzeń elektroenergetycznych eksploatowanych w warunkach atmosferycznych*, Instytut Elektrotechniki, Warszawa 2008.

[2] Ziółko J., Włodarczyk W., Mendera Z., Włodarczyk S., *Stalowe konstrukcje specjalne*, ARKADY, Warszawa 1995.

[3] PN-83/H-84017: *Stal konstrukcyjna trudno-rdzewiejąca – niskowęglowa z niewielkim dodatkiem Cr i Cu. Spawalna.*

[4] Leygraf C., Graedel T., *Atmospheric Corrosion*, *Electrochemical Society Series*, J. Wiley & Sons, New York 2000.

[5] PN-EN ISO 12944-2:2000 *Klasyfikacja atmosferycznych środowisk korozyjnych dla klimatu umiarkowanego.*

[6] Morcillo M., Chico B., Díaz I., Cano H., de la Fuente D., *Atmospheric corrosion data of weathering steels. A review*, "Corrosion Science" Vol. 77, 2013, pp. 6–24.
[7] Schreir L.L., *Korozja. Poradnik*, Metalurgija, Moskwa 1981.
[8] Wielgosz A., *Badania zmian zachodzących w eksploatowanych stalach*, XII Konfer. Metaloznawcza Katowice–Kozubnik, 1987, 267.
[9] PN-78/M-04610: *Korozja metali. Metody oceny badań korozyjnych*.
[10] PN-84/H-04308: *Pobieranie próbek do badań własności mechanicznych*.
[11] PN-80/H-04310*: Próba statyczna rozciągania metali*.
[12] PN-EN ISO 6507-1: *Metale. Pomiar twardości sposobem Vickersa. Cz. 1. Metoda badań*.
[13] Pelc J., *A strategy for automatic elimination of mechanical instability in structural analysis of spatial truss tower model*, "Technical Sciences" Issue 15(2), 2012, pp. 319–330.
[14] Rusiński E., Czmochowski J., Smolnicki T., *Zaawansowana metoda elementów skończonych w konstrukcjach nośnych*, Oficyna Wydawnicza PWr, Wrocław 2000.
[15] PN-80/B-03200: *Konstrukcje stalowe. Obliczenia statyczne i projektowanie*.
[16] Larrabee C.P., *Corrosion Handbook*, ed. by. Uhlig, Willey and Sons, New York 1948, 124.
[17] Uhlig H.H., *Korozja i jej zapobieganie*, WNT, Warszawa 1976, 172.
[18] Simillion H. , Dolgikh O., Terryn H., Deconinck J., *Atmospheric corrosion: A review focussed on modeling*. "Corrosion Reviews", Vol. 32 Issue 3–4, 2014, pp. 73–100.
[19] PN-69/H-93401*: Stal walcowana – Kątowniki równoramienne*.
[20] Chorafas D.N., *Statistical Processes and Reliability Engineering*, D. Van Nostrand Comp. Inc., 1976.
[21] Kubac R., Pilarczyk S., Pronobis A., *Tablice stali zwykłej jakości*, Śląsk, Katowice 1981.
[22] PN-82/M-82054.03: *Własności mechaniczne śrub i wkrętów*.
[23] Pelc J., *Komputerowe wspomaganie analizy wytrzymałościowej kratownicowych słupów linii elektroenergetycznych*, „Przegląd Mechaniczny", Vol. 71 Issue 4, 2012, pp. 30–34.
[24] PN-84/B-03205: *Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Stalowe konstrukcje wsporcze. Obliczenia statyczne i projektowanie*.

* * *

dr inż. Krzysztof Dutka – absolwent Wydziału Metalurgicznego Politechniki Częstochowskiej. Od 1976 r. jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Wydziału Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, obecnie na stanowisku asystenta. Zajmuje się tematyką dotyczącą inżynierii materiałowej, ze szczególnym uwzględnieniem procesów degradacji materiałów konstrukcyjnych.

dr hab. inż. Józef Pelc – absolwent Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej. Od 1982 r. jest pracownikiem naukowo-dydaktycznym Wydziału Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, obecnie na stanowisku profesora nadzwyczajnego. Zajmuje się zagadnieniami wytrzymałości konstrukcji inżynierskich i metodami komputerowymi mechaniki ciał odkształcalnych, w szczególności analizą bezpieczeństwa wytrzymałościowego wielkich konstrukcji kratownicowych.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB Please cite as: BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 45–51

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.3

dr hab. **Henryk Passia,** prof. GIG[1]
mgr inż. **Przemysław Kędzierski**[2]

Przyjęty/Accepted/Принята: 05.04.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 20.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2015;

Antystatyzacja tworzyw sztucznych w celu uniknięcia zagrożenia wybuchem

Production of Anti-static Plastics to Avoid the Threat of Explosion

Антистатизация пластмассы с целью избежания угрозы взрыва

A B S T R A K T

Cel: Tworzywa sztuczne zakwalifikowane do izolatorów elektrycznych nie spełniają kryteriów polskich i międzynarodowych norm [1], [2], [3], [4] oraz polskiej legislacji [5] odnośnie właściwości antyelektrostatycznych, wobec czego nie mogą być dopuszczone do użytkowania w strefach zagrożonych wybuchem. W celu spełnienia wymagań wyżej wymienionych norm i przepisów, uzyskania wyrobu antystatycznego oraz obniżenia ryzyka wyładowania elektrostatycznego mogącego być inicjatorem wybuchu tworzywa sztuczne poddaje się antystatyzacji, czyli poprawianiu właściwości antyelektrostatycznych (głównie zmniejszeniu rezystancji i rezystywności).
Projekt i metoda: Przedstawiono wyniki prowadzonych badań właściwości elektrostatycznych wyrobów. Z analizy parametrów elektrycznych, statycznych (rezystancja powierzchniowa, skrośna oraz między punktami) i dynamicznych (czas zaniku ładunku, zdolność do elektryzacji, natężenie pola elektrycznego), analizy stabilności w czasie parametrów elektrycznych, wpływu na środowisko wyrobów antystatyzowanych uzyskano autorską charakterystykę procesu antystatyzacji, którą przedstawiono w publikacji. Wybrano wyroby reprezentujące różne metody i sposoby realizacji tego procesu. Pomimo że technologia antystatyzacji jest znana, to nie jest ona gruntownie rozpoznana i opisana między innymi w zakresie trwałości w czasie.
Antystatyzacja jest procesem polegającym na zwiększeniu szybkości rozpraszania (odprowadzania) ładunków. Na szybkość rozładowania decydujący wpływ ma pojemność elektryczna wyrobu i jego rezystancja. Antystatyzacja polega na modyfikacji dwóch parametrów wyrobów: zmianie pojemności elektrycznej oraz zmianie rezystancji elektrycznej wyrobów.
Wyniki: W ramach pracy badawczej, realizowanej w Głównym Instytucie Górnictwa od 2012 roku, przeprowadzono szereg kompleksowych badań, które zaowocowały zaproponowaniem podziału technik antystatyzacji z uwagi na jej różnorodny charakter i typy. Na podstawie szeregu badań dużej liczby różnorodnych wyrobów i materiałów zaproponowano podział technik antystatyzacji, który jest rozszerzeniem i uzupełnieniem dotychczas istniejących w specjalistycznej literaturze klasyfikacji.
Wnioski: Wyniki pracy mogą być wykorzystane przy projektowaniu procesów przetwórstwa tworzyw sztucznych celem opracowania technologii produkcji wyrobów antystatycznych, których właściwości antystatyczne są trwałe w czasie oraz celem analizy ryzyka związanego z elektryzacją wyrobu.

Słowa kluczowe: elektryczność statyczna, elektrostatyka, antystatyzacja, elektryzacja, rezystancja
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

A B S T R A C T

Aim: Plastics used as electrical insulators do not fulfil the criteria for Polish and international standards [1], [2], [3], [4] and Polish legislation [5], with regard to anti-static properties. Therefore, such materials cannot be approved for use in potentially explosive environments. In order to satisfy the requirements of the aforementioned standards and regulations, and produce a product with anti-static properties, thus reducing the risk of an electrostatic discharge, which could initiate the explosive fragmentation of plastic materials, there is a need to improve anti-static properties of plastics mainly by reducing their level of resistance and resistivity.

[1] Wyższa Szkoła Zarządzania Ochroną Pracy, Katowice / University of Labour Safety Management in Katowice, Poland; wkład merytoryczny w powstanie artykułu / percentage contribution – 30%;
[2] Główny Instytut Górnictwa, Katowice / Central Mining Institute in Katowice, Poland; pkedzierski@gig.eu; wkład merytoryczny w powstanie artykułu / percentage contribution – 70%;

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.3

Method: The paper presents research results for electrostatic properties of products. From an examination of electric parameters; static (surface, cross-sectional and point to point resistance) and dynamic (discharge lead time, capability to electrify, electrical field strength), and based on the stability of electrical parameters over a time period as well as impact on the environment involved with the manufacture of anti-static products, the authors identified a production process for anti-static products, which is revealed in the publication. Selected products represented a range of different approaches and methods of realising the process. Although technology for manufacturing anti-static products is known, nevertheless, it is not thoroughly recognised or described, among other things, in context of durability over time. An anti-static condition is a process of increasing the dissipation (discharge) of static electricity over time. The decisive influence on the speed of dissipation is the electrical capacitance and electrical resistance of the product. Attainment of an anti-static condition is dependent on the modification of two product parameters. Namely, a change to electrical capacitance and change to electrical resistance of products.
Results: As part of research work, performed at the Central Mining Institute since 2012, a series of extensive studies were conducted, which, in view of their diverse nature and type, culminated in a proposed partition of anti-static approaches. Based on several studies of a vast range of products and materials, the proposed partition of techniques to achieve anti-static conditions extends and complements existing methods revealed in specialist literature.
Conclusions: Results from this work can be used in the design of plastic manufacturing processes, with a focus on developing technology for the production of anti-static products, which remain stable over time and to analyze the risk associated with the use of such products.

Keywords: static electricity, electrostatics, anti-static process, charging test, resistance
Type of article: original scientific article

АННОТАЦИЯ

Цель: Пластики, принадлежащие по классификации к электрическим изоляторам, не соответствуют критериям польских и международных стандартов [1], [2], [3], [4] и польского законодательства [5] относительно антистатических свойств, поэтому не могут быть допущены к использованию в зонах, находящихся под угрозой взрыва. Для соблюдения требований вышеуказанных стандартов и положений, а также для получения антистатического изделия и снижения риска появления электростатического разряда, который может стать источником взрыва, пластики подвергаются процессу антистатизации – то есть улучшения антистатических свойств (в основном, уменьшении электрического сопротивления и удельного сопротивления).
Проект и методы: Представлены результаты проведенных исследований электростатических свойств изделий. Из анализа электрических, статических (поверхностное электрическое сопротивление, объемное сопротивление и сопротивление между точками) и динамических (время исчезновения электрического заряда, способность к электризации, напряженность электрического поля) параметров и на основе анализа стабильности во времени электрических параметров, влияния на среду антистатизированных изделий, получена авторская характеристика процесса антистатизации, которая представлена в публикации. Выбраны изделия, представляющие различные методы и способы реализации этого процесса. Хотя технология антистатизации общеизвестна, она ещё не вполне изучена и описана, что касается её устойчивости во времени. Антистатизация является процессом, заключающимся в повышении скорости рассеивания электрических разрядов. На скорость рассеивания основное влияние имеет электрическая ёмкость изделия и его электрическое сопротивление. Антистатизация заключается в модификации двух параметров изделий: изменении электрической ёмкости и изменении электрического сопротивления изделий.
Результаты: В рамках исследовательской работы, реализуемой в Главном Институте Горного Дела с 2012 года, проведен ряд комплексных исследований, которые позволили предложить классификацию техник антистатизации относительно ее разнооразного характера и типа. На основе ряда исследований большого количества различных изделий и материалов предложено разделение техник антистатизации, которое является расширением и дополнением имеющихся в специальной литературе классификаций.
Выводы: Результаты работы могут быть использованы при проектировке процессов обработки пластиков с целью разработки технологии производства антистатических изделий, свойства которых устойчивы во времени и с целью анализа риска, связанного с электризацией изделия.

Ключевые слова: статическое электричество, электростатика, антистатизация, электризация, электрическое сопротивление
Вид статьи: оригинальная научная статья

1. Wstęp

Zapłon opar paliwa podczas tankowania samochodu na stacji paliw [7] jest przykładem zagrożenia związanego ze zjawiskiem elektryczności statycznej. Jego przyczyną jest nadmierna elektryzacja skutkująca wyładowaniem elektrostatycznym, które powoduje zapłon albo wybuch mieszanin wybuchowych.

Elektryczność statyczna jest zjawiskiem powszechnym, a związana jest z powstaniem ładunków nadmiarowych. Nadmiarowe ładunki elektrostatyczne powstają podczas tarcia, rozdzielania lub indukcji. Wyładowania elektrostatyczne niosą za sobą negatywne skutki zarówno dla człowieka, jak i urządzeń (szczególnie urządzeń elektronicznych) oraz wyrobów. Wyładowania elektrostatyczne niosą zagrożenie wybuchem i pożarem w strefach potencjalnie wybuchowych.

Tworzywa sztuczne z reguły nie są antystatyczne, to znaczy elektryzują się, gromadząc nadmiarowy ładunek elektryczny, co stanowi zagrożenie wystąpienia wyładowania elektrostatycznego, które może zainicjować wybuch atmosfery wybuchowej, może zniszczyć urządzenie elektroniczne lub może wpłynąć negatywnie na człowieka poprzez przepływ przez ciało prądu wyładowania stanowiącego zagrożenie dla zdrowia.

Oczywiste jest, że tworzywa sztuczne stosowane jako materiały izolacyjne nie spełniają kryteriów polskich i międzynarodowych norm [1], [2], [3], [4] i polskiej legislacji [5] odnośnie właściwości antyelektrostatycznych, wobec czego nie mogą być dopuszczone do użytkowania w strefach zagrożonych wybuchem. W celu spełnienia wymagań wyżej wymienionych norm i przepisów, uzyskania wyrobu antystatycznego oraz obniżenia ryzyka wyładowania elektrostatycznego mogącego być inicjatorem wybuchu tworzywa sztuczne poddaje się antystatyzacji, czyli poprawianiu właściwości antyelektrostatycznych [9] (głównie zmniejszeniu rezystancji i rezystywności).

Ubranie pracownika wspomnianej stacji paliw wykonującego swoje obowiązki w momencie, gdy doszło do zdarzenia, czyli wybuchu opar paliwa, najprawdopodobniej nie było antyelektrostatyczne lub straciło po pewnym czasie właściwości antyelektrostatyczne.

W publikacji podjęto się opisu i usystematyzowania technologii antystatyzacji. Autorzy publikacji proponują podział techniki antystatyzacji z uwagi na cechy procesu antystatyzacji, ale również ze względu na trwałość procesu antystatyzacji.

Oddziaływania elektryczności statycznej należy podzielić na trzy grupy [8]:

- negatywne skutki wyładowania odczuwane przez człowieka,
- negatywne skutki wyładowania wpływające na ESDS (*Electro Static Sensitive Device* – Obiekt wrażliwy na wyładowania elektrostatyczne),
- zapłon albo wybuch mieszanin wybuchowych w strefach zagrożonych wybuchem.

W elektrostatyce wprowadzono podział materiałów [1], [2]. [3], [4], [6], [9], [12] na trzy grupy: materiały przewodzące, materiały rozpraszające i izolatory. Kryterium podziału najczęściej jest rezystancja powierzchniowa (R_S) lub rezystancja skrośna (R_V). Wyróżnia się materiały: przewodzące, które wykazują rezystancję $<10^5\Omega$, materiały rozpraszające $>10^5\Omega$ i $<10^9\Omega$, izolatory $>10^9\Omega$/.

Wiele materiałów zmienia swoje właściwości elektrostatyczne w czasie. Jest to związane z tym, że materiały te wykonane są z antystatyzowanych i uniepalnianych tworzyw sztucznych. Technologie antystatyzacji są znane i powszechnie stosowane [10], [11] przez producentów tworzyw sztucznych, którzy swoje produkty dostarczają do stref potencjalnie wybuchowych, gdzie parametry elektrostatyczne wyrobów są regulowane przez polskie i europejskie prawo. Pomimo że technologie antystatyzacji są znane, to nie są one dogłębnie rozpoznane, zbadane i scharakteryzowane. Istnieje kilka pozycji literaturowych na temat antystatyzacji, lecz są to opracowania, których nie da się wykorzystać w szerszym zakresie ze względu na ich szczegółowy charakter.

Wielu producentów antystatyzuje swoje wyroby wykonane z tworzyw sztucznych, nie zdając sobie sprawy z tego, że te własności ulegają zanikowi, a parametry rezystancyjne wyrobów zmieniają się w czasie. Świadomość nietrwałości wybranych metod antystatyzacji przejawiać się może w postępowaniu odbiorcy, który do użytkowania dopuszcza odzież, której właściwości antystatyczne muszą spełniać założone kryteria zarówno po wyprodukowaniu wyrobu, jak i po pięćdziesięciu praniach wyrobu.

2. Antystatyzacja

Antystatyzacja jest procesem polegającym na zwiększeniu szybkości rozpraszania (odprowadzania) ładunków. Antystatyzacja ma na celu zmianę parametrów rezystancyjnych materiałów, często zmianę kategorii tworzywa sztucznego z izolatora na materiał rozpraszający.

Kinetyka rozładowania z naelektryzowanego materiału do uziemienia [12] jest opisana funkcją wykładniczą (1)

$$Q = Q_0 \times e^{-\frac{t}{\tau}} \tag{1}$$

gdzie:
– maksymalna wartość ładunku po naelektryzowaniu
– stała czasowa rozładowania równa

Po przekształceniu stałej czasowej, wzór (1) otrzymuje postać (2)

$$Q = Q_0 \times e^{-\frac{t}{RC}} \tag{2}$$

Ze wzoru (2) wynika, że na szybkość rozładowania decydujący wpływ ma pojemność elektryczna i rezystancja wyrobu. Antystatyzacja polega na modyfikacji dwóch parametrów wyrobów: zmianie pojemności elektrycznej C oraz zmianie rezystancji elektrycznej wyrobów R.

2.1. Zwiększanie pojemności elektrycznej układu

Zwiększenie pojemności elektrycznej układu ma na celu osłabienie wyładowań elektrostatycznych. Warunkiem powstania wyładowania jest istnienie odpowiednio dużej różnicy potencjałów. Przekształcając wzór (3) określający ładunek elektrostatyczny:

$$Q = C\ x\ U \tag{3}$$

można otrzymać postać (4) dla potencjału elektrostatycznego:

$$U = \frac{Q}{C} \tag{4}$$

Z formuły (4) wynika, że potencjał jest wprost proporcjonalny do wartości ładunku i odwrotnie proporcjonalny do pojemności układu. Zwiększając pojemność układu zmniejsza się potencjał układu.

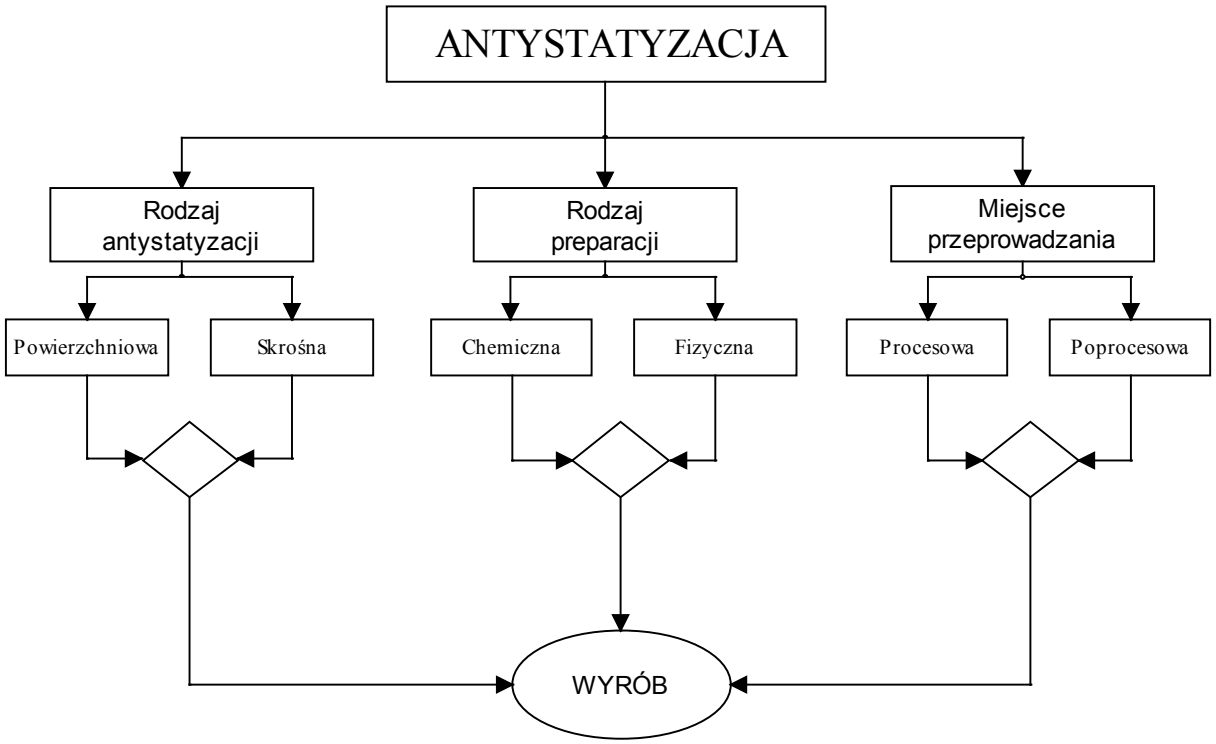
2.2. Zwiększenie przewodności elektrycznej materiałów

Zwiększanie przewodności elektrycznej materiałów jest kolejną z metod antystatyzacji [4]. Skutkiem antystatyzacji wyrobów jest zmniejszenie rezystancji powierzchniowej (R_S) lub rezystancji skrośnej (R_V) wyrobu, co skutkuje zmianą klasyfikacji wyrobu (np. z izolatora na rozpraszający).

2.3.Podział procesu antystatyzacji ze względu na typy

W ramach pracy badawczej [13], realizowanej w Głównym Instytucie Górnictwa w 2012 roku, przeprowadzono szereg kompleksowych badań, które zaowocowały zaproponowaniem podziału technik antystatyzacji ze względu na typy. Wprowadzono rozszerzone w stosunku do prezentowanych w literaturze [10] i [14], kryteria podziału technologii antystatyzacji.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.3



Ryc. 1. Podział techniki antystatyzacji
Źródło: Opracowanie własne.

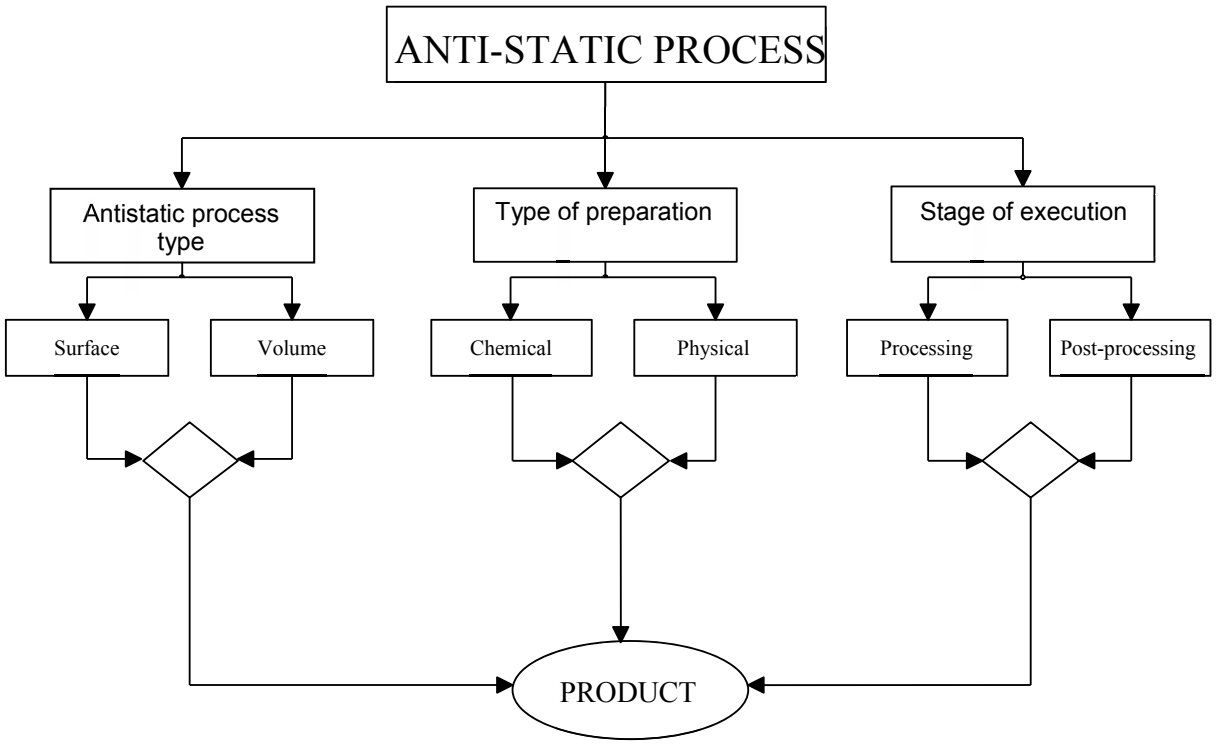


Fig. 1. Partition of the anti-static process
Source: Own elaboration.

Każdy wyrób antystatyzowany można rozpatrywać według trzech typów antystatyzacji – ze względu na rodzaj antystatyzacji, rodzaj preparacji i miejsce przeprowadzenia) lub łącznie, jako jeden z ośmiu rodzajów materiałów antystatyzowanych:

- powierzchniowo chemicznie procesowo,
- powierzchniowo chemicznie poprocesowo,
- powierzchniowo fizycznie procesowo,
- powierzchniowo fizycznie poprocesowo,
- skrośnie chemicznie procesowo,
- skrośnie chemicznie poprocesowo,
- skrośnie fizycznie procesowo,
- skrośnie fizycznie poprocesowo.

Antystatyzacja powierzchniowa – proces antystatyzacji ma na celu zmniejszenie rezystancji powierzchniowej wyrobu. Antystatyzacja powierzchniowa realizowana jest przez pokrycie powierzchni tlenkami metali, wprowadzenie powłok metalowych lub powłok węglowych [14] na przykład antystatyzacją powierzchniową jest ekranowanie.

Antystatyzacja skrośna – proces antystatyzacji mający na celu zmniejszenie rezystancji skrośnej wyrobu. Zwiększenie przewodności skrośnej można osiągnąć za pomocą dodatków takich antystatyków jak sadza, grafit, opiłki i włókna metalowe [12].

Antystatyzacja chemiczna – poprzez wprowadzenie dodatku w procesie antystatyzacji. Jest realizowana poprzez dodanie odpowiedniego środka chemicznego. Obróbka chemiczna (chemiczna preparacja) jest bardzo rozpowszechnioną metodą w przemyśle włókienniczym i produkcji tworzyw sztucznych. Efektem ingerencji chemicznej jest utworzenie warstwy o określonej przewodności elektrycznej. Wiele z tych preparatów chłonie wilgoć przy określonym poziomie wilgotności względnej powietrza. Tkanina staje się antystatyczna przy pewnej wilgotności względnej powietrza. Często używanymi dodatkami antystatycznymi są elektrolity.

Antystatyzacja fizyczna – polega na wprowadzeniu do materiału antystatyzowanego dodatków przewodzących (domieszek). Antystatyzację fizyczną stosuje się przy produkcji dzianin, których przykładowo 98% składu stanowi poliester, a 2% włókno węglowe. Rozpowszechnione w produkcji wyrobów wykonanych w technice przeplotu jest wplatanie cienkich drutów metalowych. Antystatyzacja fizyczna cechuje się większą trwałością niż antystatyzacja chemiczna, ze względu na większą trwałość antystatyku (nitki węglowe) i braku zależności od wilgotności względnej powietrza (higroskopijność chemicznych antystatyków).

Antystatyzacja poprocesowa – antystatyzacja tego typu jest przeprowadzana po wyprodukowaniu wyrobu. Proces antystatyzacji nie jest związany z procesem produkcji i często wykonywany jest w innym miejscu niż zakład produkcyjny.

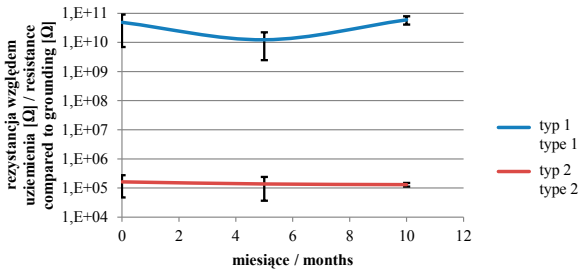
Antystatyzacja procesowa – ten typ antystatyzacji wymaga modyfikacji linii technologicznej i produkcyjnej. Przykładem antystatyzacji procesowej jest wprowadzanie domieszki włókien przewodzących do tkaniny.

2.4. Trwałość antystatyzacji

Badania trwałości [13] przeprowadzonych procesów antystatyzacji wyrobów przeprowadzono w Głównym Instytucie Górnictwa w 2012 roku. Poniżej przedstawiono wybrane wyniki badań właściwości elektrostatycznych wyrobów przeprowadzonych cyklicznie w dłuższym okresie czasu. Każdy wyrób został zakwalifikowany według podziału zaproponowanego na ryc. 1.

Wykładziny podłogowe – wyrób według kryteriów (ryc. 1) podlega podziałom na:

- antystatyzowany skrośnie (o czym świadczy niska rezystancja powierzchni względem uziemienia),
- preparowany fizycznie (poprzez wprowadzenie dodatku),
- antystatyzowany procesowo (antystatyzację przeprowadzono na etapie produkcji wyrobu).

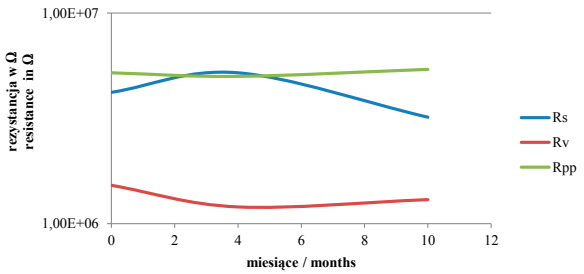


Ryc. 2. Rezystancja między punktami dwóch typów wykładzin podłogowych
Fig. 2. Point-to-point resistance of two types of flooring
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

W okresie 10 miesięcy zachowuje swoje właściwości na niezmiennym poziomie, co świadczy o stabilności procesu antystatyzacji.

Fartuch antyelektrostatyczny – wyrób według kryteriów (ryc. 1) podlega podziałom na:

- antystatyzowany skrośnie (o czym świadczy niska rezystancja powierzchni względem uziemienia),
- preparowany fizycznie (poprzez wprowadzenie dodatku w formie włókien przewodzących),
- antystatyzowany procesowo (antystatyzację przeprowadzono na etapie produkcji wyrobu).



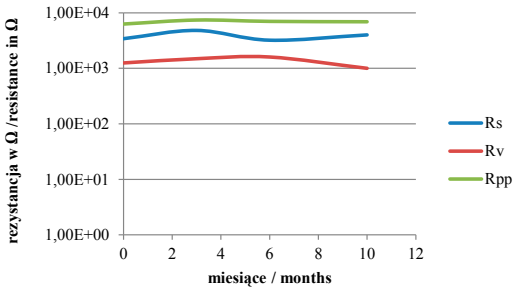
Ryc. 3. Rezystancja fartucha antystatycznego
Fig. 3. Resistance of an anti-static apron
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 45–51

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.3

Tkanina z przeplotem metalowym – wyrób według kryteriów (ryc. 1) podlega podziałom na:

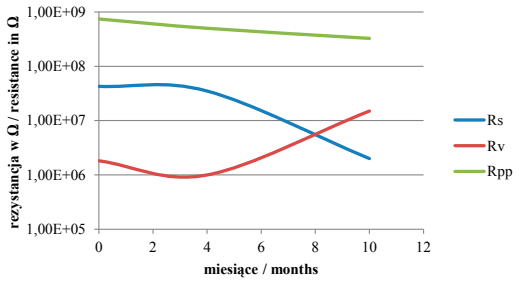
- antystatyzowany skrośnie (o czym świadczy niska rezystancja powierzchni względem uziemienia),
- preparowany fizycznie (poprzez wprowadzenie dodatku włókien przewodzących),
- antystatyzowany procesowo (antystatyzację przeprowadzono na etapie produkcji wyrobu).



Ryc. 4. Rezystancja tkaniny z przeplotem metalowym
Fig. 4. Resistance of a metal-interlaced fabric
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tkanina antystatyzowana – wyrób według kryteriów (punkt 2.3. ryc. 1) podlega podziałom na:

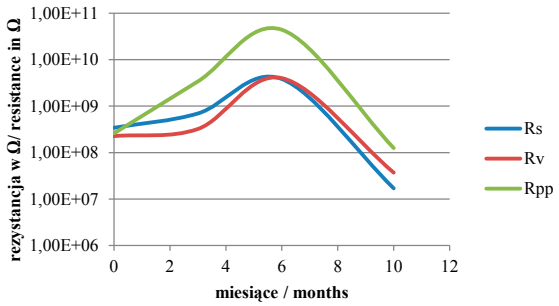
- antystatyzowany powierzchniowo (wyrób pokrywany poprzez spryskanie),
- preparowany chemicznie,
- antystatyzowany poprocesowo.



Ryc. 5. Rezystancja tkaniny typ 1 (opracowanie własne)
Fig. 5. Resistance of type 1 fabric
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tkanina antystatyzowana – wyrób według kryteriów (ryc. 1) podlega podziałom na:

- antystatyzowany skrośnie (o czym świadczy dodanie antystatyku na etapie produkcji nitek, z których wykonuje się tkaninę),
- preparowany chemicznie (przez dodatek włókien przewodzących),
- antystatyzacja procesowa (antystatyzację przeprowadzono na etapie produkcji wyrobu).



Ryc. 6. Rezystancja tkaniny typ 2
Fig. 6. Resistance of type 2 fabric
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

3. Podsumowanie

Technologia antystatyzacji, pomimo szerokiego stosowania w przemyśle przetwórstwa tworzyw sztucznych, nie doczekała się jeszcze kompleksowego opracowania literaturowego. Najbardziej aktualne informacje literaturowe pochodzą z końca lat 80. XX wieku oraz z wąsko tematycznych publikacji w specjalistycznych czasopismach bez szans na zastosowanie ogólne. W publikacji podano rozszerzoną względem dotychczas znanych [9], [11] i [12].

Antystatyzację stosuje się w celu obniżenia możliwości naelektryzowania się wyrobu w czasie jego eksploatacji. Utrzymanie początkowych właściwości materiałów w czasie jest bardzo istotne w odniesieniu do ich stosowania w atmosferze potencjalnie wybuchowej, szczególnie występującej w kopalniach węgla kamiennego.

W czasach szerokiego wykorzystania w przemyśle tworzyw sztucznych coraz częściej dochodzi do zagrożeń związanych z elektryzacją wyrobów i brakiem zdolności do odprowadzenia nadmiarowego ładunku poprzez wyrób. Tworzywa sztuczne w celu eliminacji lub zmniejszenia ryzyka powstania ładunku elektrycznego są antystatyzowane – czyli polepszane – z punktu widzenia parametrów elektrostatycznych.

W artykule przedstawiono autorską propozycję podziału technologii antystatyzacji [13]. Istotnym wnioskiem wynikającym z prac naukowych [13], [16] podejmowanych w Głównym Instytucie Górnictwa, jest zależność trwałości parametrów w czasie i sposób oddziaływania na środowisko od procesu antystatyzacji.

Poniższe wnioski zostały wyciągnięte z badań i prac, których konkluzje opisano w publikacji:

- parametry elektrostatyczne wyrobów antystatyzowanych fizycznie są trwalsze w czasie niż wyrobów antystatyzowanych chemicznie. Antystatyzacja (preparacja) fizyczna (dodanie do wyrobu dodatku będącego ciałem stałym) nie zanika w czasie, tak jak to się dzieje z preparacją chemiczną (dodanie do wyrobu dodatku będącego środkiem chemicznym), ponieważ ciało stałe nie wypłukuje się, nie ulega reakcjom chemicznym, ani nie kruszy się [10],

- wyrób antystatyzowany chemicznie poprocesowo charakteryzuje się dużą niepewnością wyników parametrów elektrostatycznych,
- wyrób antystatyzowany fizycznie charakteryzuje się małą niepewnością wyników parametrów elektrostatycznych, jednak jest to uzależnione od umieszczenia antystatyku – ciała stałego (nitek węglowych, metalowych lub innych ciał fizycznych stałych) i doboru metody badania rezystancji powierzchniowej (średnicy elektrody, odległości między elektrodami itp.),
- wyrób antystatyzowany procesowo jest trwalszy w czasie niż wyrób antystatyzowany poprocesowo, ponieważ w przypadku antystatyzacji procesowej polepsza się półprodukt albo surowiec dla gotowego wyrobu. W przypadku antystatyzacji poprocesowej polepszeniu poddaje się gotowy, wyprodukowany wyrób.

Antystatyzacja tworzyw sztucznych zwraca uwagę służb bezpieczeństwa i nadzoru na bezpieczeństwo wybuchowe i pożarowe w strefach potencjalnie wybuchowych oraz wszędzie tam, gdzie występują mieszaniny wybuchowe gazów lub par z powietrzem, pyły wybuchowe, ciecze palne oraz mgły palne.

Literatura

[1] Raport techniczny CLC/TR 50404 z czerwca 2003 Elektrostatyka – Kodeks postępowania praktycznego dla unikania zagrożeń związanych z elektrycznością statyczną.
[2] Technical Specification IEC/TS 60079-32-1:2013 Explosives atmospheres – Part 32–1: Electrostatic hazards, guidance.
[3] PN-EN 13463-1:2010 *Urządzenia nieelektryczne w przestrzeniach zagrożonych wybuchem. Część 1: Podstawowe założenia i wymagania*.
[4] PN-E-05203 *Ochrona przed elektrycznością statyczną. Materiały i wyroby stosowane w obiektach oraz strefach zagrożonych wybuchem. Metody badania oporu elektrycznego właściwego i oporu upływu*.
[5] Wyższy Urząd Górniczy Departament Prawny, tekst jednolity Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 28.06.2002 w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy, prowadzenia ruchu oraz specjalistycznego zabezpieczenia przeciwpożarowego w podziemnych zakładach górniczych.
[6] Raport techniczny CLC/TR 50404 z czerwca 2003 Elektrostatyka – Kodeks postępowania praktycznego dla unikania zagrożeń związanych z elektrycznością statyczną.
[7] https://www.youtube.com/watch?v=tuZxFL9cGkI film pt. "Gas Station Fire, Static Electricity Starts a Flash Fire".
[8] www.elektrostastyka.gig.eu
[9] Strojny J., *Elektryczność statyczna w pytaniach i odpowiedziach*, WNT, 1979.
[10] Rydarowski H., *Tworzywa sztuczne w górnictwie – nowe tendencje*, „Wiadomości Górnicze", Issues 7–8, 2005.
[11] Bieniek D., *Antidotum na elektryczność statyczną w tworzywach*, „Rynek Tworzyw", Issue 9, 2006.
[12] Gajewski A., *Elektryczność statyczna: poznanie, pomiar, zapobieganie, eliminacja*, Instytut Wydawniczy Związków Zawodowych, 1987.
[13] Kędzierski P., Dokumentacja pracy statutowej *Badanie właściwości materiałów antystatycznych w zależności od czasu użytkowania,* Główny Instytut Górnictwa, 2012.
[14] Simorda J., Staroba J., *Elektryczność statyczna w przemyśle*, WNT, 1970.
[15] Pazdro K., *Uwaga elektryczność statyczna*, Instytut Wydawniczy CRZZ, 1972.
[16] Kędzierski P., *Wpływ czasu użytkowania wyrobów na wartości parametrów rezystancyjnych*, X Jubileuszowe Sympozjum El-Tex Pola Elektrostatyczne i Elektromagnetyczne – nowe materiały i technologie, 2012.

Użyte skróty:

Q – ładunek elektrostatyczny w kulombach,
Q_0 – początkowy ładunek elektrostatyczny w kulombach,
t – czas w sekundach,
T – stała czasowa,
R – rezystancja w omach,
R_S – rezystancja powierzchniowa w omach,
R_V – rezystancja skrośna w omach,
R_{PP} – rezystancja między punktami w omach,
C – pojemność elektryczna w faradach,
U – napięcie elektrostatyczne w woltach,
ESDS – ElectroStatic Discharge Sensitive – produkt wrażliwy na wyładowania elektrostatyczne.

* * *

dr hab. Henryk Passia, prof. GIG – pracownik naukowy Głównego Instytutu Górnictwa w Katowicach i Wyższej Szkoły Zarządzania Ochroną Pracy w Katowicach. Zajmuje się problematyką zagrożeń fizycznych w środowisku pracy.

mgr inż. Przemysław Kędzierski – pracownik naukowy Głównego Instytut Górnictwa. Zajmuje się problematyką elektryczności statycznej (ESD) oraz działalnością prewencyjną w strefach zagrożonych wybuchem oraz w przemyśle elektronicznym. Certyfikowany Koordynator ESD.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB
Please cite as: BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 53–61

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.4

канд. техн. наук **Болибрух Б.В. / Bolibrukh B.V.**, Ph.D.[1]
канд. техн. наук **М. Хмель / M. Chmiel**, Ph.D.[2]

Przyjęty/Accepted/Принята: 02.02.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 13.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2015;

Разработка и верификация расчетной модели теплового состояния теплозащитной одежды пожарного при различных видах испытаний

Development and Verification of a Mathematical Model Dealing with Thermal Protective Garments for Different Types of Tests

Opracowanie i weryfikacja modelu cieplnego ubrania strażackiego chroniącego przed czynnikami termicznymi dla różnych rodzajów badań

АННОТАЦИЯ

Введение: Работа пожарного при тушении пожаров сопряжена с большим риском для жизни и здоровья. Тепловое воздействие и физические нагрузки при этом часто граничат с предельными уровнями для человека и материалов теплозащитной одежды или превышают их. Так, материал теплозащитной одежды пожарного (ТЗОП) может перегреваться либо прожигаться, что может вызвать возникновение ожогов. Повышение температуры в подкостюмном пространстве может привести также к тепловому удару. Для увеличения безопасности работы крайне важно знать предельное безопасное время работы пожарного (ПВРП) в тех или иных условиях тушения пожаров и не допустить его превышения.
Цель: Целью является разработка и верификация расчетных тепловых моделей теплозащитной одежды пожарного в различных условиях тепловых испытаний для прогнозирования и анализа теплового состояния и определения предельного времени работы пожарного в такой теплозащитной одежде.
Методы: Существует ряд методов и установок для экспериментальных исследований защитных свойств одежды, в которых испытываемый образец подвергается тепловой нагрузке от различных источников теплоты. Поскольку натурные испытания представляют собой достаточно сложную и дорогостоящую процедуру, то в настоящее время при проектировании теплозащитной одежды пожарных все больше используется метод моделирования теплового состояния теплозащитной одежды без или совместно с телом пожарного. Моделирование за счет своей оперативности дает возможность анализировать большее количество условий работы пожарного, а также факторов влияющих на тепловое состояние ТЗОП. Моделирование позволяет проводить многократные расчеты теплового состояния для различных материалов ТЗОП в поисках оптимального сочетания слоев материалов с наилучшими теплозащитными свойствами при наименьшем весе и цене.
Результаты: Разработанные модели могут быть использованы для определения предельного времени работы пожарного, анализа степени влияния различных факторов на тепловое состояние теплозащитной одежды и пожарного, а также могут помочь при разработке новой теплозащитной одежды с применением других материалов.
Выводы: Проведен анализ существующих работ по моделированию теплового состояния защитной одежды пожарного, который показал необходимость их усовершенствования для применения в различных условиях воздействия опасных факторов пожара. Разработана и по данным тепловых испытаний проверена расчетная модель теплового состояния трехслойной теплозащитной одежды пожарного в условиях теплового испытания. Разработанная модель может быть применена для определении оптимальных параметров защитного костюма и определения предельного времени работы пожарного в различных условиях тушения пожаров.

Ключевые слова: теплозащитная одежда пожарного, тепловые испытания одежды, моделирование, предельное время работы пожарного
Вид статьи: оригинальная научная статья

[1] Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности / Lviv State University of Life Safety;. bolibrykh@ukr.net; вклад в создание статьи / percentage contribution – 70%;
[2] Центральная школа Государственной пожарной службы Республики Польша / Central School of the State Fire Service in Częstochowa, Poland; вклад в создание статьи / percentage contribution – 30%;

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.4

ABSTRACT

Introduction: The work of a firefighter, during fire incidents, is fraught with significant health risks and potential for loss of life. Often, such work results in exposure to heat bordering on acceptable limits of endurance for humans and exceeding norms for materials used in the manufacture of thermal protective clothing. Materials used in the manufacture of protective clothing may overheat or catch fire and cause burns. An excessive temperature increase for humans may also cause heat stroke. In order to increase the safety of a firefighter, it is important to establish a safe working period, for specific operational conditions, and not permit for such limits to be exceeded.
Aim: The purpose of this treatise is to develop and verify mathematical models dealing with thermal properties of firefighter's protective clothing, for different tests conditions, with the view of predicting and analyzing thermal conditions as well as determining maximum operating periods for firefighters equipped with such clothing.
Methods: There are a number of methods and experimental study approaches to determine the properties of protective clothing, in which test samples are exposed to heat from different sources. Because full-scale tests are quite complicated and expensive, consequently, at the design stage, an increasingly frequent use is made of thermal mathematical models with or without the participation of a firefighter. Modelling, because of its operability, allows for an analysis of a larger volume of working conditions as well as influences on the temperature of protective clothing. Modelling facilitates numerous thermal calculations for different materials used in manufacture of protective clothing with the purpose of identifying an optimal link between appropriate layers of materials used and best thermal protection whilst achieving the least weight for the garment and lowest production cost.
Results: Developed mathematical models can be used to determine maximum operating periods for firefighters. They facilitate an analysis of the degree of influence, for a range of factors, on the physical condition of a firefighter as well as that of clothing which should protect from the effects of heat. Such models may also help in the development of new manufacturing technology with use of other materials.
Conclusion: An analysis of accessible projects engaged with modelling of thermal protective clothing properties revealed the need to improve modelling methods so that an application may be found for different fire hazard conditions. Developed, in compliance with data for thermal studies, and tested the mathematical model for determining the thermal condition of a three layered protective garment in a thermal test environment. The developed model can be used to determine the optimum parameters for a protective suit and the maximum operating time for a firefighter in different operating circumstances.

Keywords: firefighter's heat resistant clothing, thermal testing of clothing, modelling, firefighter's maximum operating period
Type of article: original scientific article

ABSTRAKT

Wprowadzenie: Praca strażaka podczas działań gaśniczych obciążona jest dużym ryzykiem dla jego życia i zdrowia. Często towarzyszą jej graniczne lub ponadnormowe wartości oddziaływania ciepła i obciążenia fizycznego przyjęte dla organizmu człowieka oraz materiałów odzieży chroniącej przed czynnikami termicznymi. Materiał, z którego wykonane jest ubranie, może ulec przegrzaniu lub zapalić się, powodując oparzenia. Wzrost temperatury pod ubraniem może również doprowadzić do udaru cieplnego. Aby zwiększyć bezpieczeństwo funkcjonariusza straży pożarnej, należy koniecznie określić bezpieczny limit jego czasu pracy dla określonych warunków działań gaśniczych i nie dopuścić do jego przekroczenia.
Cel: Celem artykułu jest opracowanie i weryfikacja obliczeniowych modeli cieplnych ubrania strażackiego chroniącego przed czynnikami termicznymi dla różnych rodzajów badań termicznych w celu prognozowania i analizy warunków termicznych oraz określenia maksymalnego czasu pracy strażaka w ubraniu tego typu.
Metody: Istnieje wiele metod i stanowisk eksperymentalno-badawczych do pomiaru właściwości ochronnych ubrań, w których badana próbka poddawana jest obciążeniu cieplnemu pochodzącemu z różnych źródeł ciepła. O ile badanie w pełnej skali wiąże się z dość skomplikowaną i kosztowną procedurą, w dzisiejszych czasach, przy projektowaniu ubrania chroniącego przed czynnikami termicznymi dla strażaków, coraz częściej wykorzystuje się metodę modelowania cieplnego ubrania bez lub z udziałem ciała strażaka. Modelowanie dzięki swojej operatywności pozwala analizować większą skalę warunków pracy strażaka, jak również czynników wpływających na temperaturę ubrania ochronnego. Modelowanie pozwala na przeprowadzanie wielokrotnych obliczeń stanu cieplnego różnych materiałów ubrania chroniącego przed czynnikami termicznymi, których celem jest znalezienie optymalnego połączenia odpowiednich warstw materiałów i najlepszych właściwości ochronnych przed ciepłem, przy zachowaniu jak najmniejszej wagi i ceny ubrania.
Wyniki: Opracowane modele mogą być wykorzystane do określenia maksymalnego czasu pracy strażaka, analizy stopnia wpływu różnych czynników na stan cieplny strażaka oraz ubrania strażackiego chroniącego przed czynnikami termicznymi i strażaka, a także jako pomoc przy opracowywaniu nowej technologii wytwarzania ubrań tego typu przy wykorzystaniu innych materiałów.
Wnioski: Przeprowadzona analiza dostępnych prac na temat modelowania stanu cieplnego ubrania ochronnego strażaka wykazała konieczność doskonalenia metod modelowania, aby znalazły zastosowanie w różnych warunkach oddziaływania niebezpiecznych czynników pożaru. Opracowano i, zgodnie z danymi na temat badań cieplnych, sprawdzono model obliczeniowy stanu cieplnego trójwarstwowego ubrania strażackiego chroniącego przed czynnikami termicznymi podczas badania termicznego. Opracowany model może być zastosowany do określenia optymalnych parametrów ubrania ochronnego i określenia maksymalnego czasu pracy strażaka w różnych warunkach prowadzonej akcji gaśniczej.

Słowa kluczowe: ubranie ochronne chroniące przed czynnikami termicznymi, badania termiczne ubrania, modelowanie, maksymalny czas pracy strażaka
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

1. Введение

Работа пожарного при тушении пожаров сопряжена с большим риском для жизни и здоровья. Тепловое воздействие и физические нагрузки при этом часто граничат с предельными уровнями для человека и материалов теплозащитной одежды или превышают их. Так, материал теплозащитной одежды пожарного (ТЗОП) может перегреваться либо прожигаться, что может вызвать возникновение ожогов. При повышении температуры в подкостюмном пространстве, предельное значение которой составляет 50°C, начинается повышение внутренней температуры тела, увеличение частоты сердечных сокращений и давления, что приводит к нарушению терморегуляции, ухудшению самочувствия и может привести к тепловому удару [1]. Для увеличения безопасности работы крайне важно знать предельное время работы пожарного (ПВРП) в тех или иных условиях тушения пожаров и не допустить его превышения.

На сегодняшний день в мире накоплен большой опыт натурных огневых испытаний материалов теплозащитной одежды, а также разработаны стандарты таких испытаний. Существует ряд методик и установок для экспериментальных исследований защитных свойств одежды (например [2, 3]), в которых испытываемый образец подвергается тепловой нагрузке от различных источников теплоты. Поскольку натурные испытания представляют собой достаточно сложную и дорогостоящую процедуру, то в настоящее время при проектировании теплозащитной одежды пожарных все больше используется метод моделирования теплового состояния теплозащитной одежды без или совместно с телом пожарного. Моделирование за счет своей оперативности дает возможность анализировать большее количество условий работы пожарного, а также факторов влияющих на тепловое состояние ТЗОП. Моделирование позволяет проводить многократные расчеты теплового состояния для различных материалов ТЗОП в поисках оптимального сочетания слоев материалов с наилучшими теплозащитными свойствами при наименьшем весе и цене.

1.1. Анализ публикаций

На сегодняшний день существует достаточно большое количество работ посвященных моделированию теплового состояния теплозащитной одежды. Так, в работе [4] представлены результаты тепловых испытаний и моделирования пакета ТЗОП при воздействии радиационной тепловой нагрузки. Представлены результаты сравнения результатов расчетов температур слоев ТЗОП с результатами тепловых испытаний. Представленные результаты использовались также для верификации и настройки модели, разработанной в рамках настоящей работы. Также, имеются результаты моделирования, проведенного зарубежными учеными. Так, в [5] описано моделирование теплового состояния специально разработанного теплового манекена „Fireman", одеваемого в теплозащитную одежду и подвергаемого тепловому воздействию огня, которые сравниваются с результатами тепловых испытаний. Однако в приведенной работе представлены результаты краткосрочного теплового воздействия в течение 4 с, что не позволяет в полной мере получить представление о максимальном времени работы пожарного.

Следует отметить, что моделирование не может точно предсказать такие явления как прогорание и разрушение ТЗОП, но хорошо может показывать его тепловое состояние при тепловых нагрузках, не приводящих к таким эффектам. Для адекватной верификации (проверки точности) моделей теплового состояния ТЗОП необходимы данные тепловых испытаний, проведенных в условиях, при которых не наступает прожига или разрушения ТЗОП, при которых велика вероятность перегрева внутренней поверхности теплозащитной одежды и перегрева организма пожарного, либо наступления ожогов или теплового удара.

1.2. Цель работы

Целью данной работы является разработка и верификация расчетных тепловых моделей теплозащитной одежды пожарного в различных условиях тепловых испытаний для прогнозирования и анализа теплового состояния и определения предельное время работы пожарного в такой теплозащитной одежде пожарного.

Для достижения указанной цели были выполнены следующие задачи:

1. провести анализ существующих работ по моделированию теплового состояния ТЗОП в различных условиях тепловых испытаний;
2. представить результаты тепловых испытаний фрагмента ТЗОП в соответствии с требованиями украинского и американского стандартов;
3. разработать расчетную модель теплового состояния ТЗОП при выбранных выше условиях испытаний;
4. провести идентификацию недостаточно известных параметров и верификацию модели по результатам выбранных выше испытаний;
5. провести анализ возможного применения разработанной модели для определения оптимальных параметров защитного костюма и предельного времени работы пожарного в различных условиях тушения пожаров по критерию достижения максимальной температуры 50°C в подкостюмном пространстве.

Предельное время работы пожарного зависит от характеристик ТЗОП (количество, материал и толщины слоев), интенсивности теплового воздействия и условий работы (температура, влажность и скорость обдува костюма окружающим воздухом), а также интенсивности выполняемых человеком работ. Так, диапазон температур окружающей среды, при которых пожарный выполняет задания, может быть от –20°C и ниже при работе зимой на улице и до 400°C и выше в непосредственной близости от пламени.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.4

При больших внешних тепловых нагрузках первым наступает перегрев внутренней поверхности костюма и подкостюмного пространства. При длительных, но не очень больших тепловых нагрузках и при высокой интенсивности работы перегреться может организм человека, в то время как температура внутренней поверхности костюма может не превысить критического значения 50°C.

1.3. Описание объекта исследования

В работе исследовалась типичная ТЗОП, используемая курсантами Львовского Государственного Университета Безопасности Жизнедеятельности (ЛГУ БЖД) для предоставления им практических рекомендаций по работе в условиях действия пожара. Это ТЗОП является продукцией польской фирмы GO WEST, модель одежды USP 2-2 (рис. 1).

Рис. 1. Теплозащитная одежда пожарного USP 2-2
Fig. 1. Heatproof clothing of a fireman USP 2-2
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

ТЗОП состоит из куртки и брюк, изготовленных из следующего трехслойного пакета материалов: для наружного слоя 1 (табл.1) используется специальная внешняя ткань Nomex® IIIA, в качестве среднего слоя 2 используется неопреновая влагозащитная мембрана, а с внутренней стороны используется слой 3 термоизоляционного материала ARALITE. Толщины и физические характеристики используемых материалов также приведены в табл. 1. Свойства материалов брались из литературы [6], [8–10].

Табл. 1. Геометрические и физические свойства слоев теплозащитной одежды
Table. 1. Geometric and physical properties of the layers of heatproof clothing

№ Слоя/ Layer No.	Название и назначение слоя/ Name and designation of the layer	Толщина, м/ Thickness, m	Плотность, кг/м³/ Density kg/m³	Теплоемкость, Дж/(кг × с)/ Heat, J/(kg × s)	Теплопроводность при 20°C, Вт/(м × с)/ Thermal conductivity at 200°C, W/(m × s)
1	Верх (Nomex® IIIA Pajama Check® Crosstech®) / Top (Nomex® IIIA Pajama Check® Crosstech®)	0,00052	316,8	1300	0,047
2	Влагостойкий материал, неопрен / Waterproof material, neoprene	0,00051	800	2000	0,012
3	Теплозащитный слой ARALITE / Heat-shielding layer ARALITE	0,00359	74,2	700	0,036

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Ниже приведены результаты тепловых испытаний фрагмента теплозащитной одежды с применением метода оценки теплозащитных показателей качества ДСТУ ISO 6942-2001 [2]. Схема экспериментальной установки для испытания фрагмента теплозащитной одежды изображена на рис. 2.

В таком виде испытаний фрагмент ТЗОП 3 подвергается фиксированному тепловому потоку от пяти кварцевых ламп, создающих фиксированный тепловой поток, который может меняться для различных испытаний. В рассматриваемом тепловом испытании тепловой поток составлял 2500, Вт/м^2. Образцы материала ТЗОП размерами 76 x 254 мм размещались в плоскости, параллельной плоскости ламп на расстоянии 25 мм. С не обогреваемой стороны образца размещен калориметр, окруженный тепловой изоляцией. Начало и прекращение теплового воздействия обеспечивается за счет открытия и закрытия заслонки 4. Во время теплового воздействия измеряется температура каждого слоя теплозащитной одежды.

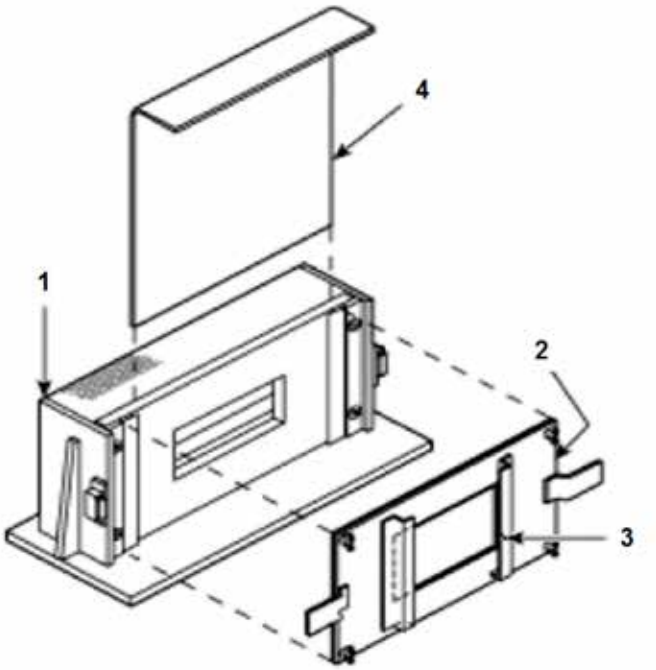


Рис. 2. Схема опытной установки для испытания образцов костюма. 1 – корпус; 2 – крепления; 3 – образец; 4 – заслонка
Fig. 2. Scheme of the experimental setup for testing the samples of clothing. 1 – the case; 2 – mounting; 3 – sample; 4 – throttle
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Экспериментальные исследования теплозащитных свойств теплозащитной одежды и теплового комфорта пожарного также проводятся путем тепловых испытаний в специальных симуляционных тренажерах на манекенах, что позволяет избежать угрозы жизни людей в эксперименте и имитировать все основные характеристики пожара. Имеются данные измерений, полученные на тренажере MobileFireTrainer ML2000. Такой тренажер имеет помещение размерами 2 x 2 x 2 м (тренировочную камеру), внутри которого за счет сжигания пропана в горелках создаются условия близкие к реальным условиям пожара.

При испытаниях в тренировочной камере был установлен манекен, одетый в теплозащитную одежду фирмы GO WEST (рис. 1). На внешней и внутренней сторонах ТЗОП в различных местах на манекене устанавливались термопары, измеряющие температуры во времени с периодичностью 1 с. В результате проведенного теплового испытания были измерены температуры снаружи и в подкостюмном пространстве во времени, по которым построены соответствующие зависимости, приведенные на рис. 5.

2. Методика исследования

2.1. Разработка модели для объекта исследования

Для анализа теплового состояния ТЗОП и определения предельного времени работы пожарного были разработаны модель трехслойного пакета ТЗОП как с учетом калориметра, так и с учетом манекена. Свойства слоев теплозащитной одежды представлены в табл. 1.

Схема теплообмена манекена в пожарном костюме с окружающей средой изображена на рис. 3. Модель учитывает перенос теплоты теплопроводностью внутри слоев костюма, а также конвективный и радиационный теплообмен поверхности пакета ТЗОП с горячими газами окружающей среды.

Учитываются теплопередача через три слоя теплозащитной одежды и воздушные прослойки между ними. В зависимости от моделируемых условий на внутренней поверхности костюма, обращенной к человек, могут быть заданы различные граничные условия. Так, для случая моделирования испытаний пакета (ДСТУ [2]) такими условиями являются условия теплообмена

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.4

через воздушную прослойку с медным калориметром, имеющим начальную температуру 30°C. Для случая моделирования испытаний, проведенных на манекене, на внутренней поверхности были заданы условия теплообмена через воздушную прослойку с манекеном, который в модели представлен отдельным объемом с соответствующими свойствами.

В модели теплообмен через воздушные прослойки осуществлялся теплопроводностью, излучением и, при необходимости, конвекцией. Свойства воздуха при этом приняты такими: плотность 1,2 кг/м^3, коэффициент теплопроводности 0,025 Вт/(м × град), теплоемкость 1,0 кДж/кг. Толщина воздушной прослойки между костюмом и человеком или манекеном в реальных условиях может сильно варьироваться от 0 мм до 50 мм. В среднем прослойка имеет толщину 10 мм [5], что и было принято при моделировании.

Для случая моделирования манекена на внешней поверхности теплозащитной одежды имеют место условия конвективно-радиационного теплообмена. Структура и параметры слоев теплозащитной одежды аналогичны модели пакета. Сам манекен моделировался путем добавления в модель дополнительного объема, забирающего на себя часть теплоты с внутренней стороны костюма. Значения теплофизических характеристик манекена были приняты исходя из литературных данных для каучуков следующими: плотность 1100, кг/м^3, коэффициент теплопроводности 0,25, Вт/(м × град), теплоемкость 1,2, кДж/кг [8, 9].

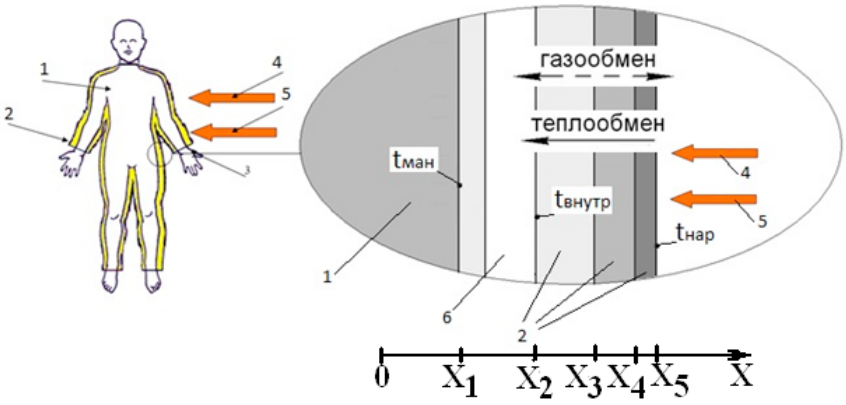


Рис. 3. Схема теплообмена манекена в пожарном костюме с окружающей средой
1 – манекен, 2 – слои ТЗОП, 3 – перчатки защитной одежды, 4 – конвективный и 5 – лучистый тепловые потоки, 6 – воздушная прослойка
Fig. 3. Scheme of heat exchange etween a dummy in the fire suit and the environment
1 – dummy, 2 – layers of heatproof clothing of a fireman, 3 – gloves of the protective clothing, 4 – convection and 5 – radiant heat flux, 6 – air gap
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Математическую модель, описывающую теплообмен калориметра (манекена) с окружающей средой через защитный костюм, можно записать, используя одномерное нестационарное уравнение теплопроводности в следующем виде

$$c(x,t)\rho(x,t)\frac{\partial t(x,\tau)}{\partial \tau}=\frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda(x,t)\frac{\partial t(x,\tau)}{\partial x}\right) \quad (1)$$

в области решения (рис.2): для манекена $0<x\le x_5$,

для калориметра $x_2<x\le x_5$ (2)

с начальным условием $t=t(x,0)=t_{нач}$ (3)

со следующими граничными условиями:
для манекена

$$\frac{\partial t(0,\tau)}{\partial x}=0,\ \lambda(x_5,t)\frac{\partial t(x_5,\tau)}{\partial x}=q_{конв}+q_{рад} \quad (4)$$

для калориметра

$$\lambda(x_2,t)\frac{\partial t(x_2,\tau)}{\partial x}=c_{кал}\rho_{кал}v_{кал}\frac{\partial t(x_2,\tau)}{\partial \tau}$$

$$\lambda(x_5,t)\frac{\partial t(x_5,\tau)}{\partial x}=q_{\Sigma} \quad (5)$$

где c, ρ и λ - теплоемкость, плотность и коэффициент теплопроводности, зависящие от координаты X и в ряде случаев от температуры t для разных слоев костюма, манекена или калориметра. Для наших условий моделирования 1-й слой принадлежит манекену, 5-й – наружному слою костюма (рис. 2). Для моделирования испытания фрагмента костюма с калориметром слои 1 и 2 отсутствуют.

Начальное распределение температуры (3) всех слоев и объемов модели одинаково и равно начальной температуре $t_{нач}$, которая для испытания фрагмента костюма с калориметром равна 30°C, а для испытания манекена в костюме 25°C.

Тепловой поток на наружной поверхности костюма с координатой x_5 и температурой $t_{пов}=t(x_5,\tau)$ для случая испытания фрагмента костюма с калориметром (5) суммарно включает три составляющие теплового потока

$$q_{\Sigma}=q_{нагр}-q_{конв}-q_{рад} \quad (6)$$

где $q_{нагр}$ – тепловой поток падающий от кварцевых радиационных ламп, равный 2500 Вт/м^2, $q_{рад}$ – радиационный тепловой поток от поверхности фрагмента костюма

в окружающую температуру $t_{ос}$=30°C, вычисляемый по закону Стефана-Больцмана

$$q_{рад} = 5.67 \cdot \varphi \cdot \xi \cdot \left(\left(\frac{t_{пов} + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{ос} + 273}{100} \right)^4 \right) \quad (7)$$

$q_{конв}$ – конвективный поток от поверхности костюма в окружающую среду с той-же температурой, вычисляемый по известной зависимости

$$q_{конв} = \alpha \left(t_{пов} - t_{ос} \right) \quad (8)$$

В случае испытания костюма с манекеном радиационная и конвективная составляющие в (4) определяются также по зависимостям (7) и (8), но в качестве температуры окружающей среды $t_{ос}$ принимается зависящая температура горячих газов, окружающих костюм.

В (7) φ – угловой коэффициент радиационного теплообмена поверхности костюма (принимается 1), ξ – степень черноты этой поверхности, принимаемая равной 0,7. В (8) α –коэффициент теплоотдачи от горячих газов к поверхности костюма, принимаемый равным 25, Вт/(м^2 К).

На левой границе x = x_5 для случая испытания манекена в костюме принимается граничное условие (4) – условие отсутствия теплообмена, справедливое на достаточной глубине от поверхности манекена,- в нашем случае глубине 5 см, т.е. в слое 1 толщиной $0 < x \le x_1$ (рис. 2). На этой границе для случая фрагмента костюма с калориметром принимается граничное условие (5) – условие поглощения тепла от внутреннего слоя костюма за счет нагрева высокотеплопроводного калориметра с теплоемкостью $c_{кал}$, плотностью $r_{кал}$ и объемом $v_{кал}$ [2].

Математическая модель (1)–(8) интегрировалась численно с помощью устойчивой неявной конечно-разностной схемы, учитывающей все особенности и нелинейности модели. Количество узлов численной модели составляло 150.

3. Результаты и их обсуждение

С помощью разработанной модели были проведены расчеты испытания фрагмента костюма с калориметром, которые затем сравнивались с соответствующими испытаниями согласно [2], приведенными на рис. 4.

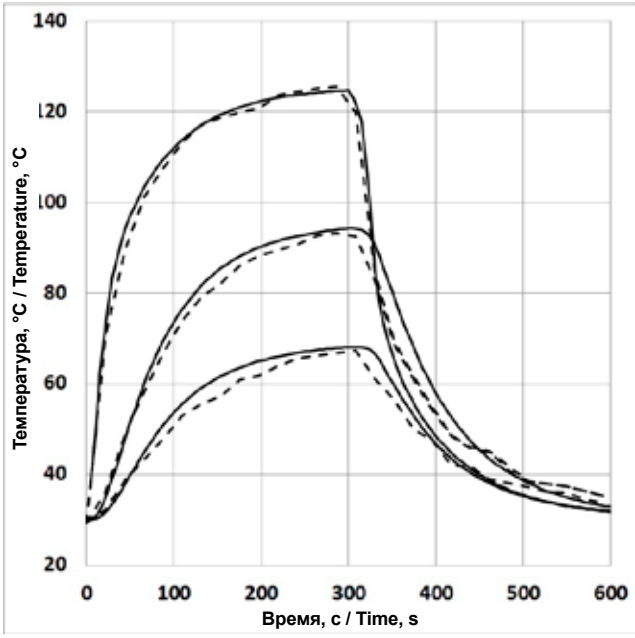


Рис. 4. Зависимость температуры от времени для различных слоев фрагмента ТЗОП. Сплошные кривые – полученные расчетом, пунктирные – результаты измерений по методике [1]. Нижние кривые – для нижнего, средние – для среднего, верхние – для верхнего слоев

Fig. 4. Dependence between temperature and time for different layers of the fragment of heatproof clothing of a fireman. Solid curves – obtained through calculation, dashed – results of measurements carried with the use of the method [1]. Lower curves – for the lower, middle – for the average, top – for the upper layers.

Источник: Собственная разработка.

Source: Own elaboration.

Как видно из рисунка расчетные и экспериментальные данные качественно и количественно близки, однако в отдельные моменты времени имеют место отличия измеряемых температур от расчетных до 10°C. Эти отличия объясняются неточностью задания ряда параметров модели, таких как термические сопротивления воздушных прослоек между слоями, коэффициента теплоотдачи, степени черноты слоев ТЗОП, рассчитанные по приблизительным зависимостям или для которых были приняты допущения. Определенную неточность также вносит неопределенность параметров испытаний. Так, помимо нагрева от ламп, испытываемый образец также находится в конвективном теплообмене с окружающим воздухом, который нагревается от ламп и от самого образца и точная температура которого неизвестна. Модель также не

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.4

учитывает детальное 3-х мерное строение экспериментальной установки (рис. 1), форму калориметра и тепловой изоляции.

Следует отметить, что заданные неточно параметры рассматриваемого образца ТЗОП, несущие в себе неопределенность, могут приводить к достаточно большим отклонениям модельных расчетов от результатов испытаний. Такие параметры образца могут быть уточнены по экспериментальным данным путем их идентификации, после чего настроенная модель может быть использована для последующих расчетов. Такими параметрами в частности являются термические сопротивления зазоров между отдельными слоями ТЗОП и воздушного зазора между ТЗОП и калориметром либо манекеном. Такой подход широко распространен в практике моделирования и носит название расчетно - экспериментального подхода.

Результаты моделирования и тепловых испытаний для данных условий показывают, что предельное время при данной тепловой нагрузке составит около 90–100 секунд по критерию достижения предельной температуры с обратной стороны костюма значения свыше 50°C. Следует отметить, что полученное время достижения предельной температуры справедливо только для данных конкретных условий испытания и не показывает реального времени работы пожарного при данной тепловой нагрузке так как условия испытания в целом достаточно далеки от реальных условий теплообмена теплозащитной одежды и тела пожарного при реальном пожаре.

Были также проведены расчеты теплового состояния ТЗОП при испытании на манекене, которые затем также сравнивались с соответствующими испытаниями, полученными по методике [3] (рис. 5). Модель манекена в теплозащитной одежде отличалась от модели испытания фрагмента костюма с калориметром тем, что со стороны нагрева задавался не тепловой поток, а конвективно-радиационный теплообмен с окружающей средой, имеющей температуру, значение которой бралось из экспериментальных измерений. Также, моделировался сам манекен, который отбирал на себя теплоту с обратной стороны костюма.

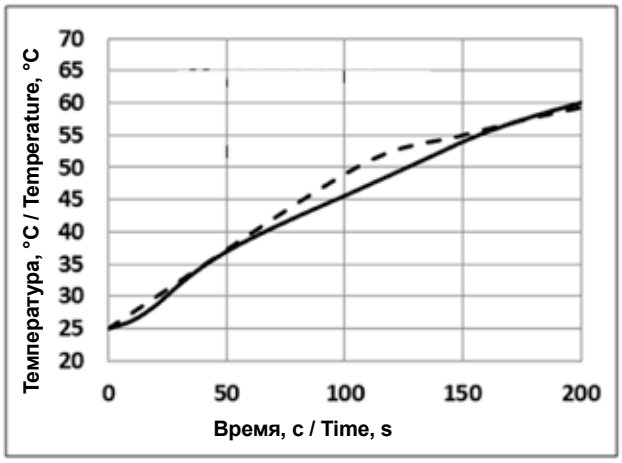


Рис. 5. Зависимость температуры от времени в области грудной клетки манекена (под ТЗОП), полученной при испытании (пунктирная линия) и расчете (сплошная линия) при среднеобъемной температуре в камере 425°C

Fig. 5. Dependence between temperature and time in the chest area of the dummy (under the heatproof clothing of a fireman) obtained in a test (dashed line) and calculated (solid line) at the average temperature in the chamber at a temperature of 425°C

Источник: Собственная разработка.

Source: Own elaboration.

По результатам испытаний на манекене и данным модельных расчетов предельная температура подкостюмного пространства достигается за время 100–125 с. Из рис. 5 видно, что в отдельные моменты времени расчетная кривая изменения температуры то сближается, то отдаляется от полученной в испытании. Это свидетельствует о том, что модель не учитывает имеющих место в реальности флуктуаций температуры и скорости движения горячего потока воздуха, обтекаемого костюм, и которые в свою очередь приводят к флуктуациям коэффициента теплоотдачи. Движение воздуха в испытании также может приводить к изменению толщины прослойки воздуха между ТЗОП и поверхностью манекена, что может менять условия теплообмена костюма с манекеном. Так, как толщина этой прослойки не известна, то при оценках предельного времени работы пожарного следует пользоваться консервативным подходом используя в расчетах минимальное значение этой толщины.

Таким образом, результаты моделирования теплового состояния теплозащитной одежды пожарного в условиях теплового испытания по украинскому (ДСТУ ISO 6942-2001, где под фрагментом образца одежды находится калориметр), и американскому (NFPA 1001), где под одеждой находится манекен) дают хорошее качественное и количественное совпадение с результатами тепловых испытаний. Разработанные модели также могут быть использованы для определения предельного времени работы пожарного, анализа степени влияния различных факторов на тепловое состояние теплозащитной одежды и пожарного, а также могут помочь при разработке новой теплозащитной одежды с применением других материалов слоев.

4. Выводы

1. Проведен анализ существующих работ по моделированию теплового состояния защитной одежды пожарного, который показал необходимость их усовершенствования для применения в различных условиях огневого испытания и тушения пожаров.
2. Разработана и по данным тепловых испытаний проверена расчетная модель теплового состояния трехслойной теплозащитной одежды пожарного в условиях теплового испытания по ДСТУ ISO 6942-2001и американскому (NFPA 1001). Модель позволяет учитывать детальную структуру теплозащитной одежды и условия тепловых испытаний на установке RPP и тренажере Mobile Fire Trainer ML2000.
3. Разработанная модель может быть применена для определении оптимальных параметров защитного костюма и определения предельного времени работы пожарного в различных условиях тушения пожаров по критерию достижения максимальной температуры 50°C в подкостюмном пространстве. По результатам испытаний фрагмента ТЗОП и данным модельных расчетов предельная температура подкостюмного пространства достигается за время 90-100 с. По результатам испытаний на манекене и данным модельных расчетов предельная температура подкостюмного пространства достигается за время 100-125 с.

4.1.Перспективы дальнейших исследований

Дальнейшие исследования будут направлены на учет в модели теплового состояния человека в теплозащитной одежде с учетом физиологических особенностей теплообмена и нагрева организма для определения предельного времени работы в условиях повышенных температур по критерию перегрева организма человека. Будет рассмотрено влияние различных условий окружающей среды и интенсивности выполняемой работы на максимальное безопасное время работы пожарного.

Литература

[1] Litvinova G.O., *Gigiena s osnovamu ekologii*, Zdorovya, Kyiv 1999.
[2] Muharovskiy M. (ed.), ДСТУ ISO 6942-2001. *Odyag zahisniy teplota vognetrivkiy. otsinyuvannya teploprovidnosti materialiv ta kombinatsiy materialiv, scho zaznayut diyi dzherela teplovogo viprominyuvannya* (ISO 6942:1993, IDT), Derzhstandart Ukrayini 2002, IV, 15.
[3] NFPA 1001: *Standard for firefighter professional qualifications*.
[4] Shtayn B.V., Bolibrukh B.V., Lozinskiy R.Ya., *Teoretichne obgruntuvannya poshirennya teploti v paketi materialiv ta povitryanomu prosharku zahisnogo odyagu*, "UkrNDITsZ" Vol. 26 Issue 2, 2012, pp. 150–155.
[5] Roger L. Barker, Guowen Song, Hechmi Hamouda, Donald B. Thompson, Andrey Kuznetsov, A. Shawn Deaton, NTC Project: S01-NS02 (formerly I01-S02) National Textile Center Annual Report: November 2002 1Modeling Thermal Protection Outfits for Fire Exposures.
[6] Vettori R., *Estimates of Thermal Conductivity for Unconditioned and Conditioned Materials Used in Fire Fighters' Protective Clothing*, Building and Fire Research Laboratory National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899-8661, November 2005.
[7] *Odyag pozhezhnika zahisniy. Zagalni tehnichni vimogi ta metodi viprobovuvannya* (ISO 11613:1999): ДСТУ 4366:2004. [Deystvuyuschiy vid 2005-07-01], Derzhspozhivstandart Ukrayini, 2004, 34 (Natsionalniy standart Ukrayini).
[8] Novichenok N.L., Shulman Z.P., *Teplofizicheskie svoystva polimerov*, Nauka i tehnika, Minsk 1971, 120.
[9] Babichev A.P., Babushkina N.A., Bratkovskiy A.M. et. al., *Fizicheskie velichinyi. Spravochnik,* I.S. Grigorev, Meylihov E.Z. (ed.), Energoatomizdat, 1991, 1232.
[10] Kolesnikov P.A., *Teplozaschitnyie svoystva odezhdyi*, M.: Legkaya industriya, 1965, 346.

* * *

Болибрух Борис Васильевич – кандидат технических наук, начальник Главного управления государственной службы Украины по чрезвычайным ситуациям в Хмельницкой области, доцент Львовского государственного университета безопасности жизнедеятельности. Автор более пятидесяти научных работ, разработчик трех национальных стандартов в области пожарной безопасности. Автор пяти учебных пособий, три из которых рекомендованы Министерством образования и науки Украины, автор семи патентов на изобретения, руководитель диссертационных исследований.

Марек Хмель – комендант Центральной школы Государственной пожарной службы в городе Ченстохова. Является кандидатом технических наук в сфере электротехники. Автор и соавтор многих публикаций как государственного, так и международного уровня. Благодаря своей научно-исследовательской деятельности получил множество наград и премий, в том числе: Диплом министра науки и высшего образования во время XIX Ярмарки изобретений (Варшава, март 2012), медаль Комиссии национального образования за особые достижения в образовании и воспитании в июне 2013, премию на X Международной выставке *Edura* – Образование и техника службы спасения, в категории Исследовательские проекты 2014.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB
Please cite as: BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 63–72

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.5

mł. kpt. dr **Tomasz Węsierski**[1]
mł. bryg. mgr inż. **Przemysław Kowalczyk**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 10.10.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 15.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2015;

Koszt fizjologiczny pracy strażaka w ubraniu specjalnym[2]

Physiological Impact on Firefighters Wearing Special Garments During Operations

Физиологическая нагрузка при работе пожарного в специальной одежде

A B S T R A K T

Cel: Celem artykułu jest określenie wpływu ubrania specjalnego na obciążenie strażaka w trakcie prowadzenia działań ratowniczych.
Projekt i metody: W artykule przedstawiono wyniki badań wykonanych za pomocą ergospirometru Start 2000M. Badaniu poddano ratownika w wieku średnim, o przeciętnej budowie ciała (179 cm, 92 kg, 36 lat), powtarzając pomiar pięciokrotnie. Każde badanie było wykonane na czczo, w różnych dniach, w pomieszczeniu zamkniętym o stabilnych warunkach temperaturowych oraz wilgotności (21–22°C, wilgotność względna 33–41%). Użyte w badaniach czterowarstwowe strażackie ubranie specjalne spełniało wymagania normy PN-EN 469:2008. Masa ubrania w przeliczeniu na jednostkę powierzchni wynosiła 620 g/m^2. Wyniki zostały odniesione do warunków pracy w stroju sportowym, które uznano za niepowodujące obciążenia termicznego i dające możliwie najwyższy komfort. Badania porównawcze wykonano w trakcie obciążenia pracą polegającą na stałym 10-minutowym szybkim marszu (v = 7 km/h) poprzedzonym czterominutowym okresem spoczynkowym. W toku badań rejestracji i analizie poddano takie parametry jak częstość skurczów serca (HR), wentylacja minutowa płuc (VE), zużycie tlenu na kilogram masy ciała (VM_{O2}), częstość oddechu (BF).
Wyniki: Wszystkie badane parametry wskazały wzrost obciążenia pracą w ubraniu specjalnym w odniesieniu do ubrania sportowego. Ponadto wszystkie zakresy analityczne poza częstością oddechową podczas pracy w obciążeniu dla ubrania specjalnego (V_{BF} = 21,7%) charakteryzowały się współczynnikiem zmienności poniżej 20%, a zatem oznaczały niskie zróżnicowanie cechy. Potwierdzają to również niskie wartości niepewności pomiarowych, które poza BF są niższe od 5%. Żaden z przedziałów ufności dla α = 0,1 nie zazębiał się, a kryterium porównawcze w każdym z przypadków spełniało zależność $|X_2 - X_1| > \Delta X_1 + \Delta X_2$. Zatem wartości parametrów w ubraniu specjalnym można uznać za istotnie wyższe od parametrów w stroju sportowym z prawdopodobieństwem równym 90%.
Wnioski: Różnica parametrów mierzonych pomiędzy strojem sportowym a ubraniem specjalnym jest duża i wynosiła co najmniej 16,7% (VM_{O2}), osiągając w przypadku BF aż 51%. Jako pomiar analizowany przyjęto pomiar będący medianą badanej serii pomiarowej odpowiednio dla ubrania specjalnego oraz stroju sportowego. Tak znaczne różnice wskazują konieczność podjęcia kroków mających na celu skonstruowanie ubrań specjalnych powodujących mniejsze obciążenie organizmu. Dane literaturowe wskazują, iż sam aspekt psychologiczny prowadzenia działań (np. przystąpienie do ataku na pożar) powoduje wzrost HR do 71% osobniczego HR_{max} oraz VE do ~56 dm^3/min, co pokazuje konieczność ograniczenia innych czynników stresu – jednym z nich może być zbyt niski komfort pracy w ubraniu specjalnym.

Słowa kluczowe: badania ergospirometryczne, obciążenie strażaka, zużycie tlenu, wentylacja, rytm serca
Typ artykułu: doniesienie wstępne (komunikat z badań)

A B S T R A C T

Aim: The purpose of this article is to determine the demands placed on a firefighter as a result of wearing special garments during rescue operations.
Design and Methods: The article presents results from research performed with the aid of ergo-spirometer Start 2000M. A middle aged firefighter, of average physical build (36 years of age, 179 cm high, 92 kg weight) was exposed to research tests which were repeated five times. Each test was performed after fasting, on different days in an enclosed space with stable temperature conditions and humidity (temperature in the range 21–22°C and relative humidity 33–34%). The mass of the garment was calculated at 620 g/m^2. Results were compared with performance where sport attire was worn. It was assumed that wearing sportswear precluded generation of heat and probably afforded maximum comfort. Comparative tests were performed for constant workload sessions consisting of a 10-minute quick march

[1] Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Warszawa / Main School of Fire Service, Warsaw, Poland; wesierskitomasz@poczta.onet.pl;
[2] Autorzy wnieśli jednakowy wkład merytoryczny w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.5

(v = 7 km/h), preceded by a four minute rest period. During the course of research, parameters such as the heart rate (HR), lung ventilation per minute (VE), oxygen consumption for every kilogram of body weight (VM_{O2}) and breathing rate (BF) were recorded and analyzed.
Results: All tested parameters revealed a higher workload during tests, when the special garment was worn compared with sportswear. Additionally, all analysed parameters whilst attired in the special garment, apart from breathing frequency (V_{BF} = 21.7%) were characterized by a variation coefficient of less than 20% (low population differential). This is confirmed by low uncertainty values, which are, apart from BF, lower than 5%. None of the confidence intervals for α = 0.1 overlapped, and the comparative criterion for each of the cases fulfilled the dependence $|X_2 - X_1| > \Delta X_1 + \Delta X_2$. Thus, parameter values for a special garment are significantly higher than parameters for sportswear with a probability of 90%.
Conclusions: The difference between measured parameters for sportswear and specialist garment is large, at least 16.7% (VM_{O2}) and in the case of BF rising to 51%. The median of all measurements obtained during experiments, for conditions involving specialist attire and sportswear, was exposed to analysis. Such significant differences indicate a need for steps to manufacture special garments, which cause less stress on the body. Data contained in literature reveals that the psychological aspect alone, of performing operational activities (eg. initial approach to attack the fire) causes an increase in HR to 71% of an individual's maximum heart rate and VE up to ~56 dm^3/min. This indicates a need to minimise the influence of other stress factors, one of which may be relatively low comfort at work whilst wearing a special garment.

Keywords: ergo-spirometry, fireman workload, oxygen consumption, ventilation, heart frequency
Type of article: short scientific report

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью статьи является определение влияния специальной одежды на степень физической нагрузки пожарного во время проведения спасательных действий.
Проект и методы: В статье были представлены результаты исследований, проведенных при помощи эргоспирометра Start 2000M. В исследовании приняли участие спасатели среднего возраста типичного телосложения (179 см, 92 кг, 36 лет). Измерение было проведено пять раз. Каждое исследование проводилось натощак, в разные дни недели, в закрытом помещении со стабильными условиями температуры и влажности (21–22°C, относительная влажность 33–41%). Используемая для исследований четырёхслойная пожарная одежда отвечала требованиям стандарта PN-EN 469:2008. Её вес на единицу поверхности составлял 620 г/м^2. Результаты сравнили с условиям работы в спортивной одежде, которая, как принято считать, не вызывает термической нагрузки и обеспечивает максимально возможный комфорт. Сличительные исследования были осуществлены во время (рабочей) нагрузки, которая заключалась в постоянной 10-минутной быстрой ходьбе (v = 7 км/ч), которой предшествовал четырёхминутный отдых. В ходе исследований были зарегистрированы и проанализованы такие параметры как: частота сокращения сердца (HR), минутная вентиляция легких (VE), потребление кислорода на килограмм массы тела (VM_{O2}) и частота дыхания (BF).
Результаты: Все измеряемые параметры указывали на увеличение рабочей нагрузки в случае её выполнения в специальной одежде по сравнению с работой в спортивной одежде. Кроме того, все аналитические характеристики, кроме частоты дыхания во время работы с нагрузкой, связанной с использованием специальной одежды (V_{BF} = 21,7%), характеризовались коэффициентом изменчивости (вариации) ниже 20%, поэтому показывали низкое различие результатов. Данный факт подтверждает также низкий уровень погрешности измерения, который, за исключением BF, есть ниже 5%. Ни один из доверительных интервалов для α = 0,1 не входил друг на друга, а сравнительный критерий в каждом случае отвечал зависимости $|X_2 - X_1| > \Delta X_1 + \Delta X_2$. Поэтому значения параметров в специальной одежде можно считать существенно высшими от параметров работы в спортивной одежде с вероятностью равной 90%.
Выводы: Разница параметров, измеряемых между спортивной и специальной одеждами, высока и составляет как минимум 16,7% (VM_{O2}), достигая в случае BF почти 51%. В качестве анализируемой величины измерения принято значение, являющееся медианой исследуемой серии измерений соответственно для спортивной и специальной одежды. Такие значительные различия указывают на необходимость принятия мер, направленных на создание специальной одежды, создавшую более низкую нагрузку на организм. Литературные данные указывают, что сам психологический аспект проведения действий (например борьба с пожаром) приводит к повышению HR до 71% индивидуального HR_{max} и VE до ~56 дм^3/мин, вызывая тем самым необходимость ограничения других факторов стресса, которыми могут быть, кроме всего прочего, слишком низкий комфорт работы в специальной одежде.

Ключевые слова: эргоспирометрические исследования, нагрузка пожарного, потребление кислорода, вентиляция, ритм сердца
Вид статьи: предварительный отчёт

1. Wprowadzenie

Praca ratownika związana jest z dużym wysiłkiem psychicznym, fizycznym oraz dyskomfortem temperaturowym [1–7]. Nadmierna izolacyjność cieplna ubrań specjalnych powoduje akumulację ciepła w organizmie ratownika, co może doprowadzić do przegrzania. Reakcją termofizjologiczną organizmu na proces przegrzania jest wystąpienie pocenia, przy czym pot jest pochłaniany przez warstwy odzieży stykające się ze skórą [8]. Zawilgocenie i niewydolna praca membrany paroprzepuszczalnej powodują spadek jej ciepłochłonności. Przegrzanie ratownika ma wpływ na wydajność pracy, obniżając jednocześnie szybkość i dokładność wykonywanych zadań oraz zdolność do podejmowania decyzji. Jest to szczególnie istotne podczas długotrwałych działań ratowniczo-gaśniczych, zwłaszcza w warunkach dużych obciążeń termicznych. W warunkach działań ratowniczych trudno jest zadbać o komfort psychofizyczny ratownika skuteczniej niż poprzez umożliwienie

mu pracy z wykorzystaniem profesjonalnego wyposażenia – dzięki możliwości prowadzenia działań z dystansu, automatyzacji, czy też choćby przez optymalny dobór parametrów wydajności armatury pożarniczej. Nie wszystkie czynności da się jednak wykonać zdalnie i konieczne jest wejście ratownika w rejon wysokiego poziomu zagrożenia. Stąd też konstrukcja ubrań specjalnych przechodzi ciągłą ewolucję celem poprawy bezpieczeństwa oraz komfortu pracy ratownika w trakcie działań.

Ze względu na specyfikę pracy strażaka dokładne określenie poziomu wysiłku nie jest łatwe i wymaga zastosowania metod opartych na pomiarze różnych parametrów organizmu człowieka takich jak zmiany częstości skurczów serca (HR), wentylacji minutowej płuc (VE), zużycia tlenu (VM_{O2}), czy też częstości oddechu (BF) w warunkach symulowanego obciążenia. Niektóre z wymienionych parametrów takie jak HR oraz VE zostały również zbadane w warunkach rzeczywistych działań, co pozwoliło między innymi na określenie reakcji organizmu w zależności od rodzaju bodźca psychofizycznego [9]. Okazuje się bowiem, że przyczyną aż 44% wypadków śmiertelnych wśród strażaków w USA w okresie pomiędzy 1995–007 była nagła niewydolność serca [10–12]. Poznanie zatem wpływu poszczególnych stresorów jest konieczne celem poprawy bezpieczeństwa pracy.

2. Metodyka badań

Do pomiarów wykorzystano ergospirometr Start 2000M. Jest to urządzenie przenośne do prowadzenia testów wysiłkowych w warunkach laboratoryjnych lub w warunkach naturalnego wysiłku (bieg, jazda na rowerze itp.) z bezpośrednim podglądem mierzonych wielkości. Dzięki zastosowaniu niskooporowej głowicy pneumotachograficznej istnieje możliwość wielogodzinnego pomiaru wentylacji minutowej płuc, a zamontowane analizatory CO_2, O_2 oraz system do bezprzewodowej rejestracji pulsu dają możliwość pełnego zapisu najważniejszych parametrów ergospirometrycznych podczas pracy. Urządzenie zostało połączone w sposób przewodowy z komputerem, na którym zainstalowano oprogramowanie Ergo2k służące do obróbki danych pochodzących z ergospirometru Start 2000M. W czasie badań mierzono przede wszystkim parametry takie jak tętno (HR), wentylacja minutowa płuc (VE), zużycie tlenu (VM_{O2}), częstotliwość oddechu (BF). Obciążeniu pracą w postaci szybkiego marszu na bieżni (V = 7 km/h) poddano ratownika w wieku średnim, o przeciętnej budowie ciała (179 cm, 92 kg, 36 lat). Badania w ubraniu specjalnym powtarzano pięciokrotnie, odnosząc je do wyników badań w stroju sportowym. Każde badanie było wykonane na czczo, w różnych dniach, w pomieszczeniu zamkniętym o stabilnych warunkach temperaturowych oraz wilgotności (21–22°C, wilgotność względna 33–41%).

Użyte w badaniach ubranie specjalne spełniało wymagania normy PN-EN 469: 2008 [13]. Ubranie składało się z kurtki ¾ oraz spodni z szelkami. Obie części miały budowę warstwową, na którą składały się:

- warstwa zewnętrzna – chroniąca przede wszystkim przed wnikaniem płomieni i urazami mechanicznymi,
- membrana wodoszczelna i paroprzepuszczalna – chroniąca przed wnikaniem wilgoci do wewnątrz ubrania i przepuszczająca parę wodną z wnętrza ubrania,
- warstwa termoizolacyjna – chroniąca przed wnikaniem ciepła do wnętrza ubrania,
- podszewka – zabezpieczająca pozostałe warstwy od wewnątrz.

Przykładowy wygląd oraz układ warstw ubrania specjalnego przedstawiono na ryc. 1. Badane ubranie zgodnie z wymaganiami posiadało masę mniejszą od 3,8 kg. [15]. Jego masa w przeliczeniu na jednostkę powierzchni była standardowa i wynosiła 620 g/m².

Ryc. 1. Przykładowy wygląd oraz układ warstw ubrania specjalnego
1 – warstwa zewnętrzna, 2 – membrana, 3 – włóknista warstwa termoizolacyjna przeszpikowana z podszewką [14]
Fig. 1. An example of the appearance and layout of the special firefighting garment
1 – external layer, 2 – mambrane, 3 – termoinsulation layer joined with lining [14]

Odtwarzalne badania wykonano za pomocą ergospirometru Start 2000M, przy czym obciążenie polegało na stałym 10-minutowym szybkim marszu (v = 7 km/h) poprzedzonym 4-minutowym okresem spoczynkowym. W toku badań rejestracji i analizie poddano takie parametry jak:

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.5

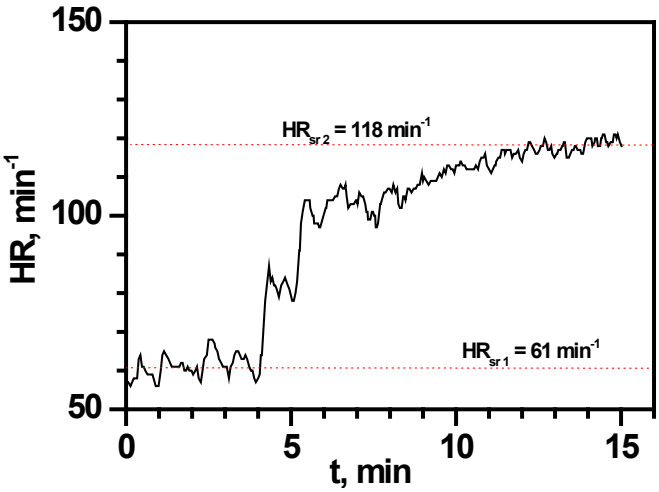
a) częstotliwość skurczów serca (HR)
b) wentylacja minutowa płuc (VE)
c) zużycie tlenu na kilogram masy ciała (VM_{O2})
d) częstotliwość oddechu (BF)

Jako obszary analityczne przyjęto czterominutowy okres spoczynkowy oraz dwuminutowy okres obciążenia w jego fazie końcowej (oprócz częstości oddechowej BF, dla której przyjęto cały zakres obciążeniowy). Wynika to z faktu ustabilizowania się pracy organizmu w czasie wysiłku. Niepewności pomiarowe podano w formie iloczynu odchylenia standardowego od wartości średniej i współczynnika dystrybuanty rozkładu normalnego N(0,1) przyjętego na poziomie istotności $\alpha = 0{,}1$. Jako najbardziej reprezentatywne analitycznie przyjęto badania, które stanowią wartość medialną $HR_{sr2} - HR_{sr1}$, $VE_{sr2} - VE_{sr1}$, $VM_{O2\,sr2} - VM_{O2\,sr1}$, $BF_{sr2} - BF_{sr1}$ ze wszystkich pięciu prób przeprowadzonych w ubraniu sportowym oraz specjalnym, i tylko one zostały poddane analizie i przedstawione w postaci rycin w części wyniki i dyskusja.

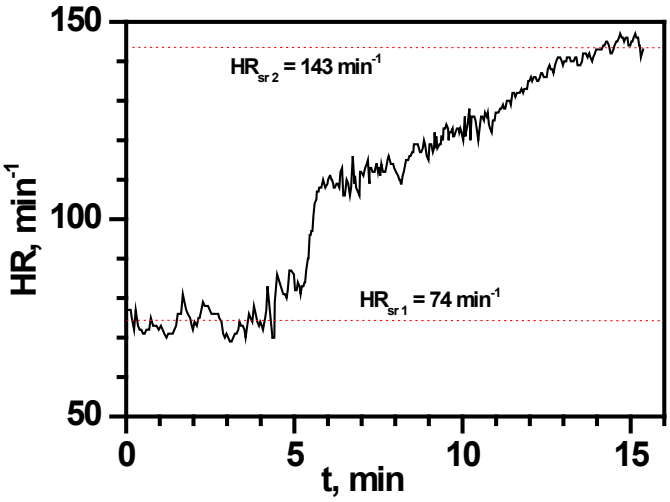
3. Wyniki i dyskusja

3.1. Częstotliwość skurczów serca (HR)

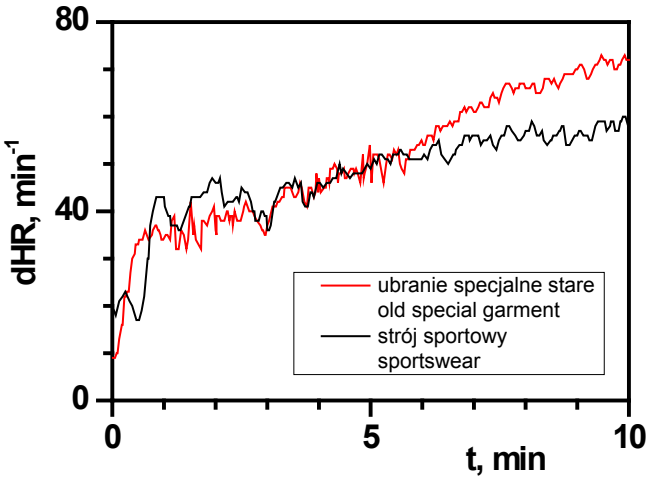
Przeciętna częstotliwość skurczów serca dla osoby będącej w stanie spoczynku wynosiła odpowiednio HR_{sr1} +/– ΔHR_{sr1} = 61 +/– 1 min^{-1} oraz 74 +/– 1 min^{-1} odpowiednio dla badań w stroju sportowym oraz w tradycyjnym ubraniu specjalnym (ryc. 2, 3). Końcowy okres obciążenia charakteryzował się parametrami HR_{sr2}+/– ΔHR_{sr2} = 118+/– 1 min^{-1} (strój sportowy) oraz 143 +/– 1 min^{-1} (ubranie specjalne). Zatem różnica $HR_{sr2} - HR_{sr1}$ wynosi odpowiednio: 57+/–2 min^{-1} (strój sportowy) oraz 69 +/– 2 min^{-1} (ubranie specjalne). Otrzymany wynik wskazuje zatem, że przeciętny przyrost częstotliwości skurczów serca w fazie końcowej obciążenia jest o 21% wyższy dla ubrania specjalnego. Zaobserwowano jednak, że różnica wartości przyrostu częstotliwości skurczów serca obserwowana jest dopiero od szóstej minuty pracy pod obciążeniem (ryc. 4).



Ryc. 2. Częstotliwość skurczów serca (HR) dla badań przeprowadzonych w stroju sportowym
Fig. 2. Heart rate (HR) for measurements taken in sportswear
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



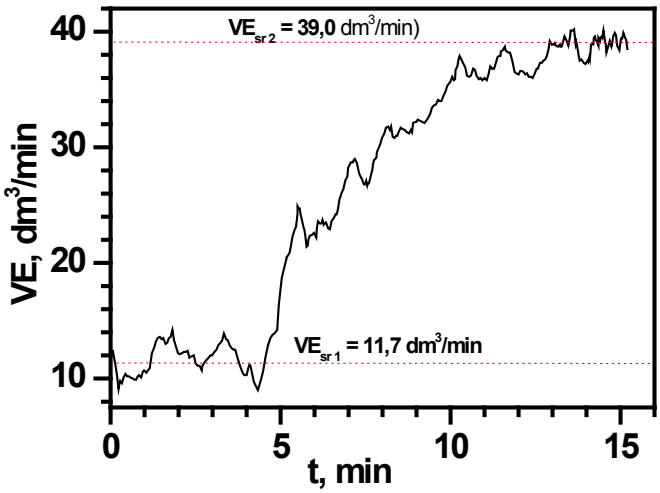
Ryc. 3. Częstotliwość skurczów serca (HR) dla badań przeprowadzonych w ubraniu specjalnym
Fig. 3. Heart rate (HR) for measurements taken wearing a special garment
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 4. Przyrost wartości częstotliwości skurczów serca dHR podczas pracy pod obciążeniem w ubraniu sportowym i specjalnym względem wartości przeciętnej stanu spoczynkowego
Fig. 4. Increase in the heart rate dHR under workload wearing sportswear and special garment in terms of to the average value during state of rest
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

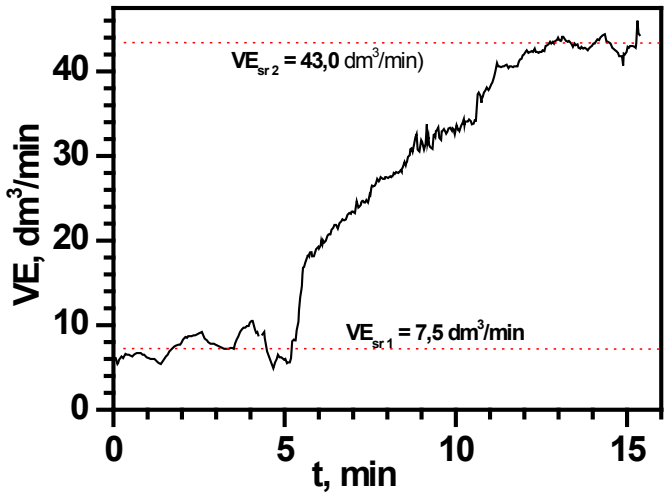
3.2. Wentylacja minutowa płuc (VE)

Przeciętna wartość wentylacji minutowej płuc dla osoby będącej w stanie spoczynku wynosiła odpowiednio VE_{sr1} +/– ΔVE_{sr1} = 11,7 +/– 0,3 dm^3min^{-1} oraz 7,5 +/– 0,3 dm^3min^{-1} odpowiednio dla badań w stroju sportowym oraz w tradycyjnym ubraniu specjalnym (ryc. 5, 6). Końcowy okres obciążenia charakteryzował się parametrami VE_{sr2} +/– ΔVE_{sr2} = 39,0 +/– 0,2 dm^3min^{-1} (strój sportowy) oraz 43,0 +/– 0,2 dm^3min^{-1} (ubranie specjalne). Zatem różnica VE_{sr2} – VE_{sr1} wynosi odpowiednio: 27,3 +/– 0,5 dm^3min^{-1} (strój sportowy) oraz 35,5 +/– 0,5 dm^3min^{-1} (ubranie specjalne). Otrzymany wynik wskazuje zatem, że przeciętny przyrost wentylacji w fazie końcowej obciążenia jest o 30% wyższy dla ubrania specjalnego (ryc. 7). Numeryczne wyznaczenie powierzchni w różnych zakresach czasu podczas obciążenia pracą wskazuje, że procentowy przyrost objętości podczas obciążenia w ubraniu specjalnym w stosunku do ubrania sportowego jest większy od 25–30% (tabela 1).

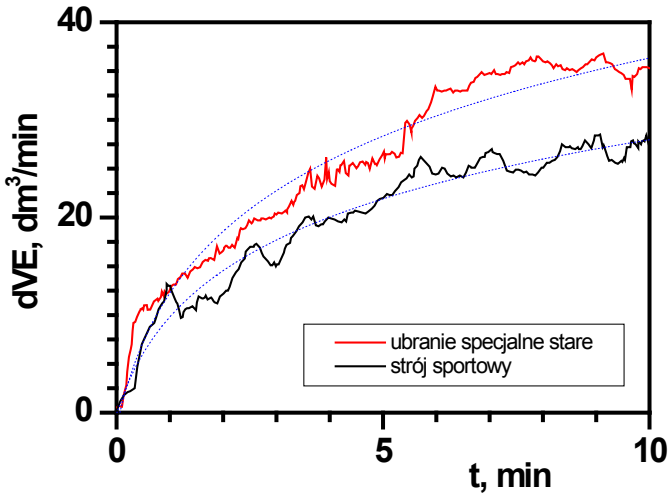


Ryc. 5. Wentylacja minutowa płuc (VE) dla badań przeprowadzonych w stroju sportowym
Fig. 5. Ventilation (VE) for measurements taken wearing sportswear
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.5



Ryc. 6. Wentylacja minutowa płuc (VE) dla badań przeprowadzonych w ubraniu specjalnym
Fig. 6. Ventilation (VE) for measurements taken wearing a special garment
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 7. Przyrost wartości wentylacji minutowej płuc dVE podczas pracy pod obciążeniem w ubraniu sportowym i specjalnym względem wartości przeciętnej stanu spoczynkowego
Fig. 7. Increase to the ventilation value dVE under workload in sportswear and special garment in terms of the average value during state of rest
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

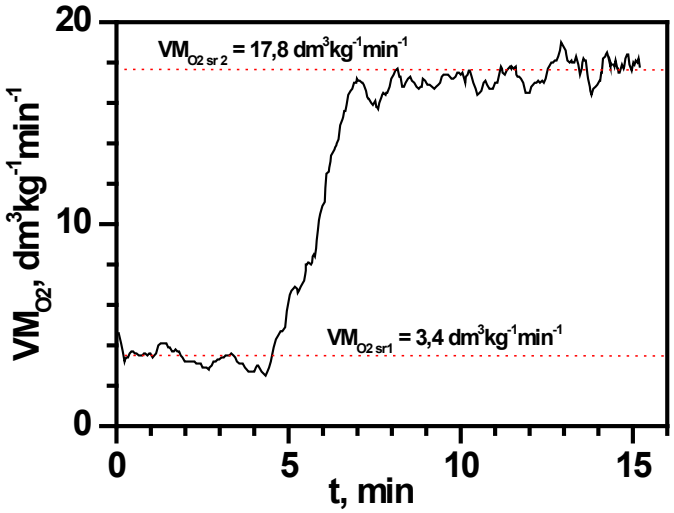
Tabela 1. Wartość różnicy objętości powietrza wydychanego po czasie t podczas pracy pod obciążeniem w ubraniu specjalnym oraz stroju sportowym względem stanu spoczynkowego
Table 1. The difference in the volume of air exhaled after time t when working under load in a sportswear and at rest

	ubranie specjalne / special garment	**ubranie sportowe / sportswear**	
t [min]	V_2 [dm³]	V_1 [dm³]	V_2/V_1
3	42,4	33,2	1,28
5	90,6	72,3	1,25
10	259,0	200,9	1,29

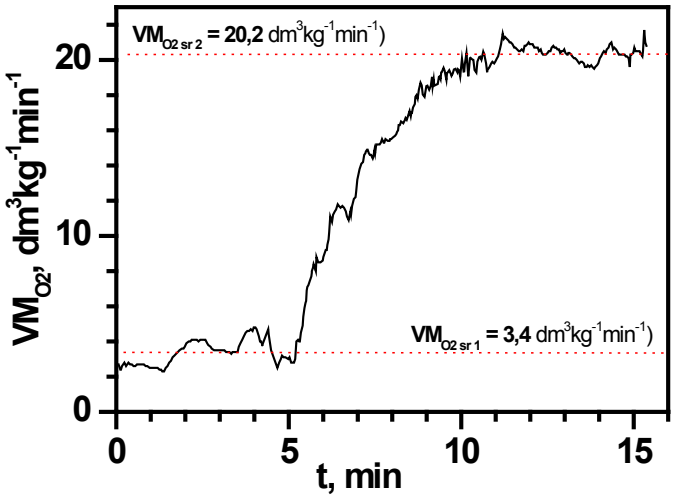
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

3.3. Zużycie tlenu na kilogram masy ciała (VM_{O2})

Przeciętna wartość zużycia tlenu dla osoby będącej w stanie spoczynku wynosiła odpowiednio $VM_{O2\ sr1}$ +/– $\Delta VM_{O2\ sr1}$ = 3,4 +/– 0,1 $dm^3kg^{-1}min^{-1}$ zarówno dla badań w stroju sportowym, jak i w tradycyjnym ubraniu specjalnym (ryc. 8, 9). Końcowy okres obciążenia charakteryzował się parametrami $VM_{O2\ sr2}$ +/– $\Delta VM_{O2\ sr2}$ = 17,8 +/– 0,1 $dm^3kg^{-1}min^{-1}$ (strój sportowy) oraz 20,2 +/– 0,1 $dm^3kg^{-1}min^{-1}$ (ubranie specjalne). Zatem różnica $VM_{O2\ sr2}$ – $VM_{O2\ sr1}$ wynosi odpowiednio: 14,4 +/– 0,2 $dm^3kg^{-1}min^{-1}$ (strój sportowy) oraz 16,8+/–0,2 $dm^3kg^{-1}min^{-1}$ (ubranie specjalne). Otrzymany wynik wskazuje zatem, że przeciętny przyrost zużycia tlenu w fazie końcowej obciążenia jest o 16,7% wyższy dla ubrania specjalnego (ryc. 10). Różnica wartości przyrostu dVM_{O2} zaczyna być obserwowana już przed drugą minutą cyklu pomiarowego odbywającego się pod obciążeniem.

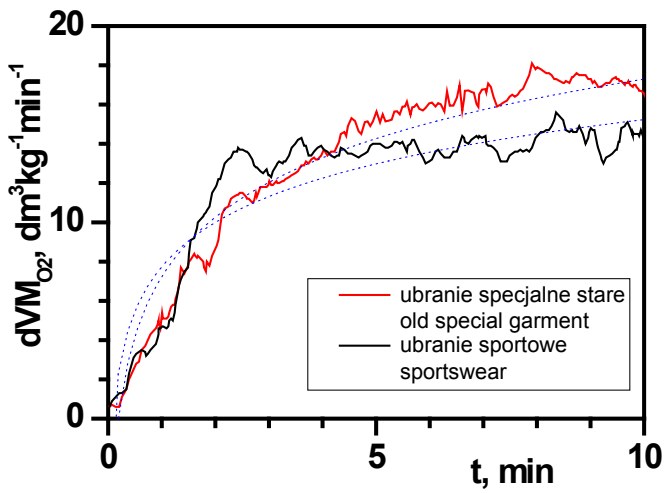


Ryc. 8. Zużycie tlenu VM_{O2} dla badań przeprowadzonych w stroju sportowym
Fig. 8. Oxygen consumption (VM_{O2}) for measurements taken wearing sportswear
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



Ryc. 9. Zużycie tlenu VM_{O2} dla badań przeprowadzonych w ubraniu specjalnym
Fig. 9. Oxygen consumption (VM_{O2}) for measurements taken wearing a special garment
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.5



Ryc. 10. Przyrost wartości zużycia tlenu dVM_{O2} podczas pracy pod obciążeniem w ubraniu sportowym i specjalnym względem wartości przeciętnej stanu spoczynkowego. Parametry badanego ratownika: wiek lat 36, waga 92 kg, wzrost 179 cm. Obciążenie: szybki marsz v=7 km/h

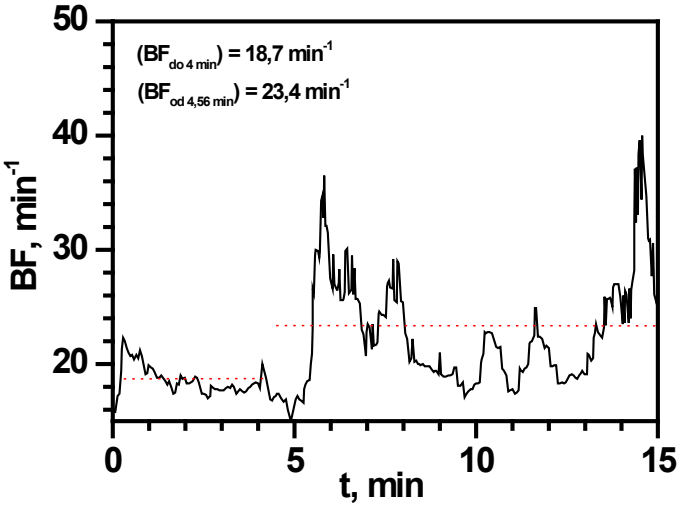
Fig. 10. Increase to oxygen consumption (VMO2) under workload in sportswear and special garment in terms of average value during state of rest. Firefighter data : age 36 years, weight 92 kg, height 179 cm. Work load: quick march v = 7 km/h

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.

3.4. Częstotliwość oddechu (BF)

Przeciętna częstotliwość oddechu dla osoby będącej w stanie spoczynku wynosiła odpowiednio BF_{sr1} +/– ΔBF_{sr1} = 18,7 +/– 0,3 min^{-1} oraz 20,3 +/– 0,4 min^{-1}, odpowiednio dla badań w stroju sportowym oraz w tradycyjnym ubraniu specjalnym (ryc. 11, 12). Natomiast całkowity okres obciążenia charakteryzował się parametrami BF_{sr2}+/– ΔBF_{sr2} = 23,4+/–0,6 min^{-1} (strój sportowy) oraz 27,4 +/– 0,5 min^{-1} (ubranie specjalne). Zatem różnica BF_{sr2} – BF_{sr1} wynosi odpowiednio: 4,7 +/– 0,9 min^{-1} (strój sportowy) oraz 7,1 +/– 0,9 min^{-1} (ubranie specjalne). Otrzymany wynik wskazuje zatem, że przeciętny przyrost częstotliwości oddechu w czasie obciążenia jest o 51% wyższy dla ubrania specjalnego.

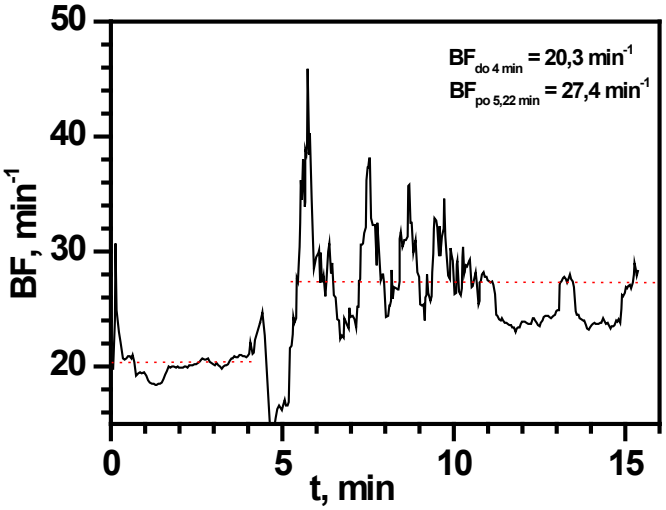


Ryc. 11. Częstotliwość oddechu dla badań przeprowadzonych w stroju sportowym. Parametry badanego ratownika: wiek lat 36, waga 92 kg, wzrost 179 cm. Obciążenie: szybki marsz (v = 7 km/h) poprzedzony okresem spoczynkowym (4 min)

Fig. 11. Breath frequency (BF) for measurements taken wearing sportswear. Firefighter data : age 36 years, weight 92 kg, height 179 cm. Load: fast march (v=7 km/h) preceded by a rest period (4 min)

Źródło: Opracowanie własne.

Source: Own elaboration.



Ryc. 12. Częstotliwość oddechu dla badań przeprowadzonych w ubraniu specjalnym.
Parametry badanego ratownika: wiek lat 36, waga 92 kg, wzrost 179 cm. Obciążenie: szybki marsz (v=7 km/h) poprzedzony okresem spoczynkowym (4 min)
Fig. 12. Breathing frequency (BF) for measurements taken wearing a special garment.
Firefighter data: age 36 years, weight 92 kg, height 179 cm. Work load: quick march (v=7 km/h) preceded by a rest period (4 min)
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

4. Wnioski

Wszystkie badane parametry wskazały podwyższony wysiłek w ubraniu specjalnym w odniesieniu do ubrania sportowego. Ponadto wszystkie zakresy analityczne poza częstotliwością oddechową podczas pracy w obciążeniu dla ubrania specjalnego (V_{BF} = 21,7 %) charakteryzowały się współczynnikiem zmienności poniżej 20%, a zatem oznaczały niskie zróżnicowanie cechy. Potwierdzają to również niskie wartości niepewności pomiarowych, które poza BF są niższe od 5%. Żaden z przedziałów ufności nie zazębiał się, a kryterium porównawcze w każdym z przypadków wykazało $|X_2 - X_1| > \Delta X_1 + \Delta X_2$. Zatem wartości parametrów w ubraniu specjalnym można uznać za istotnie wyższe od parametrów w stroju sportowym z prawdopodobieństwem równym 90%.

Różnica parametrów mierzonych pomiędzy strojem sportowym a ubraniem specjalnym wynosiła co najmniej 16,7% (VM_{O2}), osiągając aż 51% w przypadku BF. Tak znaczne różnice wskazują konieczność podjęcia kroków mających na celu konstruowanie i użytkowanie ubrań specjalnych powodujących mniejsze obciążenie organizmu. Może to zostać osiągnięte poprzez zmniejszenie gęstości powierzchniowej ubrań, dopasowanie odpowiednich technologii membran paroprzepuszczalnych, zmiany kroju czy też zastąpienie filcowej warstwy termoizolacyjnej poduszką powietrzną. Jest to możliwe do zrealizowania choćby przez zastosowanie technologii AIRLOCK [16]. Minimalizacja poziomu negatywnych bodźców związanych z obciążeniem pracą w ubraniu specjalnym przy jednoczesnym zachowaniu bezpieczeństwa prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych ograniczy ryzyko zawodowe strażaków i tak już znacząco narażonych w związku ze specyfiką wykonywanej pracy. Naukowcy z Indiana University Firefighter Health wskazują, iż sam aspekt psychologiczny prowadzenia działań (np. przystąpienie do ataku na pożar) powoduje wzrost HR do 71% osobniczego HR_{max} oraz VE do ~56 dm^3/min [9], czyli w ostatnim przypadku więcej niż otrzymane przez nas wartości doświadczalne podczas symulowanego obciążenia pracą.

Literatura

[1] Dmochowska A., Majder-Łopatka M., Jarosz W., *Praca strażaka ratownika w chemoodpornym ubraniu gazoszczelnym w aspekcie fizycznego obciażenia organizmu*, „Zeszyty Naukowe SGSP", Issue 46, 2013, pp. 31–39.
[2] Guzewski P., Pawłowski R., Ranecki J., *Ubrania ochrony przeciwchemicznej*, SA PSP, wyd. I, Poznań 1997.
[3] Czarnecka A., Dobrodziej C., *Psychologiczne aspekty działań ratowniczych*, ZWiS, Warszawa 2001.
[4] Świderski A., *Źródła stresu zawodowego, jego objawy i skutki ekonomiczne dla przedsiębiorstwa*, Seminarium Okręgowego Inspektoratu Pracy w Łodzi „Stres w pracy", 15 listopada 2006.
[5] Guidotti T.L., *Human factors in firefighting: ergonomic, cardiopulmonary-, and psychogenic stress-related issues*, "International Archive of Occupational and Environmental Health", Vol. 64, 1992, pp. 1–12.
[6] Kales S.N., Soteriades E.S., Christophi C.A., Christiani D.C., *Emergency duties and deaths from heart disease among firefighters in the United States*, "The New England Journal of Medicine", Vol. 356 Issue 12, 2007, pp. 1207–1215.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.5

[7] Sothmann M.S., Saupe K., Jasenof D., Blaney J., *Heart rate response of firefighters to actual emergencies; implications for cardiorespiratory fitness,* "Journal of Occupational Medicine", Vol. 34 Issue 8, 1992, pp. 797–800.

[8] *8. Physiological Stress Associated with Structural Firefighting Observed in Professional Firefighters*, Indiana University Firefighter Health & Safety Research School of Health, Physical Education & Recreation Department of Kinesiology Bloomington, Indiana 2011.

[9] Zwolińska M., Bogdan A., *Izolacyjność cieplna odzieży*, „Bezpieczeństwo Pracy", Issue 2, 2010, pp. 17–20.

[10] Fahy R.F., *U.S. firefighter fatalities due to sudden cardiac death, 1995–2004*, Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2005.

[11] U.S. Fire Administration, *Firefighter fatalities in the United States in 2005*, Emmitsburg, MD, 2006.

[12] U.S. Fire Administration, *Firefighter fatalities in the United States in 2006*, Emmitsburg, MD, 2006.

[13] PN – EN 469: 2008, *Odzież ochronna dla strażaków – Wymagania użytkowe dla odzieży ochronnej przeznaczonej do akcji przeciwpożarowej.*

[14] Czarnecki R., *Ubranie specjalne*, „Przegląd Pożarniczy" Issue 1, 2011, p. 42.

[15] Rozporządzenie MSWiA z dnia 27 kwietnia 2010 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz. U. Nr 85, poz. 553).

[16] Informacja o seminarium pn. „Testy użytkowe ubrań specjalnych" [dok. elektr.], http://old.edura.pl/html/konferencja/testy_ubran.html [dostęp: 1.06.2015].

* * *

mł. kpt. dr Tomasz Węsierski – adiunkt w Zakładzie Fizyki i Chemii Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Doktorat ukończył na Wydziale Chemii UAM w Poznaniu. Od września 2008 roku związany z Państwową Strażą Pożarną. Zajmuje się problematyką ratownictwa chemicznego oraz ekologicznego.

mł. bryg. mgr inż. Przemysław Kowalczyk – wykładowca w Zakładzie Ratownictwa Technicznego oraz kierownik Pracowni Bezpieczeństwa Działań Ratowniczych w Szkole Głównej Służby Pożarniczej. Zajmuje się kwestiami bezpieczeństwa działań ratowniczych oraz środków ochrony indywidualnej.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB
Please cite as: BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 73–87

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.6

dr hab. inż. **Władysław Harmata,** prof. WAT[1]
prof. dr hab. inż. **Stanisław Kłosowicz**[1]
gen. bryg. (r) **Marek Witczak,** prof. wizyt. WAT[1]
dr **Jacek Pirszel**[2]
mgr inż. **Władysław Fediuk**[3]

Przyjęty/Accepted/Принята: 26.02.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 27.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2015;

Likwidacja skażeń powierzchni „wrażliwych”[4]

Decontamination of “Delicate” Surfaces

Ликвидация последствий заражений „чувствительных” поверхностей

A B S T R A K T

Cel: Celem artykułu jest prezentacja metody likwidacji skażeń (dezynfekcji i odkażania) powierzchni „wrażliwych”: wnętrz kontenerów i statków powietrznych, elementów izolacyjnych odzieży ochronnej oraz sprzętu elektronicznego, za pomocą nadtlenku wodoru w stanie pary.
Wprowadzenie: Likwidacja skażeń jest bardzo trudnym procesem pod względem technicznym i technologicznym, gdyż dotyczy skażeń powierzchni, które po przeprowadzonym procesie powinny być bezpieczne dla ludzi i środowiska. Dotyczy to głównie wnętrz obiektów, aparatury, dokumentacji oraz specjalistycznego wyposażenia. Obecnie możliwość skażenia lub zakażenia zespołów ratowniczych lub kontyngentów wojskowych jest wielce prawdopodobna. Siły Zbrojne Rzeczypospolitej Polskiej (SZ RP), dysponują środkami oraz technologiami do prowadzenia procesów likwidacji skażeń tzw. metodami mokrymi, bazującymi na substancjach czynnych w postaci roztworów wodnych lub ciekłych mieszanin organicznych. Metoda mokra jest nieprzydatna do likwidacji skażeń np. elektroniki, ponieważ w większości przypadków sprzęt ten w procesie likwidacji skażeń zostaje trwale uszkodzony. Niezależnie od formy skażeń, ważne jest szybkie dotarcie do źródła zagrożenia i skuteczna jego likwidacja. Jedną z możliwości rozwiązania praktycznego tego problemu jest zastosowanie nadtlenku wodoru w postaci pary oraz mobilnego urządzenia do likwidacji skażeń.
Metodologia: Metodykę określenia działania biobójczego gazowego nadtlenku wodoru opracowano na podstawie norm: PN-EN 13697, PN-EN 14561, PN-EN 14562. Jako substancje testowe wykorzystano: *Enterococcus hirae* (bakteria gram-dodatnia), *Escherichia coli* (bakteria gram-ujemna), *Geobacillus stearothermophilus* (spor bakteryjny) oraz *Candida albicans* (grzyb drożdżopodobny) i *Aspergillus niger* (grzyb pleśniowy).
Badanie skuteczności odkażania iperytu siarkowego za pomocą gazowego nadtlenku wodoru prowadzono według metodyki RTMO-86 (materiał niejawny). Analizę skażeń resztkowych prowadzono techniką GCMS. Wpływ procesu likwidacji skażeń na materiały oraz aparaturę oceniano na podstawie norm oraz wewnętrznych procedur badawczych.
Wnioski: Uzyskane pozytywne wyniki badań skuteczności dezynfekcji i odkażania oraz kompatybilność nadtlenku wodoru w postaci pary w stosunku do materiałów i aparatury, po przeprowadzeniu badań uzupełniających, rekomenduje opracowanie do wdrożenia.

Słowa kluczowe: dezynfekcja, odkażanie, nadtlenek wodoru w postaci pary
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

A B S T R A C T

Aim: The purpose of this article is to present a method of eliminating the consequence of contamination (decontamination and disinfection) from delicate surfaces including; the interior of containers and aircraft, insulating elements of protective clothing and electronic equipment, with the aid of hydrogen peroxide applied in vapour form.

[1] Wojskowa Akademia Techniczna, Warszawa / Military University of Technology, Warsaw, Poland; wladyslaw.harmata@wat.edu.pl;
[2] Wojskowy Instytut Chemii i Radiometrii, Warszawa / Military Institute of Chemistry and Radiometry, Warsaw, Poland;
[3] Przedsiębiorstwo Innowacyjno-Wdrożeniowe “IMPULS”, Gdańsk / Innovation Enterprise „IMPULS”, Poland;
[4] Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.6

Introduction: Elimination of contamination is a very difficult process in terms of application and technology because it relates to contaminated surfaces, which after a process of application, should be rendered safe for the environment and use by humans. In the main, this applies to indoor facilities, apparatus, documentation and specialised equipment. Currently, the risk of contamination or infection of rescue teams, or military contingents is high. Polish Armed Forces have the means to perform decontamination processes using so called 'wet methods', where active ingredients are based on aqueous solutions or organic liquid mixtures. However, 'wet methods' are unsuitable for decontamination of, for example, electronic equipment, because in most circumstances such equipment is likely to be permanently damaged during the process. Irrespective of contamination type, it is important to quickly reach the source of threat and successfully eliminate it. One practical approach, to address the problem, may lie in the use of hydrogen peroxide, in vapour form, delivered by a suitable device to eliminate contamination in the field.
Methodology: The methodology for determining biocidal effect of hydrogen peroxide gas was developed on the basis of following standards: EN 13697, EN 14561, EN 14,562th. The following substances were used during research tests: *Enterococcus hirae* (gram-positive bacteria), *Escherichia coli* (gram-negative bacteria) *Geobacillus stearothermophilus* (bacterial spores), *Candida albicans* (yeast fungus) and *Aspergillus niger* (*filamentous fungus*). An examination of the effectiveness of sulfur mustard decontamination with gaseous hydrogen peroxide was carried out using methodology RTMO-86 (classified material). Analysis of residual contamination was performed using GCMS. The impact of contamination elimination on materials and equipment was evaluated on the basis of standards and internal procedures.
Conclusions: Achievement of positive test outcomes for successful disinfection and decontamination, and compatibility of hydrogen peroxide, in vapour form, with materials and apparatus embraced by research. Recommendation, after supplementary studies, for the development and implementation of the process.

Keywords: disinfection, decontamination, hydrogen peroxide in vapour form
Type of article: review article

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью статьи является представление метода ликвидации заражений (дезинфекции, обеззараживания) „чувствительных" поверхностей: внутри контейнеров, воздушных судов, изоляционных элементов защитной одежды и электрооборудования с помощью паров пероксида водорода.
Введение: Ликвидация заражений – это технически и технологически сложный процесс, так как он связан с зараженными поверхностями, которые после его окончания, должны быть безопасны для людей и среды. Это касается в основном внутреннего помещения объектов, аппаратуры, документации и специализированного оснащения. В настоящее время вероятность заражения или инфицирования спасательных групп или военных контингентов очень высока. Вооруженные силы Республики Польша оборудованы средствами и технологиями для проведения процессов ликвидации заражений, так называемыми жидкими методами, в основе которых лежат активные вещества в форме водных растворов или жидких органических смесей. Жидкий метод не пригоден для ликвидации заражений, например, электрооборудования, так как в большинстве случаев оборудование во время ликвидации заражения получает серьёзные повреждения. Независимо от формы заражений, важно немедленно добраться к месту угрозы и эффективно её устранить. Одной из возможностей практического решения этой проблемы является использование пероксида водорода в форме пара и мобильного устройства для ликвидации заражений.
Методология: Методику определения биоцидного действия пероксида водорода в газовой форме разработано на основе стандартов: PN-EN 13697, PN-EN 14561, PN-EN 14562. В качестве тестовых веществ были использованы: *Enterococcus hirae* (граммположительная бактерия), *Escherichia coli* (граммотрицательная бактерия), *Geobacillus stearothermophilus* (спора бактерий) и *Candida albicans* (дрожжеподобный гриб) и *Aspergillus niger* (плесневой гриб). Исследование эффективности обеззараживания иприта серы с помощью пероксида водорода в газовой форме проведено согласно методике RTMO-86 (неявный материал). Анализ остальных заражений проведен техникой GCMS. Влияние процесса ликвидации заражений на материалы и аппаратуру оценено на основе стандартов и внутренних исследовательских процедур.
Выводы: Полученные положительные результаты исследований эффективности дезинфекции и обеззараживания, а также совместимость пероксида водорода в газовой форме относительно материалов и аппаратуры, после проведения дополнительных исследований, рекомендуют внедрить разработку.

Ключевые слова: дезинфекция, обеззараживание, пероксид водорода в форме пара
Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Likwidacja skażeń jest procesem mającym na celu zapewnienie bezpieczeństwa osobom, obiektom i rejonom poprzez usunięcie z nich substancji promieniotwórczych, absorpcję, niszczenie, neutralizację lub usuwanie środków, biologicznych lub chemicznych skażających powierzchnie lub znajdujących się w ich pobliżu [24]. Proces likwidacji skażeń jest najtrudniejszym z przedsięwzięć realizowanych w ramach systemu obrony przed bronią masowego rażenia. Wymaga on zaangażowania znacznych sił i środków oraz zajmuje dużo czasu (jednorazowy proces może trwać od 10 minut nawet do kilku godzin). Z uwagi na ciągłe wprowadzanie nowych materiałów oraz nowoczesnych urządzeń elektronicznych tradycyjny proces likwidacji skażeń nie może spełnić aktualnych wysokich wymagań dotyczących zakresu likwidacji skażeń sprzętu i obiektów technicznych.

Doniesienia prasowe dotyczące wybuchu epidemii w różnych rejonach świata sugerują konieczność przygotowania środków zaradczych na wypadek tego rodzaju zdarzeń. Jest to szczególnie istotne w odniesieniu do Polskich Kontyngentów Wojskowych oraz grup ratowniczych Państwowej Straży Pożarnej powracających do kraju z misji

realizowanych w rejonach zagrożonych występowaniem chorób zakaźnych lub epidemiami. Całe wyposażenie tych kontyngentów powinno być poddane procesowi dezynfekcji profilaktycznej. We współczesnym świecie wzrasta także zagrożenie atakiem terrorystycznym z użyciem patogenów chorobotwórczych lub wysokotoksycznych substancji chemicznych – nie wyłączając bojowych środków trujących. Problem skażeń biologicznych pojawia się także w przypadku klęsk żywiołowych, np. powodzi. Istnieje więc pilna potrzeba likwidacji skażeń biologicznych i chemicznych w dużych przestrzeniach zamkniętych oraz na powierzchni i wewnątrz specjalistycznej aparatury. Szczególnie perspektywiczne jest zastosowanie gazowych mieszanin odkażających zamiast stosowanych do tej pory mieszanin ciekłych, pian, emulsji czy odkażalników proszkowych. Mieszaniny do likwidacji skażeń w postaci pary [25] mogą być szczególnie przydatne do likwidacji skażeń kontenerów, serwerowni, wnętrz samolotów, wnętrz pojazdów mechanicznych, pomieszczeń szpitalnych (w tym sal operacyjnych) oraz innych pomieszczeń, w których nie jest możliwe (lub uzasadnione) zastosowanie agresywnych mediów ciekłych oraz metod termicznych.

W SZ RP w przypadku konieczności prowadzenia likwidacji skażeń (wyposażenia powracającego kontyngentu) wykorzystywane są różne metody, w tym metoda podręczna oparta o kwas nadoctowy jako czynnik biobójczy [18]. Skuteczność biologiczna kwasu nadoctowego zależna jest od pH. Skuteczność przeciw bakteriom nietworzącym przetrwalników (np. wg EN 1276) osiągana jest przy pH 3 już od około 50 ppm nawet w temperaturze +4°C w ciągu 5 minut. Dla osiągnięcia tej samej skuteczności bakteriobójczej przy pH 8 konieczne jest stężenie 300 ppm [18]. W dezynfekcji zazwyczaj wykorzystywane są roztwory o stężeniu od 5 do 15%, więc są one niebezpieczne dla człowieka. W dostępnej literaturze brak informacji o kompatybilności materiałowej kwasu nadoctowego.

W czasie badań nad opracowaniem nowych technologii likwidacji skażeń zwrócono uwagę na właściwości biobójcze i utleniające nadtlenku wodoru w stanie pary – GNW.

Nadtlenek wodoru (H_2O_2) to nieorganiczny związek chemiczny z grupy nadtlenków, prekursor jednej z reaktywnych form tlenu [3]. Układ wiązań H–O–O–H wokół atomów tlenu w cząsteczce H_2O_2 jest nieliniowy (podobnie jak układ H–O–H w wodzie), ponadto atomy H–O–O–H tworzą kąt dwuścienny.

w stanie stałym
in the solid state

w stanie gazowym
in the gaseous state

Ryc. 1. Budowa cząsteczki nadtlenku wodoru [14]
Fig. 1. Molecular structure of hydrogen peroxide [14]

Nadtlenek wodoru wykazuje silne właściwości utleniające wynikające z powstawania w czasie jego rozkładu tlenu atomowego (tzw. tlen *in statu nascendi*):

$$H_2O_2 \rightarrow H_2O + O \quad (1)$$

Właściwości biobójcze i utleniające wodnych roztworów nadtlenku wodoru oraz nadtlenków nieorganicznych i organicznych, o różnej zawartości substancji czynnej, były i są wykorzystywane w procesach odkażania i dezynfekcji.

Z dotychczasowych doniesień literaturowych wynika, że nadtlenek wodoru w postaci pary (oraz jego mieszaniny z amoniakiem) może mieć znacznie większą zdolność do selektywnej likwidacji skażeń [4], [22], [23] w porównaniu do nadtlenku wodoru w postaci roztworów wodnych [20], [21].

Znany jest fakt, że nadtlenek wodoru w stanie pary (ang. *vaporized hydrogen peroxide – VHP*) wykazuje szerokie spektrum aktywności wirusobójczej, bakteriobójczej, grzybobójczej i sporobójczej [10], [12], [13]. Prowadzone badania wykazały również skuteczność waporyzowanego nadtlenku wodoru w zwalczaniu parwowirusów [15], jaj nicieni [2], *Legionelispp.* oraz patogenów zawartych w żywności [16]. Choć nieznany jest dokładny mechanizm działania biobójczego nadtlenku wodoru, to najprawdopodobniej rodniki hydroksylowe wchodzą w reakcję z najistotniejszymi elementami składowymi komórki, prowadząc do jej zniszczenia [17]. Podobnie jak w przypadku innych substancji biobójczych najwyższą odporność na działanie gazowego nadtlenku wodoru wykazują spory bakteryjne (szczególnie spory *Bacillus stearothermophilus*). W przeciwieństwie do ciekłej formy roztworów nadtlenku wodoru gazowy nadtlenek jest sporobójczy już przy znacznie niższych stężeniach [17].

Dezynfekcja za pomocą waporyzowanego nadtlenku wodoru to proces „suchy", w którym wykorzystuje się znacznie niższe stężenia substancji czynnej niż w przypadku metod bazujących na wodnych roztworach substancji czynnych (tj. związki chlorowe, czwartorzędowane związki amoniowe, nadtlenki organiczne i nieorganiczne). Podczas procesu nie następuje kondensacja pary wodnej z nadtlenkiem wodoru, który w roztworach wodnych wykazuje silne działanie korozyjne.

Niskie stężenie biobójcze i gazowa forma nadtlenku wodoru decydują o wyjątkowej kompatybilności materiałowej metody suchej dekontaminacji. Metoda ta jest bezpieczna dla większości materiałów konstrukcyjnych i umożliwia odkażanie wyposażenia znajdującego się w pomieszczeniu,

BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 73–87

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.6

w tym: sprzętu elektronicznego, pomiarowego, optoelektronicznego, medycznego itp. oraz dla środowiska, co stanowi poważne novum w technologii odkażania „wrażliwego" sprzętu elektronicznego, gdyż dotychczas nie było takiej metody.

Technologia „suchej" dezynfekcji nadtlenkiem wodoru stosowana jest już od ponad 10 lat głównie w procesach dezynfekcji w służbie zdrowia. Systemy umożliwiające prowadzenie „suchej" dezynfekcji produkowane są przez firmy amerykańskie Steris i Bioquell [1], [5].

W patencie amerykańskim [19] opisana jest metoda dezynfekcji dużych powierzchni (dużych objętości np. wnętrz samolotów) za pomocą nadtlenku wodoru w stanie pary.

Amerykański system Titan BIT™ CBW [9] opiera się na właściwościach utleniających H_2O_2. Możliwa jest dzięki niemu likwidacja skażeń biologicznych np. wąglika, jak również fluoroorganicznych czy fosforoorganicznych bojowych środków trujących. Czynnik aktywny podawany jest za pomocą pistoletu rozpylająco-natryskowego, który powoduje aerozolowanie nadtlenku wodoru. W procesie używa się 3–6% H_2O_2, a czas ekspozycji wynosi ok. 60 minut.

Z analizy dostępnych danych literaturowych wynika, że nadtlenek wodoru w stanie pary, ze względu na swoje właściwości utleniające, może być również wykorzystany do unieszkodliwiania patogenów chorobotwórczych, grzybów, bojowych środków trujących i innych substancji toksycznych [19].

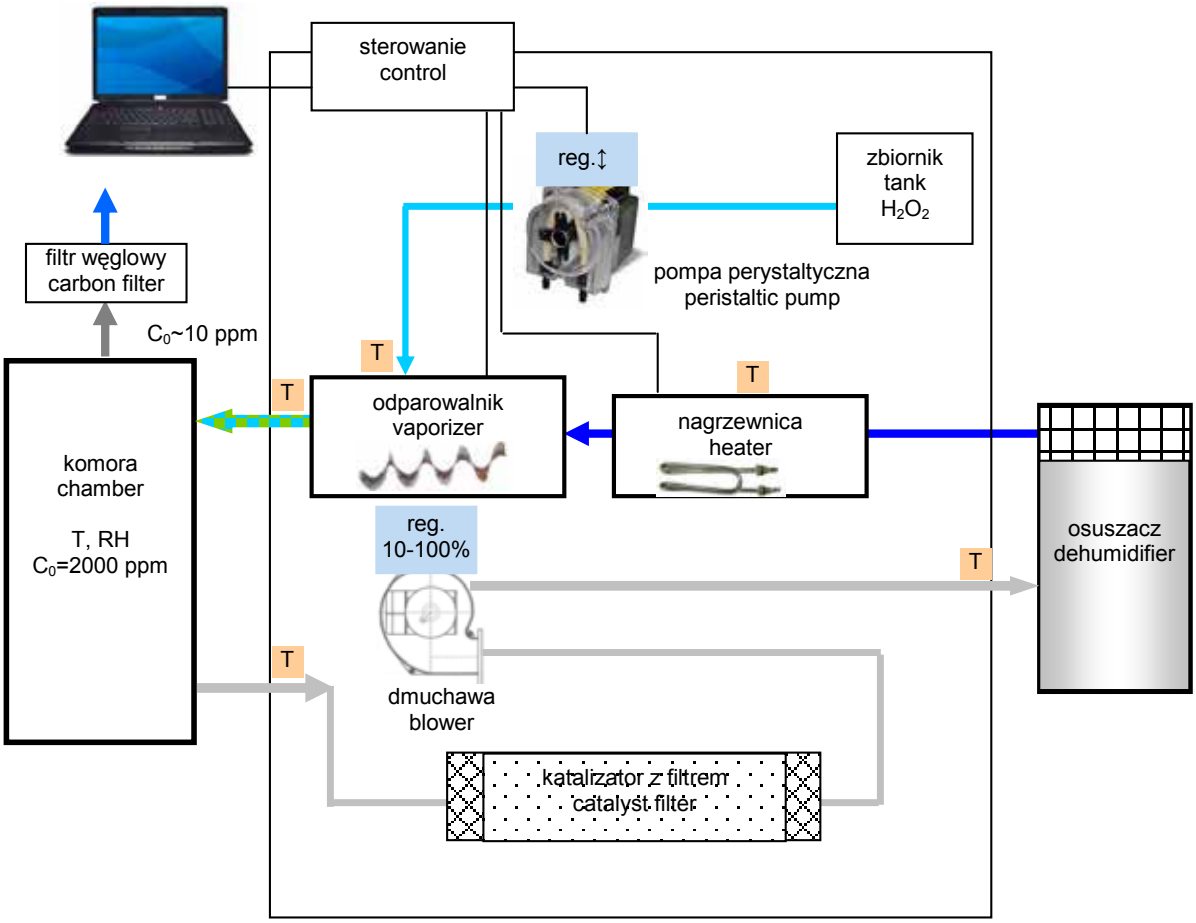
2. Badanie skuteczności dezynfekcji za pomocą gazowego nadtlenku wodoru

Badania przeprowadzono w Laboratorium Badawczo-Rozwojowym Przedsiębiorstwa Innowacyjno-Wdrożeniowego „IMPULS". Metodykę określenia działania biobójczego gazowego nadtlenku wodoru opracowano na podstawie norm: PN-EN 13697, PN-EN 14561, PN-EN 14562 i opisano w publikacji [6].

2.1. Aparatura

W celu określenia skuteczności działania biobójczego gazowego nadtlenku wodoru (GNW) zaprojektowano i wykonano instalację doświadczalną. W skład instalacji wchodziły następujące elementy:

- generator gazowego nadtlenku wodoru,
- komora dekontaminacyjna,
- destruktor gazu.



Ryc. 2. Schemat stanowiska do badań procesów dezynfekcji [6]
Fig. 2. Scheme of the set-up for studying disinfection processes [6]

Ryc. 3. Aparatura do badań procesów likwidacji skażeń czynnikami gazowymi: 1 – odparowalnik (waporyzator); 2 – komora badawcza; 3 – widok systemu szuflad na próbki od strony wnętrza komory [6]
Fig. 3. Apparatus for testing processes in gaseous decontamination factors:1 – vaporizer; 2 – research chamber; 3 – a view of a drawers system for samples from the interior of the chamber [6]

2.2. Sprawdzenie skuteczności dezynfekcji

Po przeprowadzeniu procedury dekontaminacji nośniki poddawane były następującym działaniom:

1. Wysianie mikroorganizmów z nośników w odpowiednim podłożu (płynnym lub stałym). Jednocześnie przeprowadzane były próby dodatnia i ujemna: dodatnia z użyciem nośnika niepoddawanego działaniu czynników biobójczych, ujemna – bez dodawania mikroorganizmów do nośnika
2. Inkubacja
3. Liczenie powstałych kolonii mikroorganizmów

Warunki inkubacji przedstawiono poniżej:

- *Candida albicans* ATCC 10231: 30 ± 1°C, 48h, pożywka PS (agar);
- *Geobacillus stearothermophilus* ATCC 7953: 55 ± 1°C, 7 dni, pożywka TSB (tryptone-soya-bulion);
- *Aspergillus niger* ATCC 16404: 30 ± 1°C, 72h, pożywka PS;
- *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 15442: 37 ± 1°C, 24–48 h, pożywka TSA (tryptone-soya-agar);
- *Enterococcus hirae* ATCC 10541: 37 ± 1°C, 24–48 h, pożywka TSA;
- *Escherichia coli* ATCC 10536: 37 ± 1°C, 24–48 h, pożywka TSA.

2.3. Wyniki badań mikrobiologicznych

Wyniki badań skuteczności dezynfekcji przedstawiono w poniższych tabelach:

Tabela 1. Wyniki badań działania biobójczego GNW na grzyby drożdżopodobne [6]
Table 1. Biocidal action of vaporized hydrogen peroxide on yeast-like fungi [6]

Szczep Strain	Wilgotność względna* Relative humidity [%]	Temperatura Temperature [°C]	Stężenie Concentration GNW [ppm]**	Czas Time [min]	Wzrost*** Evolution***
Candida albicans ATCC 10231	30–69	21	150	90	+++
	31–70	21	250	60	+++
	29–71	**22**	**250**	**90**	---
	30–81	22	400	15	++++
	30–82	21	400	25	+
	30–81	**22**	**400**	**30**	---
	30–86	22	1000	15	+
	31–92	**22**	**2000**	**15**	---
	–	–	0	0	++++

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.6

Tabela 2. Wyniki badań działania biobójczego GNW na spory bakteryjne [6]
Table 2. Biocidal action of vaporized hydrogen peroxide on bacterial spores [6]

Szczep Strain	Wilgotność względna* Relative humidity [%]	Temperatura Temperature [°C]	Stężenie Concentration GNW [ppm]**	Czas Time [min]	Wzrost*** Evolution***
Geobacillus stearothermophilus ATCC 7953	30–70	21	150	90	++
	30–70	21	250	60	++
	31–71	**22**	**250**	**90**	---
	30–82	22	400	15	+++
	30–82	21	400	25	+
	30–81	**22**	**400**	**30**	---
	30–87	22	1000	15	+
	31–91	**22**	**2000**	15	---
	–	–	0	0	++++

Tabela 3. Wyniki badań działania biobójczego GNW na grzyby pleśniowe [6]
Table 3. Biocidal action of vaporized hydrogen peroxide on moulds [6]

Szczep Strain	Wilgotność względna* Relative humidity [%]	Temperatura Temperature [°C]	Stężenie Concentration GNW [ppm]**	Czas Time [min]	Wzrost*** Evolution***
Aspergillus niger ATCC 16404	30–70	21	150	90	+++
	31–70	21	250	60	+++
	30–71	**22**	**250**	**90**	---
	30–81	22	400	15	++++
	30–82	21	400	25	+
	30–81	**22**	**400**	**30**	---
	30–87	22	1000	15	+
	31–91	**22**	**2000**	**15**	---
	–	–	0	0	++++

Tabela 4. Wyniki badań działania biobójczego GNW na bakterie gram-dodatnie [6]
Table 4. Biocidal action of vaporized hydrogen peroxide on Gram-positive bacteria [6]

Szczep Strain	Wilgotność względna* Relative humidity [%]	Temperatura Temperature [°C]	Stężenie Concentration GNW [ppm]**	Czas Time [min]	Wzrost*** Evolution***
Enterococcus hirae ATCC 10541	30–70	21	150	90	++
	30–70	21	250	60	++
	30–71	**22**	**250**	**90**	---
	30–82	22	400	15	+++
	30–81	21	400	25	+
	30–81	**21**	**400**	**30**	---
	30–87	22	1000	15	+
	31–91	**21**	**2000**	**15**	---
	–	-	0	0	++++

Tabela 5. Wyniki badań działania biobójczego GNW na bakterie gram-ujemne [6]
Table 5. Biocidal action of vaporized hydrogen peroxide on Gram-negative bacteria [6]

Szczep Strain	Wilgotność względna* Relative humidity* [%]	Temperatura Temperature [°C]	Stężenie Concentration GNW** [ppm]	Czas Time [min]	Wzrost*** Evolution***
Escherichia coli ATCC 10536	29–69	21	150	90	++
	30–70	21	250	60	++
	30–71	**22**	**250**	**90**	---
	29–82	22	400	15	+++
	30–81	21	400	25	+
	31–81	**21**	**400**	**30**	---
	30–86	21	1000	15	+
	30–91	**21**	**2000**	**15**	---
	–	–	0	0	++++

* Wilgotność względna rośnie w trakcie cyklu dezynfekcji ze względu na stosowanie wodnych roztworów
** ppm (ang. ***parts per million***) – sposób wyrażania stężenia bardzo rozcieńczonych roztworów związków chemicznych. Stężenie to jest pochodną ułamka molowego i określa, ile cząsteczek związku chemicznego przypada na 1 milion cząsteczek roztworu
*** Wzrost mikroorganizmów przedstawiony jest w postaci:

--- brak wzrostu
\+ niewielki wzrost
++ średni wzrost
+++ umiarkowany wzrost
++++ silny wzrost

3. Badanie skuteczności odkażania iperytu siarkowego za pomocą gazowego nadtlenku wodoru

3.1. Metodyka badań

Próbki wybranych podłoży skażano kroplami iperytu siarkowego (HD) o objętości ok. 5 µl. Przybliżona gęstość skażenia początkowego wynosiła 6,5 g/m^2. Skażone próbki pozostawiano na 30 minut w temperaturze pokojowej. Proces odkażania prowadzono w czasie od 5 minut do 10 h, stosując stężenia GNW od 1000 do 2000 ppm.

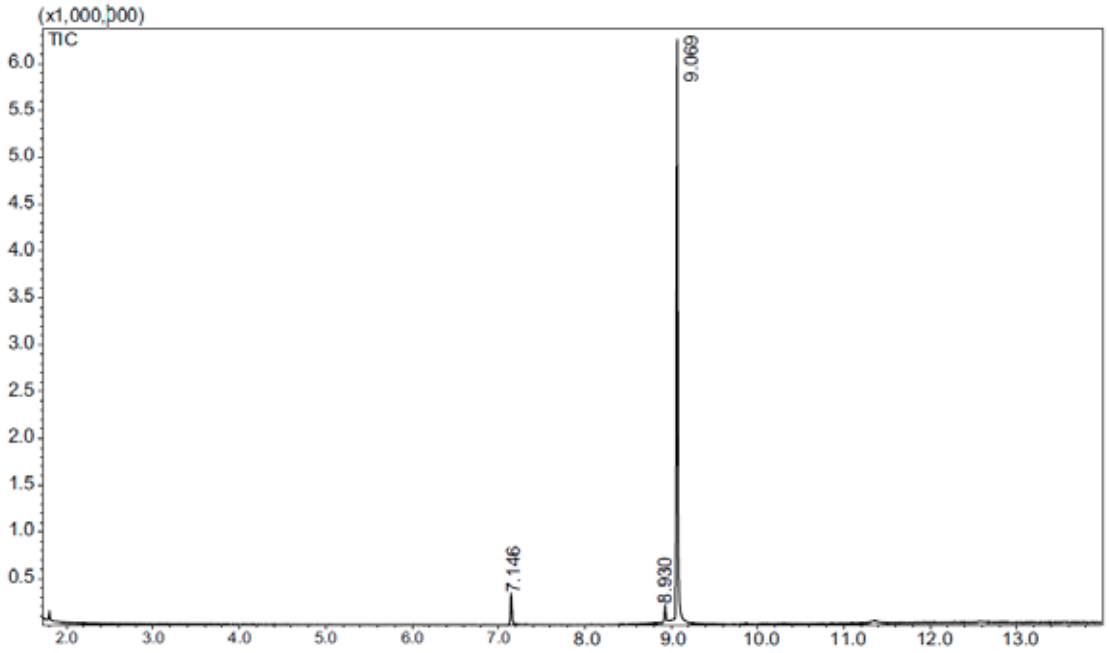
Skażenia resztkowe iperytu, czyli jego stężenie po przeprowadzonym procesie odkażania, oznaczano w próbkach bezpośrednio po wyjęciu z komory badawczej. Próbki do analizy skażeń resztkowych przygotowywano dwoma sposobami: przez ekstrakcję z odkażanej powierzchni pozostałości BST i produktów rozkładu przy użyciu acetonitrylu i następnie oznaczenie nierozłożonego iperytu w ekstrakcie techniką GCMS oraz równolegle zawarte w ekstrakcie związki derywatyzowano[5], przekształcając je do pochodnych przy użyciu BSTFA (N,O-bis(trimetylosilylo)trifluoroacetamidu) jako czynnika derywatyzującego i analogicznie jak poprzednio, analizowano próbki techniką GCMS. Druga metoda polegała na desorpcji HD z poddanej odkażaniu powierzchni przez umieszczenie na 24 h na badanej powierzchni podkładki sorpcyjnej, następnie wyekstrahowanie z podkładki sorpcyjnej BST i oznaczenie jego stężenia w ekstrakcie techniką GCMS (Shimadzu GCMS-QP2010 z kolumną Zebron ZB5-MS).

3.2. Produkty rozkładu HD

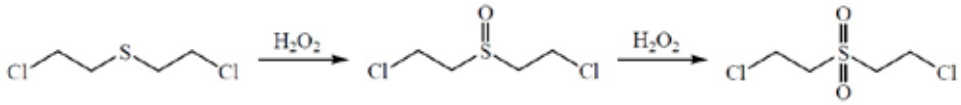
Głównym produktem rozkładu HD był sulfotlenek bis(2-chloroetylu) – około 95% wszystkich produktów, natomiast stężenie sulfonu bis(2-chloroetylu) nie przekraczało 5%. Widmo masowe produktów rozkładu iperytu przedstawiono na ryc. 4 [7]. Inne związki występowały w ilościach śladowych. Otrzymane wyniki wskazują, że rozkład HD zachodził według mechanizmu pokazanego na ryc. 5 [7]. Na podkreślenie zasługuje fakt, że iperyt w wyniku odkażania ulegał przekształceniu głównie do nietoksycznego sulfotlenku, a nie do sulfonu, który jest znacznie bardziej toksyczny niż sulfotlenek.

[5] Derywatyzacja – proces prowadzący do powstania nowego związku chemicznego na skutek modyfikacji chemicznej. Nowe właściwości powstałego związku pozwolą na jego oznaczanie technikami chromatograficznymi. W chromatografii gazowej i spektrometrii masowej jest zabiegiem ułatwiającym identyfikację analitu i jego oznaczenie ilościowe [przyp. aut].

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.6



Ryc. 4. Chromatogram próbki pobranej z powierzchni skażonej iperytem siarkowym po jej odkażeniu nadtlenkiem wodoru w postaci pary, t_R = 7,146 – iperyt siarkowy, t_R = 8,930 – sulfon bis(2-chloroetylu), t_R = 9,069 – sulfotlenek bis(2-chloroetylu) [7]
Fig. 4. Chromatogram of sample taken from a surface contaminated with sulphur mustard gas after decontamination with hydrogen peroxide in vapour form, tR = 7.146 – sulphur mustard, tR = 8.930 – bis(2-chloroethyl) sulfone, tR = 9.069 – bis (2-chloroethyl)sulfoxide [7]



Ryc. 5. Schemat reakcji zachodzących podczas odkażania iperytu nadtlenkiem wodoru w postaci pary [7]
Fig. 5. Diagram of reactions taking place during decontamination of sulphur mustard by hydrogen peroxide in vapour form [7]

3.3. Badania skuteczności odkażania iperytu siarkowego na różnych podłożach

Do określenia skuteczności procesu odkażania wykorzystano następujące materiały barierowe:

1. Materiał barierowy MP-204 do systemu ochrony zbiorowej typu lekkiego (MP-204).
2. Materiał barierowy z warstwą politetrafluoroetylenu (IZO).
3. Tkanina pogumowana mieszanką z kauczuku bromobutylowego (P1).
4. Rękawice ochronne czarne z kauczuku bromobutylowego (RC).

Wyniki otrzymane dla różnych podłoży przedstawiono w tabeli 6.

Tabela 6. Ilość HD desorbująca z próbek po procesie odkażania za pomocą GNW [7]
Table 6. The amount of HD desorbing from the samples after a decontamination by VHP [7]

Materiał Material	Pozostałość HD desorbująca z próbek po 24 h od zakończenia procesu odkażania za pomocą GNW dla dwóch wybranych czasów trwania tego procesu [g/m²] oraz [%] The residue HD desorb from the samples after 24 hours of completion of the disinfection by means of GNW two selected time duration of this process [g/m²] and [%]			
	2 h		4 h	
	[g/m²]	[%]	[g/m²]	[%]
MP-204	0,0100	0,15	0,0023	0,035
IZO	0,0019	0,03	< 0,001	< 0,015
P1	0,0018	0,03	0,0022	0,030
RC	0,037	0,57	0,013	0,200

Skażenie początkowe 6,5 g/m², objętość kropel 0,5 µl, gęstość skażenia 1 kropla/1 cm², czas ekspozycji HD na próbkach przed odkażaniem 30 minut. Warunki odkażania: temp.: 50°C, stężenie nadtlenku wodoru 2000 ppm. Wartość dopuszczalna 0,420 g/m²

4. Odporność wybranych elementów i materiałów konstrukcyjnych na działanie gazów zawierających nadtlenek wodoru w warunkach likwidacji skażeń BST [8], [11]

4.1. Badania odporności aluminium

Do badań użyto kwadratów folii aluminiowej o wymiarach 35 mm x 35 mm. Badane próbki umieszczono w komorze do badań laboratoryjnych i poddawano działaniu 2000 ppm H_2O_2 przez 5 h w temp. 50°C.

Działanie nadtlenku wodoru oceniano mierząc zmiany masy próbek i wizualnie oceniając ich wygląd. Wyniki przedstawiono w tabeli 7 i na ryc. 6.

Tabela 7. Zmiany masy próbek
Table 7. Sample weight changes

Zmiana masy próbki [µg] po czasie oddziaływania GNW ($\overline{m} \pm SD$) **The change in weight of the sample [mg] after the time of impact GNW ($\overline{m} \pm SD$)**						
0 h	0,5 h	1h	2h	3h	4 h	5h
165284 ± 110	165295 ± 122	165310 ± 94	165311 ± 90	165358 ± 122	165336 ± 92	165322 ± 112
% zmiany masy % weight change						
0	0,01	0,02	0,02	0,04	0,03	0,02

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

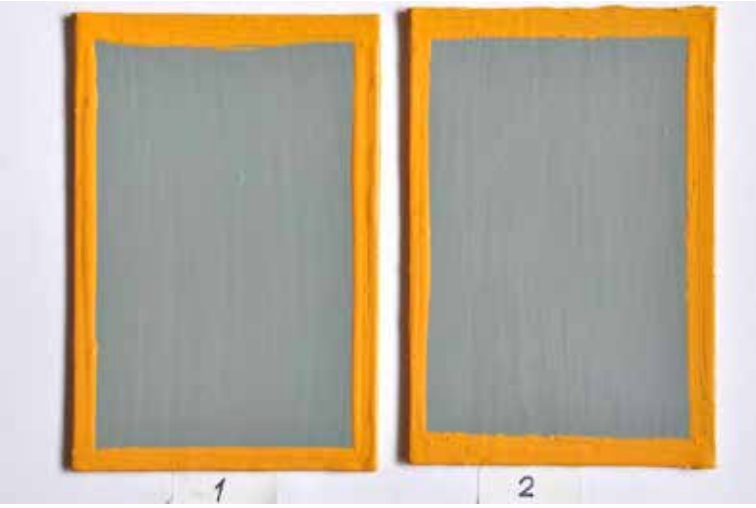
Ryc. 6. Próbka testowana aluminium (1) i próbka kontrolna (2)
Fig. 6. Aluminum treated sample (1) and the control sample (2)
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Wyniki pomiarów zmian masy próbek są na granicy błędu pomiarowego i wskazują, że w warunkach prowadzenia procesu odkażania waporyzowanym nadtlenkiem wodoru nie powinna wystąpić znacząca korozja elementów wykonanych z aluminium.

4.2. Badanie odporności płytek stalowych pokrytych farbą epoksydową Epinox 77 i Emapur

Płytki eksponowano na działanie 2000 ppm H_2O_2 w temperaturze 50°C przez 6 h. Po ekspozycji nie stwierdzono zmian wyglądu płytek (ryc. 7).

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.6



Ryc. 7. Płytka stalowa pokryta farbą epoksydową Epinox 77 i Emapur poddana działaniu 2000 ppm H_2O_2 przez 6 h w temp. 50°C (1) i płytka kontrolna (2)
Fig. 7. Steel plate coated with epoxy Epinox 77 and Emapur paints exposed to 2000 ppm H_2O_2 for 6h at temp. 50° C (1) and the control plate (2)
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Ocenę stanu powierzchni wykonano zgodnie z normą ISO 4628-1:2005. Wyniki przedstawiono w tabeli 8. Wyniki badań wskazują, że powłoki z farb epoksydowych są odporne na działanie nadtlenku wodoru w warunkach prowadzenia procesu odkażania.

Tabela 8. Ocena stanu powierzchni płytek stalowych pokrytych farbą epoksydową po ekspozycji na pary nadtlenku wodoru
Table 8. Condition evaluation of steel plate surfaces coated with epoxy paint after exposure to hydrogen peroxide vapour

Nr próbki Sample No	Określenie zniszczenia powierzchni Description of surface damage				
	stopień spęcherzenia Degree of blistering	stopień zardzewienia Degree of rusting	stopień spękania Degree of cracking	stopień złuszczenia Degree of scaling	stopień skredowania Degree of chalking
1	0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0(S0)	0
2	0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0(S0)	0
3	0(S0)	Ri0(S0)	0(S0)	0(S0)	0

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

4.3. Badanie odporności tkaniny podgumowanej

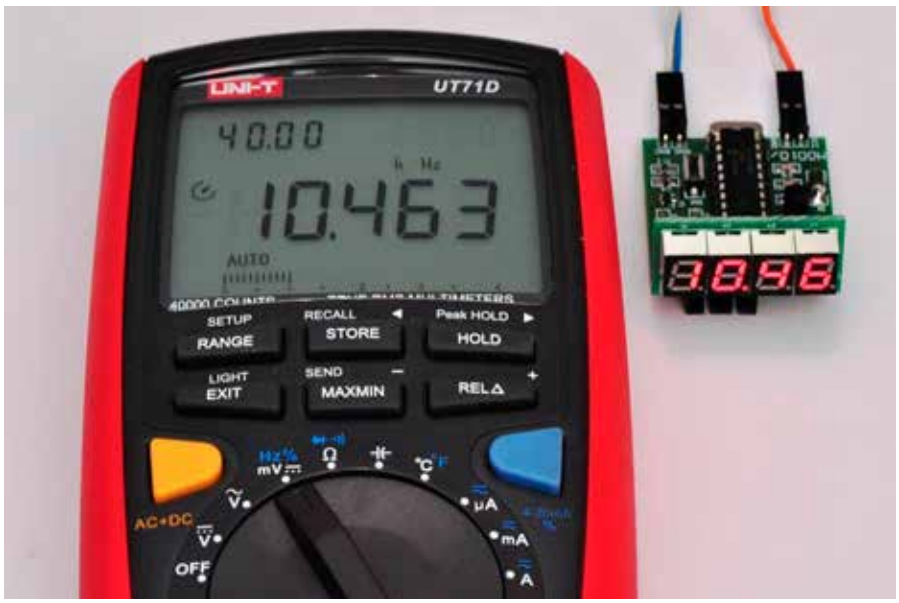
Ryc. 8. Próbka tkaniny podgumowanej P1 poddana działaniu 2000 ppm H_2O_2 przez 6 h w temp. 50°C (1) i próbka kontrolna (2)
Fig. 8. The gummed fabric sample P1 treated with 2000 ppm of H_2O_2 for 6 h at 50°C (1) and the control sample (2)
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration

Stwierdzono niewielką zmianę barwy próbki tkaniny poddanej działaniu nadtlenku wodoru (ryc. 8). Nie zaobserwowano innych zmian materiału, w tym zmiany wytrzymałości (wytrzymałość przy rozciąganiu i wydłużenie przy zerwaniu tkanin powleczonych gumą lub tworzywem sztucznym – ISO 1421:1998)

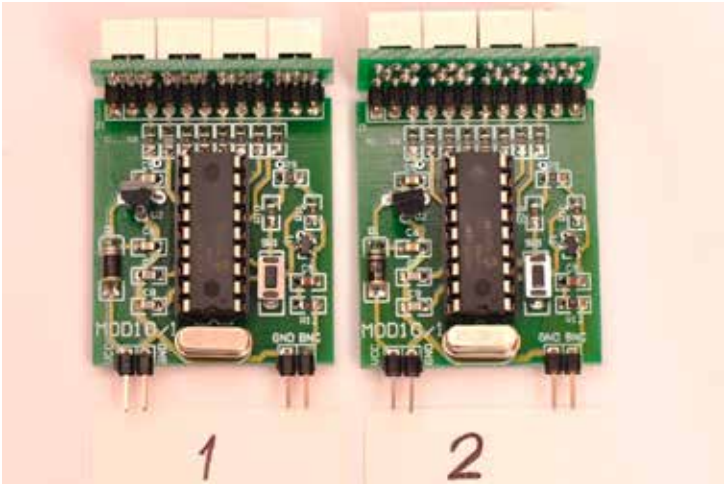
4.4. Badanie odporności mierników częstotliwości AVTMOD10

Mierników częstotliwości AVTMOD10 użyto, jako modeli urządzeń elektronicznych. Z uwagi na brak obudowy (ryc. 9–11) możliwy jest dostęp nadtlenku wodoru do wszystkich elementów urządzenia.

Układy eksponowano na 2000 ppm H_2O_2 w temperaturze 50°C przez łączny czas 5 h dokonując pomiarów poprawności działania urządzeń. Po zakończeniu ekspozycji nie stwierdzono zmian wyglądu urządzeń, a w szczególności obecności śladów korozji, odkształceń, zmian barwy. Pomiary działania mierników przedstawiono w tabelach 9 i 10. Przez cały czas ekspozycji działanie mierników było prawidłowe, a zmiany wskazań ostatniej cyfry przy częstotliwościach 0,05239 kHz i 0,10240 kHz mogą wynikać z błędów kwantyzacji i są normalnym zjawiskiem w tego typu urządzeniach.

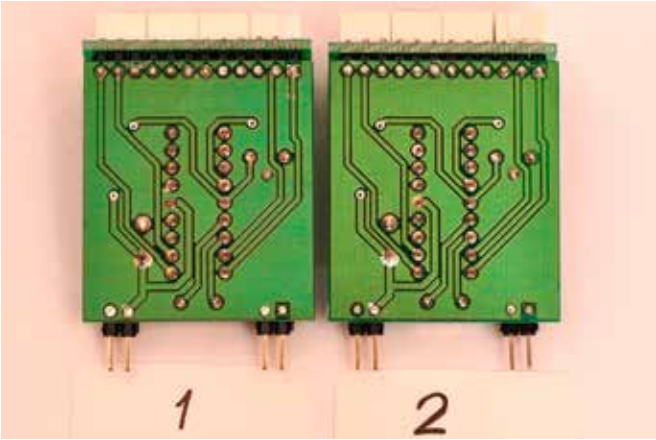


Ryc. 9. Kontrola poprawności wskazań miernika AVTMOD10
Fig. 9. Control of correctness of AVTMOD10 meter indications
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration



Ryc. 10. Miernik poddany działaniu 2000 ppm H_2O_2 przez 5 h w temp. 50°C (1) i miernik kontrolny (2). Brak zauważalnych zmian w wyglądzie
Fig. 10. Meter exposed to activity of 2000 ppm H_2O_2 for 5 h at temp. 50°C (1) and the control meter (2). No noticeable changes in appearance
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.6



Ryc. 11. Widok dolnej części miernika poddanego działaniu 2000 ppm H_2O_2 przez 5h w temp. 50°C (1) i miernika kontrolnego (2)
Fig. 11. The base of the meter exposed to activity 2000 ppm H_2O_2 for 5 h at temp. 50° C (1) and control meter (2)
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 9. Wskazania miernika AVTMOD10 po różnych czasach ekspozycji na 2000 ppm H_2O_2 w temp. 50°C (miernik nr 1)
Table 9. Indications of AVTMOD10 meter after a range of exposures at 2000 ppm H_2O_2 at temp. 50°C (meter 1)

Wskazania miernika UT71D [kHz] UT71D[kHz] meter indications	**Wskazania miernika AVTMOD10 po ekspozycji [kHz] AVTMOD10 meter after exposure [kHz]**						
	0	**0,5 h**	**1 h**	**2 h**	**3 h**	**4 h**	**5 h**
0,05329	0,053	0,053	0,053	0,0535	0,0535	0,0535	0,0535
0,10240	0,102	0,102	0,1025	0,1025	0,1025	0,1025	0,1025
1,0161	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
10,463	10,46	10,46	10,46	10,46	10,46	10,46	10,46
20,839	20,83	20,83	20,83	20,83	20,83	20,83	20,83

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Tabela 10. Wskazania miernika AVTMOD10 (miernik kontrolny nr 2)
Table 10. AVTMOD10 meter indications (control meter no. 2)

Wskazania miernika UT71D [kHz] UT71D[kHz] meter indications	**Wskazania miernika AVTMOD10 po ekspozycji [kHz] AVTMOD10 meter indications after exposure [kHz]**						
	0	**0,5 h**	**1 h**	**2 h**	**3 h**	**4 h**	**5 h**
0,05329	0,0535	0,053	0,053	0,0535	0,0535	0,0535	0,0535
0,10240	0,102	0,1025	0,1025	0,1025	0,1025	0,1025	0,1025
1,0161	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016	1,016
10,463	10,46	10,46	10,46	10,46	10,46	10,46	10,46
20,839	20,83	20,83	20,83	20,83	20,83	20,83	20,83

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

4.5. Badanie odporności pamięci USB Flash 4 GB

Do badań użyto urządzeń PinStripe USB Drive 4GB firmy Verbatim (nr produktu: 49061). Przed badaniem umieszczono na urządzeniach pliki z danymi.

Ryc. 12. Pamięć USB Flash 4 GB poddana działaniu 2000 ppm H_2O_2 przez 4 h w temp. 50°C (1) i urządzenie kontrolne (2)
Fig. 12. USB Flash Drive 4GB exposed to 2000 ppm H_2O_2 for 4 h at 50°C (1) and a control device (2)
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Po zakończeniu badań nie stwierdzono zmian wyglądu urządzeń, a w szczególności obecności śladów korozji, odkształceń, zmiany barwy. Próby zapisu i odczytu plików na urządzeniach po ekspozycji przebiegały tak samo jak na kontrolnych urządzeniach niepoddanych działaniu nadtlenku wodoru.

5. Instalacja mobilna [7]

Na podstawie wyników laboratoryjnych opracowano konstrukcję mobilnej komory dekontaminacyjnej wykorzystującej gazowy nadtlenek wodoru (ryc. 13) i na podstawie badań testowych potwierdzono skuteczność zaproponowanej metody likwidacji skażeń. Instalacja może służyć do likwidacji skażeń w komorze autonomicznej oraz jako generator GNW dla zewnętrznej.

Ryc. 13. Widok ogólny kontenera mobilnej instalacji dekontaminacyjnej oraz widok komory aparaturowej
Fig. 13. General view of the mobile decontaminating installation container and the view of the apparatus chamber
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.6

6. Podsumowanie

Z wyników badań skuteczności dezynfekcji można wywnioskować, że najważniejszym parametrem okazał się iloczyn czasu ekspozycji i stężenia substancji biobójczej. Najbardziej oporne z badanych mikroorganizmów ulegały procesowi dezynfekcji w następujących warunkach: 150 ppm GNW 240 minut, 250 ppm GNW 90 minut, 400 ppm GNW 30 minut; 2000 ppm GNW 15 minut. Biorąc pod uwagę znaczenie czasu prowadzenia procesu, jako warunki jego przebiegu przyjmuje się stężenie GNW 2000 ppm i czas 15 minut.

Opisana metoda dezynfekcji jest perspektywiczna i możliwa do wykorzystania w innych procesach likwidacji skażeń. Przykładowo do odkażania najczęściej stosowane są roztwory odkażające będące mieszaninami alkoholanów metali alkalicznych i amin, które nie są obojętne dla materiałów konstrukcyjnych. Metoda wykorzystująca mieszaniny gazowe (np. ozon, gazowy nadtlenek wodoru i amoniak) może być zastosowana z dobrą skutecznością do dezynfekcji dużych pomieszczeń, aparatury, wyposażenia oraz dokumentacji.

W procesie odkażania iperytu siarkowego za pomocą GNW wykorzystano zarówno reakcję chemiczną, jak i odparowanie. Przedstawiona instalacja zapewnia bardzo dobrą cyrkulację gazu, wymuszającą odparowanie, co powodowało zmniejszenie kropel HD i wzrost stosunku ich powierzchni do objętości. Ułatwia to transport reagentów do wnętrza kropli, zwiększając szybkość reakcji. Ze względu na wymagany warunek braku negatywnego oddziaływania na odkażany materiał temperatura procesu nie mogła przekraczać 50°C. Właściwy dobór temperatury i stężenia GNW był niezbędny dla uniknięcia kondensacji jego par oraz pary wodnej. Ten warunek, wraz z ograniczeniem wartości temperatury, ograniczał najwyższe stężenie GPW, które mogło być zastosowane w danej temperaturze. Im wyższa temperatura, tym wyższe stężenie GNW mogło być zastosowane, by proces odkażania biegł szybciej. Optymalne warunki prowadzenia procesu odkażania HD są następujące: czas 4 h, temp. 50°C i stężenie GNW 2000 ppm.

7. Wnioski

1. Najwyższą skuteczność procesu dezynfekcji uzyskano dla stężenia GNW 2000 ppm i czasu trwania procesu 15 minut niezależnie od czynnika zakażającego.
2. Najwyższą skuteczność procesu odkażania iperytu siarkowego uzyskano dla temperatury 50°C, stężenia GNW około 2000 ppm oraz czasu trwania procesu od 1 do 4 godzin.
3. Powyższe warunki zapewniają, że proces odkażania nie wpływa destrukcyjnie na materiały barierowe i urządzenia.
4. W wyniku zastosowania opracowanej metody do odkażania iperytu siarkowego jako główny produkt powstaje sulfotlenek iperytu, który jest uważany za związek nietoksyczny, a bardziej toksyczny sulfon iperytu (toksyczność zbliżona do iperytu) powstaje w bardzo małych ilościach.
5. Mobilna instalacja jest użyteczna do odkażania i dezynfekcji odzieży, materiałów barierowych i sprzętu oraz może być wprowadzona do jednostek ratowniczych i wojsk chemicznych.

Praca została wykonana przy wsparciu finansowym Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu nr OR00001812 pt. „Opracowanie technologii dekontaminacji dużych przestrzeni zamkniętych za pomocą gazowego nadtlenku wodoru oraz jego mieszanin z nadtlenkami organicznymi i nieorganicznymi, amoniakiem oraz aminami".

Literatura

[1] McAnoy A.M., Sait M., Pantelidis S., Establishment of a Vaporous Hydrogen Peroxide Bio-Decontamination Capability, Human Protection Performance Division DSTO (Defence Science and Technology Organisation), Australia 2007.

[2] Gustin E.J., McDonnell G.E., Mullen G., Gordon B.E., The efficacy of vapour phase hydrogen peroxide against nematode infestation: the Caenohabditis elegant model, American Association of Laboratory Animal Science (AALAS), Annual meeting, San Antonio, USA 2002.

[3] Bartosz G., *Druga twarz tlenu*., Wyd. 2, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008, 28, 46.

[4] Brickhouse M.D., Turestsky A., MacIver B., Pfarr J., McVey I., Alter W., Lloyd J., Fonti M., *Vaporous Hydrogen Peroxide of a C-141B Starlifter Aircraft Validation of VHP and mVHP Fumigation Decontamination Process via VHP-sensor, Biological Indicator, and HD Simulant in a Large-Scale Environment*, Edgewood Chemical Biological Center, U.S. Army Research, Development and Engineering Command, 2005.

[5] Wagner G.W., Procell L.R., Sorrick D.C., Lawson G.E., Wells C.M., Reynolds C.M., Ringelberg D.B., Foley K.L., Lumetta G.J., Blanchard D.L. Jr., *All-Weather Hydrogen Peroxide-Based Decontamination of CBRN Contaminants*, "Ind. Eng. Chem. Res.", Vol. 49, 2010, pp. 3099–3105.

[6] Harmata W., Kłosowicz S., Chałupczak M., Pępczyńska M., Fediuk W., *Dezynfekcja za pomocą par nadtlenku wodoru*, „Przem. Chem." Vol. 92 Issue 5, 2013, pp. 1000–1006.

[7] Harmata W., Kłosowicz S., Chałupczak M., Pępczyńska M., Pirszel J., *Mobilny system do odkażania materiałów barierowych i sprzętu skażonych iperytem siarkowym*, „Przem. Chem." Vol. 93 Issue 4, 2014, pp. 468–471.

[8] Harmata W., Kłosowicz, S., Chałupczak M., Witczak M., Pirszel J., *Problemy likwidacji skażeń powierzchni „wrażliwych"*, „Biuletyn Wojskowego Instytutu Chemii i Radiometrii WIChiR" Vol. 43 Issue 1, 2014, pp. 63–76.

[9] *Jane's Nuclear, Biological and Chemical Defense 2011–2012*, Janes Information Group, 2011.

[10] Klapes N.A., Vesley D., *Vapour-phase hydrogen peroxide as decontaminant and sterilant*, "Appl. Environ. Microbiol." Vol. 56, 1990, pp. 503–506.

[11] Kłosowicz S., Harmata W., Pirszel J., Fediuk W., Sprawozdanie końcowe z realizacji projektu badawczego Nr O R00 0018 12 „Opracowanie technologii dekontaminacji

wnętrz za pomocą waporyzowanego nadtlenku wodoru oraz mieszanin gazowego nadtlenku wodoru z nadtlenkami organicznymi, amoniakiem oraz aminami", WAT, Warszawa 2012.

[12] Kokubo M., Inoue T., Akers J., *Resistance of common environmental spores of the genus Bacillus to vapour hydrogen peroxide vapour*, "PDA J. Pharm. Sci. Technol." Vol. 52 Issue 5, 1998, pp. 228–231.

[13] Malmbor A., Wingren M., Bonfield P., McDonnel G., *Room decontamination with vaporized hydrogen peroxide. Cleanrooms*, listopad, 2001.

[14] http://pl.wikipedia.org/wiki/Nadtlenek_wodoru (dostęp: 08.2014 r.).

[15] McDonnell G., Belere B., Fritz C., Hartling J., Room decontamination with vapour hydrogen peroxide. VHP for environmental control of parvovirus, American Association of Laboratory Animal Science (AALAS), Annual meeting, Baltimore, MD, październik, 2001.

[16] McDonnell G., Grignol G., Antloga K., *Vapour phase hydrogen peroxide decontamination of food contact surfaces*, "Diary Food Environ. Sanit.", Vol. 22, 2002, pp. 23–28.

[17] McDonnell G., Russell A.D., *Antiseptics and disinfectants. Activity, action and resistance*, "Clin. Micro. Rev." Vol. 12, 1999, pp. 147–179.

[18] Meyer B., *Kwas nadoctowy jako substancja czynna w dezynfekcji*, „Aseptyka" Issue 3, 2002, pp. 11–16.

[19] Patent US "Vaporized hydrogen peroxide decontamination adjustment mode (wo/2006/046993 vaporized hydrogen peroxide concentration detector) – http://www.faqs.org/patents/app/20080267818.

[20] Popiel S., Nalepa T., Dzierżak D., Stankiewicz R., Witkiewicz Z., *Badanie reakcji rozkładu siarczku dibutylowego. Część I. Zastosowanie zaawansowanej techniki utleniania UV/ H_2O_2*, „Przem. Chem.", Vol. 90, 2011, pp. 446–452.

[21] Popiel S., Witkiewicz Z., Chrzanowski M., *Sulfur mustard destruction using ozone, UV, hydrogen peroxide and their combination*, "J. Hazard. Mater." Vol. 153 Issue 1, 2008, p. 37.

[22] Wagner G.W., Sorrick D.C., Procell L.R., *Decontamination of VX, GD, and HD on surface using modified vaporized hydrogen peroxide*, "Langmuir" Vol. 23, 2007, pp. 1178–1186.

[23] Wagner G.W., Sorrick D.C., Procell L.R, Brickhouse M.D., McVey I.F., Shwartz L.I., *Modified Vaporized Hydrogen Peroxide (mVHP®) Decontamination of Vx, GD and HD*, 9th CBW Protection Symposium May 22–25, 2007.

[24] Obrona przed bronią masowego rażenia w operacjach połączonych DD/3.8(A), Ministerstwo Obrony Narodowej, Centrum Doktryn i Szkolenia Sił Zbrojnych Szkol. 869/2013.

[25] http://www.sjp.pl/waporyzacja (dostęp: 12.2014 r.)

* * *

dr hab. inż. Władysław Harmata w roku 1978 ukończył studia na Wydziale Chemii i Fizyki Technicznej Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Jest profesorem na Wydziale Nowych Technologii i Chemii WAT. Specjalność – likwidacja skażeń, ochrona przed skażeniami.

prof. dr hab. inż. Stanisław Kłosowicz w roku 1979 ukończył studia na Wydziale Chemii i Fizyki Technicznej Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Jest profesorem na Wydziale Nowych Technologii i Chemii WAT. Specjalność – inżynieria materiałowa.

gen. bryg. (r) mgr inż. Marek Witczak w roku 1978 ukończył studia na Wydziale Chemii i Fizyki Technicznej Wojskowej Akademii Technicznej w Warszawie. Jest profesorem wizytującym na Wydziale Nowych Technologii i Chemii WAT. Specjalność – obrona przed bronią masowego rażenia.

dr Jacek Pirszel w roku 1990 ukończył studia na Wydziale Chemii Uniwersytetu Marii Curie Skłodowskiej w Lublinie. Jest doktorem nauk biologicznych i adiunktem w Wojskowym Instytucie Chemii i Radiometrii. Specjalność – technologie likwidacji skażeń, toksykologia oraz analityka chemiczna, ze szczególnym uwzględnieniem analizy chromatograficznej bojowych środków trujących i toksyn naturalnego pochodzenia.

mgr inż. Władysław Fediuk w roku 1973 ukończył studia na Wydziale Budowy Okrętów Politechniki Gdańskiej. Jest dyrektorem własnego przedsiębiorstwa produkcyjnego o charakterze innowacyjnym – wdrożeniowym „IMPULS". Specjalność – biologia, likwidacja skażeń.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB
Please cite as: BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 89–96

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.7

podinsp. dr **Grzegorz Gudzbeler**[1]
podinsp. dr **Mariusz Nepelski**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 31.10.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 27.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2015;

Zintegrowana Platforma Symulacyjna Podmiotów Zarządzania Kryzysowego – spójne środowisko wirtualne[2]

An Integrated Simulation Platform for Organisations Engaged with Crisis Management – a Coherent Virtual Environment

Интегрированная комплексная симуляционная система для субъектов управления ЧС – единая виртуальная среда

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest przedstawienie potrzeby integracji stosowanych w Polsce rozwiązań symulacyjnych wykorzystywanych do szkolenia kadr administracji publicznej w obszarze zarządzania kryzysowego, a szczególnie zakresu prac badawczo-rozwojowych dotyczących budowy zintegrowanej platformy symulacyjnej podmiotów zarządzania kryzysowego.
Wprowadzenie: Kompletne koncepcje budowy zintegrowanych komputerowych systemów wykorzystujących techniki symulacyjne – systemów służących do szkolenia funkcjonariuszy służb odpowiedzialnych za bezpieczeństwo z zastosowaniem technologicznie zaawansowanych trenażerów, to nie tylko fantazja, ale konkretna rzeczywistość i wymóg czasu. Zapoznanie się z ich zawartością pozwala na prawidłowe definiowanie wymagań i zrozumienie konsekwencji decyzji podejmowanych na etapie definiowania potrzeb. Stanowią one podstawowe kompendium wiedzy z tej dziedziny przydatne zwłaszcza dla podmiotów niezwiązanych na co dzień z symulacją, a planujących budowę podobnych systemów. Bardzo znaczące odniesienie do aspektu praktycznego tworzenia zintegrowanych systemów symulacyjnych stanowi o uniwersalizmie tego rozwiązania, które może być interesujące zarówno dla świata nauki i jego przedstawicieli pracujących nad różnymi aspektami symulatorów, jak i dla praktyków, którzy chcą szybko osiągnąć zamierzony efekt poprzez dobór dostępnych na rynku rozwiązań pośrednich.
Wyniki: W artykule została przedstawiona koncepcja funkcjonowania zintegrowanej platformy symulacyjnej podmiotów zarządzania kryzysowego z uwzględnieniem modułów umożliwiających wymianę informacji w ramach interoperacyjności, jednolitej bazy danych terenu, bazy obiektów modeli symulacyjnych oraz modeli 3D na potrzeby wizualizacji wybranych zagrożeń o charakterze kryzysowym oraz podmiotów zarządzania kryzysowego.
Wnioski: Na podstawie przeprowadzonych analiz można stwierdzić, że opracowanie niezbędnych standardów oraz wymagań technicznych dotyczących zapewnienia współpracy pomiędzy różnorodnymi środowiskami symulacyjnymi wymaga optymalizacji i rozszerzenia istniejących standardów wymiany informacji oraz modyfikacji oprogramowania zawartego w istniejących symulatorach pod kątem efektywnego wyświetlania również innych środowisk symulacyjnych.

Słowa kluczowe: symulacja, integracja, środowisko wirtualne, zarządzanie kryzysowe
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

ABSTRACT

Aim: The aim of this article is to reveal the need for the integration of simulation solutions used in Poland, for training of public administration staff in the area of crisis management, specifically in the area of research and development concerned with the construction of an integrated simulation platform for bodies engaged with crisis management.
Introduction: The concept of creating an integrated computerised system, utilising advanced simulation techniques, and suitably equipped trainers, for the training of staff responsible for national security, is not a fantasy, but a reality and requirement of our times. An understanding of the system content allows for appropriate identification of requirements and recognition of consequences from

[1] Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie / Police Academy in Szczytno, Poland; g.gudzbeler@wspol.edu.pl;
[2] Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.7

decisions made at the needs definition stage. This provides an essential compendium of knowledge on the topic, which is particularly useful for entities not involved with simulations on a daily basis, but are planning the construction of similar systems.
A very significant reference is made to the practical aspect of creating integrated simulation systems and the universal application of such solutions. This which may be of interest equally to the academic world and their representatives working on different features of simulation systems as well as for practitioners who wish to achieve desired outcomes quickly through a selection of available solutions in the market place.
Results: The article identified an operational concept for an integrated simulation platform, encompassing organisations engaged with crisis management. It revealed elements, where a facility for the exchange of information plays an important part within parameters of interoperability. These include; unified terrain databases, construction of simulation model databases and 3D models, which satisfy visual needs for identified threats faced by organisations engaged with crisis management situations.
Conclusions: Based on the performed analysis, it is concluded that there is a need to develop necessary standards and technical requirements, among diverse simulation environments, to achieve co-operation between systems. The broadening and optimisation of existing standards, in relation to the exchange of information, and modification of software will facilitate effective blending between diverse simulation systems.

Keywords: simulation, integration, virtual environment, crisis management
Type of article: review article

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью настоящей статьи является попытка обратить особое внимание на необходимость стандаризации и объединения решений, принмаемых при обучении сотрудников публичной администрации в сфере управления ЧС, в особенности решений, связанных с исследованиями и разработками на тему создания интегрированной симуляционной системы для субъектов управления ЧС.
Введение: Современные концепции создания интегрированных компьютерных тренажерных систем для подготовки сотрудников служб по охране безопасности, в которых используются технологически продвинутые тренажеры, это не фантазия, а наоборот, они явлются вполне реальными и полностью отвечают современным требованиям. Ознакомление с ними позволяет правильно определить требования и понять последствия решений, принимаемых на этапе определения возникающих в данный момент потребностей. Они явлются своеоборазным источником знаний на эту тему, особенно для субъектов, которые непосредственно не связаны с симуляциями, а могут привлекатся для планирования похожих систем. Очень значимой явлется практическая сторона создания интегрированных симуляционных систем, котороя свидетельствует о их универсальности. Системы могут представлять интерес для многих научных работников и тех, кто занимается созданием разного вида тренажеров-симуляторов, а также для специалистов-практиков, которые намерены в короткий срок достичь соответствующего результата путем использования не совсем отвечающим требованиям клиента доступных на рынке систем.
Результаты: В статье представлена концепция работы интегрированной симуляционной системы для субъектов управляющих ЧС с учетом модулей, с помощью которых возможным явлется обмен информацией в рамках взаимодействия, использования единой базы данных о местности, базы определенных объектов-моделей и 3D-моделей с целью визуализации определенных рисков, чрезвычайного характера и субъектов управления ЧС.
Выводы: На основании анализа можно сделать вывод, что развитие необходимых стандартов и технических требований для обеспечения сотрудничества между различными симуляционными средами требует оптимизации и расширения существующих стандартов для обмена информацией и проведения модификации программного обеспечения тренажеров с целью эффективного отображения также другой симуляционной среды.

Ключевые слова: моделирование, объединение систем, виртуальная среда, управление ЧС
Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Zintegrowana Platforma Symulacyjna Podmiotów Zarządzania Kryzysowego [1] (Platforma) to będące w budowie narzędzie informatyczne, które umożliwi integrację trenażerów wykorzystywanych przez Policję, Państwową Straż Pożarną, Wojsko Polskie oraz inne służby dysponujące systemami symulacyjnymi przeznaczonymi do szkolenia funkcjonariuszy służb państwowych oraz żołnierzy Wojska Polskiego. Platforma pozwoli powiększać potencjał już zintegrowanego systemu, przede wszystkim wspólną, jednolitą bazę danych terenu oraz obiektów, pozwalając prowadzić ćwiczenia o wysokim poziomie realizmu, jednocześnie, w różnych miejscach i przez różne podmioty, przy zachowaniu jednolitej bazy terenu i wzajemnym oddziaływaniu systemu na zachowania ćwiczących. Budowa zintegrowanej platformy symulacyjnej jest pomysłem nowatorskim w obszarze bezpieczeństwa wewnętrznego. Podobne rozwiązania, ale wyłącznie w obszarze obronności, posiadają wiodące w branży symulacyjnej USA i Australia.

W związku z ograniczoną liczbą dostępnych na rynku polskim rozwiązań, które mogą zostać poddane integracji w ramach jednego systemu, pod uwagę wzięto symulatory w chwili obecnej wykorzystywane przez służby odpowiedzialne za bezpieczeństwo, w szczególności za zarządzanie kryzysowe, ratownictwo, a także bezpieczeństwo i porządek publiczny. Baza terenu obejmie obszar uwzględniony w już istniejących symulatorach, jedynych spełniających kryteria integracji, między innymi w symulatorze działań Policji w sytuacjach kryzysowych [2], symulatorze do szkolenia i treningu wspomagającego dowodzenie podczas działań ratowniczych związanych z pożarami w budynkach wielokondygnacyjnych i z wypadkami komunikacyjnymi [3], symulatorze kierowania pojazdami uprzywilejowanymi

w sytuacjach typowych i ekstremalnych [4], zintegrowanym mobilnym systemie wspomagającym działania antyterrorystyczne i antykryzysowe – „Proteus" [5], a także w innych symulatorach będących w dyspozycji ministerstwa obrony narodowej np. lotu śmigłowcem. Oprogramowanie zintegrowanej platformy symulacyjnej będzie wykonane zgodnie z międzynarodowymi standardami HLA (ang. *High Level Architecture*). Stworzy to możliwość połączenia siecią komputerową budowanego systemu z innymi symulatorami działającymi we wspólnym środowisku wirtualnym w ramach interoperacyjności systemów symulacyjnych. Obecnie w Polsce nie stosuje się żadnego standardu umożliwiającego działanie istniejących systemów symulacyjnych w ramach federacji. HLA jest ogólną architekturą dla rozproszonych systemów komputerowych, ze szczególnym uwzględnieniem systemów symulacyjnych. Ideą HLA jest, aby aplikacje programowe (symulatory komputerowe) mogły porozumiewać się między sobą niezależnie od tego, na jakiej platformie zostały osadzone. Komunikacją pomiędzy poszczególnymi aplikacjami zajmuje się infrastruktura uruchomieniowa – RTI (ang. *Runtime Infrastructure*), która pełni rolę podobną do usług systemu operacyjnego lub funkcji maszyny wirtualnej i zapewnia interoperacyjność powiązanych symulatorów, możliwość wielokrotnego wykorzystania elementów systemów symulacyjnych, rozdzielenie warstw elementów symulacyjnych i warstwy elementów pomocniczych środowiska [6]. W ramach HLA wykorzystuje się DIS (ang. *Distributed Interface Simulation*) – interfejs rozproszonej symulacji, czyli protokół umożliwiający prowadzenie ćwiczeń w czasie rzeczywistym, definiujący standardowe struktury komunikatów oraz reguły ich wymiany (IEEE 1278–1993). Efektem końcowym projektu ma być opracowanie zintegrowanej platformy symulacyjnej podmiotów zarządzania kryzysowego umożliwiającej symulację sytuacji kryzysowych oraz prowadzenia w tych warunkach działań antykryzysowych przez uprawnione podmioty (Policję, Państwową Straż Pożarną, Wojsko Polskie, Biuro Ochrony Rządu, a w przyszłości również przez Straż Miejską i inne służby miejskie, Straż Graniczną, zespoły Ratownictwa Medycznego, Żandarmerię Wojskową oraz Służbę Więzienną). Możliwość integracji działań tak wielu zróżnicowanych służb, a jednocześnie znacząco różniących się środowisk działań oraz różnorodności warunków wpływających na pomyślne wykonanie postawionych zadań wymaga, aby proponowane rozwiązanie było wydajne, niezawodne, a przede wszystkim skalowalne, przy czym musi w maksymalnym stopniu korzystać ze standardów komunikacyjnych stosowanych w aktualnej technologii informatycznej, co ułatwi w przyszłości symulację wspólnych działań ze służbami innych krajów europejskich oraz spoza naszego kontynentu.

Tak postawione zadanie wymaga opracowania szczegółowych wymagań technicznych, a następnie znalezienia szczegółowych rozwiązań przede wszystkim w trzech obszarach, tj. warstwy transmisyjnej oprogramowania umożliwiającej współdziałanie różnych symulatorów w jednej przestrzeni wirtualnej (ang. *virtual reality*), bazy danych terenu oraz bazy obiektów i warstwy informacyjnej dla modeli „sztucznej inteligencji" (ang. *artificial intelligence*) zapewniającej odpowiednie zachowanie się wszystkich uczestników wirtualnej rzeczywistości. Warstwa transmisyjna będzie opracowana w oparciu o międzynarodowy standard HLA, który jest powszechnie stosowany w symulatorach lotniczych. Będzie można wykorzystać wieloletnie doświadczenia wynikające ze stosowania tego standardu, gdzie komunikacja ze wszystkimi symulatorami lotniczymi będzie zapewniona „automatycznie". Trzeba zdawać sobie sprawę z tego, że standard ten nie jest optymalizowany pod kątem symulacji specyficznych działań lądowych. Stąd też nowa warstwa transmisyjna będzie wymagała opracowania modułów komunikacyjnych dla każdego z istniejących symulatorów, które będą potrafiły przełożyć informacje specyficzne dla każdego z symulatorów na standard HLA (a właściwie – jego rozszerzenie) i wysłać je do pozostałych symulatorów – federatów, a jednocześnie odfiltrować ze wszystkich informacji niesionych tych standardem te, które są istotne z punktu widzenia każdego z symulatorów. Podobna sytuacja ma miejsce z bazami terenu i obiektów. W każdym z symulatorów istnieje baza danych terenu i obiektów na tyle szczegółowa, na ile jest to istotne dla szkolenia prowadzonego na danym symulatorze. Prowadzenie działań w czasie rzeczywistym (ang. *real time*) wymaga optymalizacji z punktu widzenia każdego symulatora, co oznacza, że nawet ten sam teren i te same obiekty będą miały inną reprezentację w każdym z symulatorów. To przetworzenie wymaga opracowania odpowiednich standardów i reguł, a w miarę możliwości – opracowania zautomatyzowanego procesu przetwarzania wspólnej bazy w postać optymalną.

W celu opracowania spójnego środowiska wirtualnego przeprowadzono badania baz danych wymienionych rozwiązań symulacyjnych.

2. Charakterystyka integrowanych baz danych

Baza środowiska wirtualnego symulatora działań Policji w sytuacjach kryzysowych obejmuje wybrany obszar Warszawy uwzględniający centrum miasta, a szczególnie obiekty ważne dla bezpieczeństwa publicznego oraz istotne ze względu na realizację działań w zakresie akcji i operacji policyjnych. Wirtualne środowisko oparte zostało o fragment rzeczywistego miasta. Wszystkie elementy środowiska, które mają wpływ na realizm odbieranej informacji, zostały przedstawione z zastosowaniem modelowania 3D. Modelowane elementy są łatwo rozpoznawalne i identyfikowalne dla ćwiczących. Zostały zobrazowane budynki z zewnątrz, elementy krajobrazu, roślinności, zasoby policji i służb współdziałających, pojazdy cywilne, ludność cywilna, tłumy, ciągi komunikacyjne, parki oraz inne standardowe charakterystyczne elementy miasta. Modelowane są także różnorodne zjawiska atmosferyczne oraz zmiany elementów w czasie symulacji – budynki mogą ulegać zniszczeniu, tłumy zmieniać swoją gęstość, zachowanie i wygląd, zależnie od zadanej sytuacji. Szczególnie dokładnie zobrazowane są charakterystyczne budynki: Stadionu Narodowego, Sejmu oraz Dworca Centralnego wraz z wnętrzami. Modelowane są również stany zachowań ludzkich w taki sposób, aby sytuacja w systemie była jak najbardziej zbliżona do realnej, jednocześnie możliwa do ocenienia przez osoby ćwiczące.

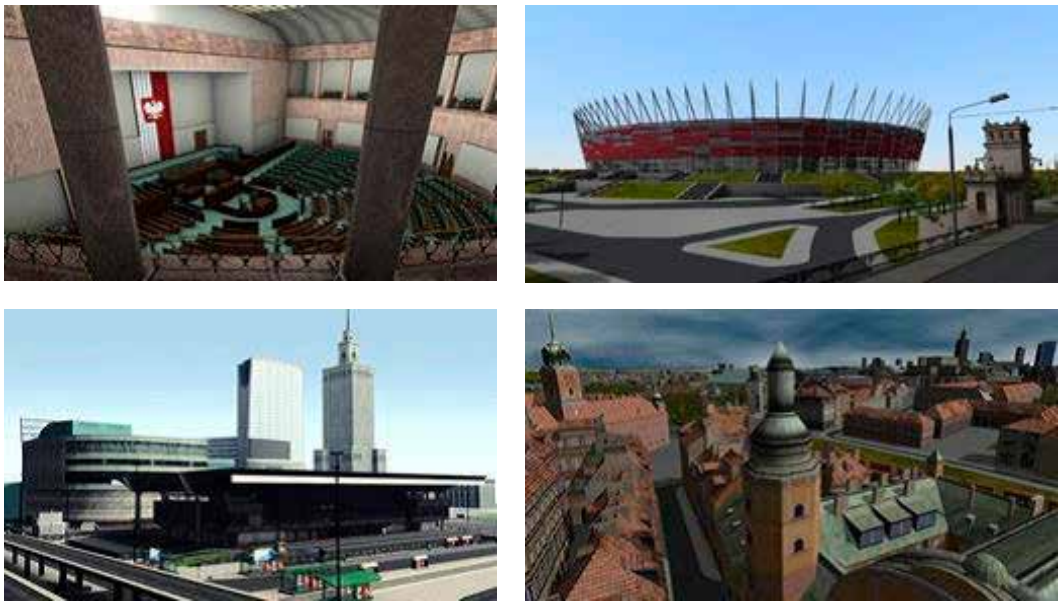
Zobrazowanie terenu środowiska wirtualnego symulatora działań Policji w sytuacjach kryzysowych podzielone

BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 88–96

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.7

jest na trzy poziomy szczegółowości. Obszar o wysokiej szczegółowości obejmuje bezpośrednie okolice (w promieniu około 500 m) od miejsc prowadzonych działań policyjnych. Obszar o średniej szczegółowości obejmuje teren położony w dalszej odległości od miejsca możliwych działań policyjnych (powyżej 500 m). Natomiast obszar o niskiej szczegółowości obejmuje pozostałe części miasta. Cechy zobrazowania obszaru o wysokiej szczegółowości zawierają takie elementy jak pełna siatka ulic i pieszych ciągów komunikacyjnych, ulice z krawężnikami i elementy małej architektury miejskiej (latarnie, słupy, kosze, ławki), a także infrastruktura budowlana o charakterze odpowiadającym rzeczywistej zabudowie. Budynki mają uproszczoną geometrię, a ich specyficzna architektura jest odwzorowana za pomocą tekstur. Charakterystyczne budynki i obiekty specyficzne dla danej okolicy są zamodelowane z zachowaniem wierności geometrii i wyglądu elewacji. Obszar o średniej szczegółowości posiada pełną siatkę ulic, uproszczoną siatkę pieszych ciągów komunikacyjnych, ulice z krawężnikami i uproszczoną zabudowę. Budynki mają gabaryty zbliżone do rzeczywistych, a do modelowania zastosowano tekstury oddające charakter zabudowy. W ramach obszaru o średniej szczegółowości wnętrza budynków nie są odwzorowane. Obszar o niskiej szczegółowości charakteryzuje się znacznie uproszczonymi cechami zobrazowania polegającymi na zamodelowaniu ich za pomocą płaskiej tekstury terenu oraz w postaci charakterystycznych wysokich budynków i obiektów, które mogą być widoczne z obszarów o wysokim i średnim stopniu szczegółowości. Na potrzeby przemieszczania sił policyjnych baza obszaru o niskiej szczegółowości zawiera także informację o siatce głównych dróg dojazdowych do obszaru o średniej szczegółowości wraz z przepustowością tych dróg.

Baza terenu to spójny obszar Warszawy. Wewnątrz tego obszaru znajduje się teren o średniej szczegółowości, w którym z kolei występują cztery bazy terenu o wysokiej szczegółowości wykonane na potrzeby zaplanowanych scenariuszy ćwiczeń: „Stadion", „Stare Miasto", „Dworzec", „Sejm". Baza „Stadion" obejmuje Stadion Narodowy wraz z okolicznymi mostami i stacją kolejową Stadion. W otoczeniu stadionu zamodelowano budynki zgodnie ze stanem zabudowy na rok 2012. Baza danych terenu może zostać uaktualniona, w przypadku gdy to okaże się konieczne. Stadion Narodowy został zamodelowany zarówno z zewnątrz, jak i wewnątrz. Na potrzeby symulacji zamodelowano wejścia i wjazdy do stadionu wykorzystywane w trakcie imprez masowych organizowanych na stadionie. Budynek dworca kolejowego Stadion został zamodelowany z zewnątrz, a perony dworca zamodelowano w sposób uproszczony. W bazie „Stare Miasto" wykonano model Starówki, Placu Zamkowego oraz ulicy Krakowskie Przedmieście. W bazie tej zamodelowane zostały dodatkowo przejścia pomiędzy budynkami lub przez budynki istotne z punktu widzenia prowadzenia działań policyjnych. W skład bazy „Dworzec" wchodzi budynek Dworca Centralnego oraz okolice Pałacu Kultury i Nauki. Dworzec Centralny zamodelowano wraz z wnętrzem hali głównej oraz podziemnymi przejściami. Wnętrza Dworca Centralnego i podziemne przejścia zamodelowane zostały w sposób uproszczony uwzględniający ich geometrię i ogólną kolorystykę. Pałac Kultury i Nauki oraz budynek centrum handlowego Złote Tarasy zamodelowano wyłącznie z zewnątrz. Wykonano także modele podziemnego przejścia z Dworca Centralnego do Dworca Śródmieście oraz wyjścia na ulicę Al. Jerozolimskie. Baza „Sejm" obejmuje budynek Sejmu RP wraz z terenem przyległym. Budynek Sejmu został zamodelowany z uproszczonym wnętrzem, a wybrane pomieszczenia odwzorowano z większą szczegółowością. Możliwe jest modyfikowanie bazy terenu poprzez zmianę wyglądu wybranych budynków (w danej szczególnej lokalizacji możliwe jest wybranie jednego z np. trzech różnych budynków), a także tworzenie sztucznych przeszkód dla ruchu ludzi i pojazdu takich jak np. przegrodzenie ulicy płotem (teren budowy).



Ryc. 1. Obraz systemu przedstawiający rzeczywistość wirtualną
Fig. 1. An image depicting virtual reality
Źródło: Dane uzyskane z symulatora działań Policji w sytuacjach kryzysowych.
Source: Data obtained from a simulator of Police activities during crisis incidents.

Następną bazę środowiska wirtualnego stanowi symulator do szkolenia i treningu wspomagającego dowodzenie podczas działań ratowniczych związanych z pożarami w budynkach wielokondygnacyjnych i wypadkami komunikacyjnymi. Dla ćwiczeń realizowanych według scenariusza RTA (zdarzenie drogowe), baza terenu wirtualnego środowiska obejmuje rondo w Glinojecku oraz ulice dojazdowe do niego na długości 200 m w każdą stronę (ryc. 2). Granica obszaru wykonana została w taki sposób, aby zapewnić wrażenie istnienia dalszego otoczenia.

Ryc. 2. Mapa ronda w Glinojecku
Fig. 2. Map of Glinojeck roundabout
Źródło: Dane uzyskane z symulatora do szkolenia i treningu wspomagającego dowodzenie podczas działań ratowniczych związanych z pożarami w budynkach wielokondygnacyjnych i wypadkami komunikacyjnymi.
Source: The data obtained from the simulator for training and supporting leadership training during fire rescue operations in multi-storey buildings and traffic accidents.

Dla ćwiczeń realizowanych według scenariusza MPB (budynek wielofunkcyjny) baza terenu obejmuje obszar ograniczony czterema ulicami, wewnątrz którego znajduje się budynek wielofunkcyjny, w którym prowadzona jest akcja ratownicza. Poza tym kwartałem zostały zobrazowane najbliższe obiekty (pierwszy rząd domów). Dalsza zabudowa została odzwierciedlona w sposób uproszczony, zapewniający wrażenie prowadzenia akcji w warunkach miejskich. Do ćwiczeń w szpitalu, hotelu, bloku mieszkalnym została wykonana baza zawierająca ten sam teren (podkład geometryczny i budynki w otoczeniu) oraz jeden budynek będący obiektem symulacji „szpital", „hotel", „blok". W każdej z baz gabaryty budynku są takie same. Różne są jego wnętrza oraz elewacja. Dla wnętrza każdego budynku zamodelowano parter oraz jedno piętro, które może być powielane w pionie. Elewacje zostały wykonane w taki sposób, aby jednoznacznie wskazywały na charakter budynku (inne malowanie, napisy typu „hotel", „szpital"). Bezpośrednie otoczenie budynku jest różne także w każdej z baz. Przy użyciu elementów małej architektury takich jak drzewa, krzewy, żywopłoty, kwietniki, ławki oddano charakter otoczenia każdego z typów budynków (ryc. 3).

Kolejna zakwalifikowana do integracji baza środowiska wirtualnego dotyczy symulatora kierowania pojazdami uprzywilejowanymi w sytuacjach typowych i ekstremalnych. Baza ta została zbudowana zgodnie z wymaganiami zawartymi w rozporządzeniu Ministra Infrastruktury z dnia 8 kwietnia 2011 r. w sprawie urządzenia do symulowania jazdy w warunkach specjalnych (Dz.U. Nr 81, poz. 444). Środowisko wirtualne symulatora w możliwie wysokim stopniu wizualizuje elementy środowiska realnego. Teren otaczający pokonywaną drogę ma naturalne pokrycie oraz typową zabudowę i infrastrukturę drogową. Odwzorowywany teren obejmuje obszary niezabudowane oraz obszary zabudowane, wiejskie i miejskie. Obszary zabudowane charakteryzują się zróżnicowaną intensywnością zabudowy. Charakterystyka wizualizowanego terenu jest bardzo zróżnicowana i zawiera tereny: bez nachyleń, z niewielkimi nachyleniami i typowy dla obszarów górskich. W bazie danych terenu znajdują się wybrane rodzaje dróg, w tym drogi ekspresowe, o charakterystyce autostrad, drogi jedno- i dwujezdniowe, a także z nawierzchnią utwardzoną i nieutwardzoną. Nachylenie na zaimplementowanych drogach jest odpowiednio zróżnicowane i zawiera: podjazdy i zjazdy o dużym nachyleniu, o zmiennym nachyleniu oraz serpentyny. Zaznaczyć należy, że symulowane drogi zawierają wszystkie elementy dróg rzeczywistych odwzorowane zgodnie z warunkami określonymi w obowiązującej

BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 88–96

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.7

w Polsce ustawie z dnia 25 marca o drogach publicznych (Dz.U. Nr 14, poz. 60) wraz z innymi obowiązującymi przepisami wykonawczymi, takie jak oznaczenia zarówno poziome, jak i pionowe, chodniki, skrzyżowania i trasy dla pojazdów szynowych. Długość tras jazdy w systemie przekracza 300 km. Długość tras umożliwia ciągłą jazdę przez około 8 godzin. Występują także różnorodne elementy infrastruktury drogowej takie jak: skrzyżowania dróg różnego typu, węzły drogowe, wiadukty, mosty, tunele, przejścia dla pieszych, przystanki autobusowe i parkingi. Ponadto symulowane jest zachowanie innych uczestników ruchu drogowego, tj. pojazdów samochodowych (uprzywilejowanych, osobowych, ciężarowych, ciągników siodłowych, specjalnych, ciągników rolniczych, autobusów oraz motocykli), pojazdów szynowych oraz pieszych, motocyklistów i rowerzystów.

Ryc. 3. Fragment bazy terenu
Fig. 3. Terrain fragment
Źródło: Dane uzyskane z symulatora do szkolenia i treningu wspomagającego dowodzenie podczas działań ratowniczych związanych z pożarami w budynkach wielokondygnacyjnych i wypadkami komunikacyjnymi.
Source: The data obtained from the simulator for training and supporting leadership training during fire rescue operations in multi-storey buildings and traffic accidents.

Oprogramowanie symulatora umożliwia symulację i wizualizację 25 pojazdów uczestniczących w ruchu drogowym znajdujących się w polu widzenia kierowcy. Pojazdy i piesi, którzy uczestniczą w ruchu drogowym, mogą postępować zgodnie lub niezgodnie z zasadami ruchu drogowego. W systemie mogą być symulowane standardowe zjawiska występujące w trakcie jazdy związane np. z natężeniem ruchu. Zachowanie uczestników ruchu drogowego zależy od bieżącej sytuacji i regulowane jest zastosowanymi modelami symulacyjnymi oraz skryptami zawartymi w systemie, ich reakcje są następstwem działań innych uczestników ruchu drogowego, w tym pojazdu ćwiczącego z wykorzystaniem systemu kierowcy. W systemie uwzględniono możliwość modyfikacji zarówno pór roku, ich charakterystyki (opady deszczu, śniegu itp.), pory doby z realnymi zmianami wynikającymi z upływającego czasu. System umożliwia instruktorowi dokonanie zmian w każdym elemencie związanym z warunkami pogodowymi, a także generowanie jako podgrywek takich zjawisk jak powodzie, zamglenia, oblodzenia itd. Symulowane czynniki pogodowe są zgodne ze swoimi rzeczywistymi odpowiednikami, z uwzględnieniem ich wpływu na pozostałe elementy systemu. Drogi w terenie zabudowanym są oświetlone. Oświetlenie symulowanych pojazdów odpowiada obowiązującym przepisom.

Kolejna baza środowiska wirtualnego dotyczy symulatora śmigłowca. To otoczenie, w którym operuje śmigłowiec – teren ok. 100 x 100 km wzorowany na bazie wojskowej Randalph AFB Texas, zawierający między innymi bazę wojskową z lotniskiem. Dane nawigacyjne zostały oparte o dane DAFIF (ang. *Digital Aeronautical Flight Information File*). Oznacza to, że została uwzględniona symulacja ILS (ang. *Instrumental Landing System*), VOR (ang. *VHF Omnidirectional Range*), NDB (ang. *Non-Directional Beacon*), świateł lotnisk i lądowisk – światła podejścia, światła pasa, FATO (ang. *Final Approach and Takeoff Area*). Ponadto baza odwzorowuje fragment geoidy co najmniej 1 x 1 stopień,

zawiera różne rodzaje terenu (m.in. ocean, teren górski, jeziora, różne typy upraw, lasy, obszary miejskie z charakterystyczną dla nich zabudową (budynki mieszkalne, fabryki, biura itd.), odwzorowane zostały także drogi, wiadukty, tunele, linie kolejowe, sieci energetyczne).

Kolejną proponowaną do integracji bazą jest środowisko wirtualne robota pirotechnicznego – Proteus. Obejmuje ono teren o wymiarach 200 x 200 m. Mapa terenu otoczenia treningowego zawiera zróżnicowane pofałdowanie terenu oraz różne rodzaje podłoża – pagórki, drogi, doły oraz rowy rozmieszczone w różnych miejscach. Środowisko wirtualne uwzględnia teren naturalny (trawa niska, trawa wysoka od 450–600 mm), błoto, brzeg jeziora (granica między brzegiem a wodą), obszar zamarznięty (lód), teren miejski, teren z losowo rozrzuconymi kamieniami o różnorodnym kształcie i rozmiarze (w przybliżeniu średnice kamieni – 150, 200, 250, 300 mm). Ponadto teren określony jako tor przeszkód, w którym występuje droga z wybojami (otwory w drodze o średnicy około 300 mm i głębokości 150 mm, wysokość podjazdów wynosi 300 mm, a kąt nachylenia podjazdu 30 stopni), dodatkowo przy drodze znajduje się chodnik, płyty chodnikowe, krawężniki (od 15 do 20 cm). To również różne rodzaje drzew, krzewy o różnej przejrzystości (aby robot mógł przez nie przejechać), ścięte drzewo (przewrócone), prześwit o wielkości prostokąta 1000 x 800 mm i średnicy drzewa 400 mm. Dopełnieniem jest budynek jednopiętrowy o rozmiarach ok. 6 x 10 m, taras – 6 x 3 m, składający się z dwóch pokoi, łazienki i tarasu.

3. Spójne środowisko wirtualne

Wykonanie bazy danych platformy symulacyjnej podmiotów zarządzania kryzysowego wiąże się z procesem przygotowania danych dla konkretnych zastosowań. W symulatorach najczęściej są to dane dla silnika fizyki lub silników sztucznej inteligencji. W tym przypadku to silnik sztucznej inteligencji automatycznego ruchu drogowego, silnik fizyki, silnik poruszania się ludzi i pojazdów AI Implant, a także silnik zachowań tłumu. Przyjęto, że platforma powinna umożliwiać przeprowadzenie złożonych symulacji zdarzeń z udziałem policji, straży pożarnej, nawigację śmigłowca i quadrotora, poruszanie się robotem opartym na autonomicznym modelu matematycznym wykorzystującym środowisko MRDS (ang. *Microsoft Robotic Developer Studio*), poruszanie się samochodem oraz ruch automatyczny elementów środowiska (piesi, samochody itp.).

Analiza poszczególnych baz danych wskazuje, że w każdym symulatorze używana jest inna baza danych terenu. W symulatorach lotniczych domyślnie używany jest układ WGS 84 (ang. *World Geodetic System '84*), w lądowych – kartezjański. Możliwe jest przeliczanie współrzędnych między obydwoma układami. W przypadku bazy danych terenu przeliczenie wystarczy zrobić tylko raz. Przy małych odległościach możliwe jest pominięcie przeliczenia przez potraktowanie rozbieżności między układami jako błędu. Natomiast przy rozmiarach bazy typu 40 km rozbieżności mogą sięgać kilku metrów. Wszystkie projekty bazują na silniku OSG (ang. *OpenSceneGraph*). Dzięki temu ułatwione jest renderowanie modeli z jednego systemu w drugim. Występują jednak często drobne rozbieżności i należy założyć, że potrzebne będzie wykonanie czynności adaptacyjnych, gdyż każdy z systemów używa innego silnika logiki i fizyki. W pewnych przypadkach niezbędne jest odczytywanie kolizji z wizualizacji. Zdecydowana większość modeli 3D jest przygotowywana w 3D Studio Max, a następnie eksportowana do formatów OSG. Każdy z takich modeli ma swoją specyfikę podyktowaną docelowym wykorzystaniem w symulatorze. W analizowanych symulatorach używane są wspólne i uproszczone silniki animacji, a także animowane są pojedyncze obiekty w oparciu o uproszczony silnik animacji OSG. Podobnie możliwości renderowania wielu dynamicznych obiektów są różne, gdyż nie we wszystkich symulatorach zaimplementowany został wydajny mechanizm renderowania wielu dynamicznych obiektów, w tym renderowanie tłumów nawet powyżej 500 osób. Niestety są i takie, gdzie renderowane są zaledwie pojedyncze obiekty. Taki stan rzeczy powoduje konieczność dostosowania do renderowania wielu obiektów, bądź renderowania ich w uproszczony sposób. W związku z dużą złożonością obliczeniową przecięć z terenem, czyli powierzchni, po której poruszają się pojedyncze osoby w tłumie, konieczna jest bardzo wydajna struktura danych. Wymaga to przygotowania danych w specyficznej formie, a proces ten musi być w dużej mierze zautomatyzowany.

W każdym z symulatorów istnieje baza danych terenu i obiektów na tyle szczegółowa, na ile jest to istotne z punktu widzenia szkolenia prowadzonego na danym symulatorze. Prowadzenie działań w czasie rzeczywistym (ang. *real time*) wymaga optymalizacji z punktu widzenia każdego symulatora, co oznacza, że nawet ten sam teren i te same obiekty będą miały inną reprezentację w każdym z symulatorów. To przetworzenie wymaga opracowania odpowiednich standardów i reguł, a w miarę możliwości – opracowania zautomatyzowanego procesu przetwarzania wspólnej bazy w postać optymalną z punktu widzenia danego symulatora.

Podobne mechanizmy powinny być zastosowane w przypadku warstwy zapewniającej inteligentne zachowanie się wszystkich uczestników symulowanej wirtualnej rzeczywistości (zwłaszcza w symulatorach obiektów bojowych – polem walki). Zgodnie z zasadami symulacji rozproszonej poszczególne elementy tworzonego systemu staną się integralnymi częściami łączonych systemów w ramach ogólnopolskiej zintegrowanej platformy symulacyjnej. Ze względu na liczbę łączonych federatów znajdujących się w Wyższej Szkole Policji w Szczytnie (symulator działań Policji w sytuacjach kryzysowych oraz symulator kierowania pojazdami uprzywilejowanymi w sytuacjach typowych i ekstremalnych) centrum techniczne, logistyczne i administracyjne zostanie umieszczone w siedzibie lidera konsorcjum naukowo-przemysłowego, czyli Wyższej Szkoły Policji w Szczytnie.

4. Wnioski

Obecnie nie ma na rynku systemu, który w sposób kompleksowy zapewniałby wspólny trening różnych podmiotów odpowiedzialnych za zarządzanie w sytuacjach kryzysowych. Opracowanie ogólnopolskiej zintegrowanej platformy stanowi niezwykle istotne uzupełnienie prowadzonych

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.7

obecnie szkoleń (szczególnie z zakresu interoperacyjności). Przyczyni się to nie tylko do poprawy efektywności szkoleń (poprzez zobiektywizowanie oceny oraz możliwość odtwarzania i analizy przeprowadzonych ćwiczeń – tzw. *After Action Review*), znacznego zmniejszenia zagrożeń i poprawy bezpieczeństwa osób uczestniczących w ćwiczeniach, ale przede wszystkim do znaczącego obniżenia kosztów szkoleń i ich szkodliwego wpływu na środowisko.

Drugim istotnym aspektem jest opracowanie niezbędnych standardów oraz wymagań technicznych dotyczących zapewnienia współpracy pomiędzy różnorodnymi środowiskami symulacyjnymi. Z jednej strony wymaga to optymalizacji i rozszerzenia istniejących standardów wymiany informacji (np. HLA), z drugiej strony – do modyfikacji oprogramowania zawartego w istniejących symulatorach (optymalizowanego pod kątem niezbędnej funkcjonalności i zastosowań danego symulatora) pod kątem efektywnego wyświetlania również innych środowisk symulacyjnych. Zawarcie we wspólnej, jednolitej bazie terenu zróżnicowanych baz danych, a jednocześnie zapewnienie możliwości zobrazowania tego środowiska wirtualnego w każdym z symulatorów (zawierających w tym celu różne, dostosowane dla danego symulatora silniki graficzne, tzw. *graphic engines*), nie doczekało się, jak dotychczas, satysfakcjonującego rozwiązania.

5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono pierwszy etap prac badawczych uwzgledniający bazę integrowanego środowiska wirtualnego oraz podstawowe wymagania funkcjonalne zintegrowanej platformy symulacyjnej podmiotów zarządzania kryzysowego. W ramach tego etapu zostały ustalone niezbędne wymagania funkcjonalne dla budowy platformy ze strony podmiotów zarządzania kryzysowego. Równolegle przeprowadzono weryfikację spójności baz danych terenu, baz modeli 3D oraz animacji stosowanych w poszczególnych symulatorach. Na podstawie wymienionych działań zostały opracowane główne założenia projektowe i wymagania techniczne, założenia dla spójnego wirtualnego środowiska, dla wizualizacji oraz sztucznej inteligencji. Zdefiniowany został zakres funkcjonalności nowych modułów oprogramowania oraz niezbędnej modyfikacji istniejących modułów oprogramowania. Również określone zostały scenariusze wybranych zagrożeń o charakterze kryzysowym, które będą implementowane i testowane w poszczególnych zadaniach projektu. Reasumując, przygotowana została koncepcja funkcjonowania zintegrowanej platformy symulacyjnej podmiotów zarządzania kryzysowego z uwzględnieniem modułów umożliwiających wymianę informacji w ramach interoperacyjności, jednolitej bazy danych terenu, bazy obiektów modeli symulacyjnych oraz modeli 3D na potrzeby wizualizacji wybranych zagrożeń o charakterze kryzysowym oraz podmiotów zarządzania kryzysowego.

Artykuł został opracowany w ramach projektu pt. „Zintegrowana Platforma Symulacyjna Podmiotów Zarządzania Kryzysowego" nr DOBR-BIO4/041/13177/2013 finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju w Warszawie.

Literatura

[1] Projekt rozwojowy pt. „Zintegrowana Platforma Symulacyjna Podmiotów Zarzadzania Kryzysowego", nr DOBR-BIO4/041/13177/2013.

[2] Projekt rozwojowy pt. „Budowa prototypu symulatora działań Policji w sytuacjach kryzysowych", nr OR00004107.

[3] Projekt rozwojowy pt. „Opracowanie i wdrożenie symulatora do szkolenia i treningu wspomagającego dowodzenie podczas działań ratowniczych związanych z pożarami w budynkach wielokondygnacyjnych i wypadkami komunikacyjnymi", nr OR00007607.

[4] Projekt rozwojowy pt. „Symulator kierowania pojazdami uprzywilejowanymi podczas działań typowych i ekstremalnych", nr O ROB 0011 01/ID/11/1.

[5] Projekt „Proteus" zrealizowany w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka na lata 2007–2013, poddziałanie 1.1.2: Strategiczne programy badań naukowych i prac rozwojowych, nr umowy: POIG.01.02.01-00-014/08.

[6] http://pl.wikipedia.org/wiki/High_Level_Architecture, [dostęp: 08.06.2015].

* * *

podinsp. dr Grzegorz Gudzbeler – dyrektor Instytutu Koordynacji Badań i Funduszy Pomocowych Wyższej Szkoły Policji w Szczytnie.

podinsp. dr Mariusz Nepelski – adiunkt Zakładu Zarządzania Kryzysowego Instytutu Bezpieczeństwa i Porządku Publicznego Wydziału Bezpieczeństwa Wewnętrznego Wyższej Szkoły Policji w Szczytnie.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB
Please cite as: BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 97–104

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.8

mgr inż. **Ewa Sobór**[1]
mgr inż. **Marta Gołaszewska**[1]
mgr inż. **Michał Chmiel**[1]
mgr inż. **Michał Borusiński**[2]

Przyjęty/Accepted/Принята: 14.10.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 23.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2015;

Znaczenie systemu dopuszczeń pojazdów pożarniczych w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa strażaków[3]

Importance of Firefighting Vehicles Admittance Process in the Context of Providing Safety for Firefighters

Значение системы допусков пожарных транспортных средств в контексте обеспечения безопасности пожарных

A B S T R A K T

Cel: Celem artykułu jest przedstawienie znaczenia kolejnych etapów procesu dopuszczania do użytkowania pojazdów pożarniczych w kontekście zapewnienia bezpieczeństwa strażaków.
Wprowadzenie: Użytkownicy końcowi, decydując się na wybór danego sprzętu pożarniczego, oczekują spełnienia przede wszystkim trzech warunków: bezpieczeństwa, ergonomii i funkcjonalności. Co więcej wysoka skuteczność oraz niezawodność działania wyposażenia i sprzętu wykorzystywanego do działań ratowniczo-gaśniczych przez jednostki ochrony przeciwpożarowej jest warunkiem koniecznym do spełnienia z uwagi na powodzenie prowadzonych działań oraz zapewnienie bezpieczeństwa zarówno osób ratowanych, jak i samych ratowników. Aby wyjść naprzeciw wymaganiom i potrzebom jednostek ochrony przeciwpożarowej w Polsce wprowadzono system dopuszczeń. W niniejszym artykule, na przykładzie pojazdów pożarniczych, przedstawiono kolejne etapy procesu dopuszczenia wyrobów do użytkowania oraz ich znaczenie dla bezpieczeństwa strażaków. Omówiono aktualne przepisy prawa w zakresie dopuszczania pojazdów do użytkowania oraz przedstawiono główne założenia oraz przebieg procesu dopuszczenia. Zwrócono również uwagę na znaczenie nadzoru nad udzielonymi dopuszczeniami, realizowanego na drodze kontroli dopuszczeń. Poruszono również kwestie posługiwania się świadectwem dopuszczenia, odpowiedzialności za wyrób oraz wprowadzania zmian mogących mieć odzwierciedlenie w zapisach świadectwa dopuszczenia.
Metodologia: W artykule przeanalizowano literaturę przedmiotu. Treść opracowano w oparciu o aktualnie obowiązujące przepisy prawa w zakresie zarówno wprowadzania samochodów pożarniczych do użytkowania, jak i ich klasyfikacji, podziału oraz oznaczenia. Literaturę stanowią dodatkowo procedury opracowane przez Jednostkę Certyfikującą CNBOP-PIB.
Wnioski: System dopuszczeń oparty na ściśle określonych wymaganiach i sposobie postępowania stanowi skuteczne narzędzie selekcji pojazdów pożarniczych trafiających na polski rynek. Znaczenie tego systemu dla bezpieczeństwa jednostek ochrony przeciwpożarowej jest znaczące. Dostarcza on bowiem odbiorcom szereg istotnych informacji na temat przedmiotowych wyrobów, co ułatwia podjęcie decyzji w zakresie zakupu pojazdu wprowadzonego do użytkowania na zasadach zgodnych z aktualnie obowiązującymi przepisami prawa oraz spełniającego nie tylko oczekiwania samych użytkowników końcowych, ale i przede wszystkim wymagania z uwagi na ich bezpieczeństwo.

Słowa kluczowe: znaczenie, system dopuszczeń, dopuszczenie do użytkowania, pojazd, pojazd pożarniczy, samochód pożarniczy, podział, klasyfikacja, oznaczenie, WTO, kontrola dopuszczenia
Typ artykułu: z praktyki dla praktyki

[1] Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, Józefów / Scientific and Research Centre for Fire Protection National Research Institute, Poland; mchmiel@cnbop.pl;
[2] Akademia Obrony Narodowej, Warszawa / National Defence University, Warsaw, Poland;
[3] Wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage contribution: E. Sobór – 20%, M. Gołaszewska – 40%, M. Chmiel – 30%, M. Borusiński – 10%;

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.8

A B S T R A C T

Aim: The purpose of this article is to expose the importance of the admittance process for firefighting vehicles from the viewpoint of firefighters' safety.
Introduction: During the selection process, involving firefighting equipment, end users focus on the satisfaction of three conditions; safety, ergonomics and functionality. Moreover effectiveness and equipment reliability during operations are prerequisites, which must be satisfied, to achieve successful outcomes and ensure the safety of incident victims and firefighters. In order to satisfy demands and needs of Fire Service establishments, Poland introduced an admittance process. This article has identified sequential stages of the admittance process, involving equipment destined for use, using vehicle acquisitions for illustrative purposes and discussed the significance of the process from the viewpoint of firefighters' safety. In parallel with discussions about current legislation dealing with admittance of equipment, the article exposed main assumptions used and the course of the admittance process. Attention was also drawn to the issue of supervision over the granting of certificates od admittance, performed as part of the admittance control mechanism. Additionally, the article discussed issues associated with the use of certificates od admittance, product liability and introduction of modifications to equipment, which may be reflected in certificates of admittance.
Methods: The authors carried out an analysis of literature dealing with the topic. The article was based on sources of law, which are currently in force and apply, not only to bringing into use but also classification, division and rules of designation. Moreover, procedures developed by CNBOP-PIB Certification Department formed part of the literature source.
Conclusions: The admittance process, based on specific requirements and procedures, is an effective tool for selection of firefighting vehicles, from those available on the Polish market. The importance of this system to the safety of Fire Service personnel is significant. It provides users with important information about products. Such information simplifies purchasing decisions involving vehicles introduced for use in accordance with current legislation, which, not only satisfy user expectations but above all address requirements concerning safety.

Type of article: best practice in action
Keywords: significance, admittance system, admittance, vehicle, firefighting vehicle, division, classification, rules of designation, admittance control

А Н Н О Т А Ц И Я

Цель: Целью статьи является представление важности очередных этапов процесса допуска к использованию пожарных транспортных средств в аспекте безопасности пожарных подразделений пожарной охраны.
Введение: Конечные потребители, решившие покупать конкретное противопожарное оборудование в первую очередь ожидают, что оно исполнит как минимум три главные условия: безопасности, эргономичности и функциональности. Кроме того, высокая эффективность и надёжность оснащения и оборудования, используемого во время спасательно-гасящих действий подразделениями пожарной охраны, необходимы для успеха проводимых действий и обеспечения безопасности как спасаемых людей, так и самих спасателей. Чтобы удовлетворить требования и потребности подразделений пожарной охраны, в Польше была введена система допусков. В данной статье, на примере пожарных транспортных средств, представлены очередные этапы процесса допусков изделий к использованию, а также их важность для безопасности пожарных. Кроме рассмотрения действующих правовых актов о допуске пожарных транспортных средств к использованию, были также представлены главные предположения и ход процесса предоставления допуска. Обращено также внимание на суть надзора за выданными допусками, который осуществляется в процессе контроля допусков. Были также рассмотрены вопросы использования свидетельств допуска, ответственности за изделие и внесение в него изменений, которые могут отражаться в записях свидетельства допуска.
Методология: В статье была проанализирована предметная литература. Содержание было разработано на основе действующих нормативных актов относительно введения пожарных машин для использования, а также их классификации, разделения и маркировки. Литература включает также процедуры, разработанные Сертификационным Департаментом CNBOP-PIB.
Выводы: Система допусков, с конкретно определёнными требованиями и процедурами, представляет собой эффективный инструмент выбора пожарных транспортных средств, поступающих на польский рынок. Значение этой системы для безопасности подразделений пожарной охраны – существенное. Так как она предоставляет заказчикам широкую информацию на тему определённых продуктов, помогая таким образом принять им решение относительно покупки транспортного средства, введенного в эксплуатацию на условиях, отвечающих актуально действующим правовым актам и требованиям конечных потребителей, но в главном – требованиям безопасности.

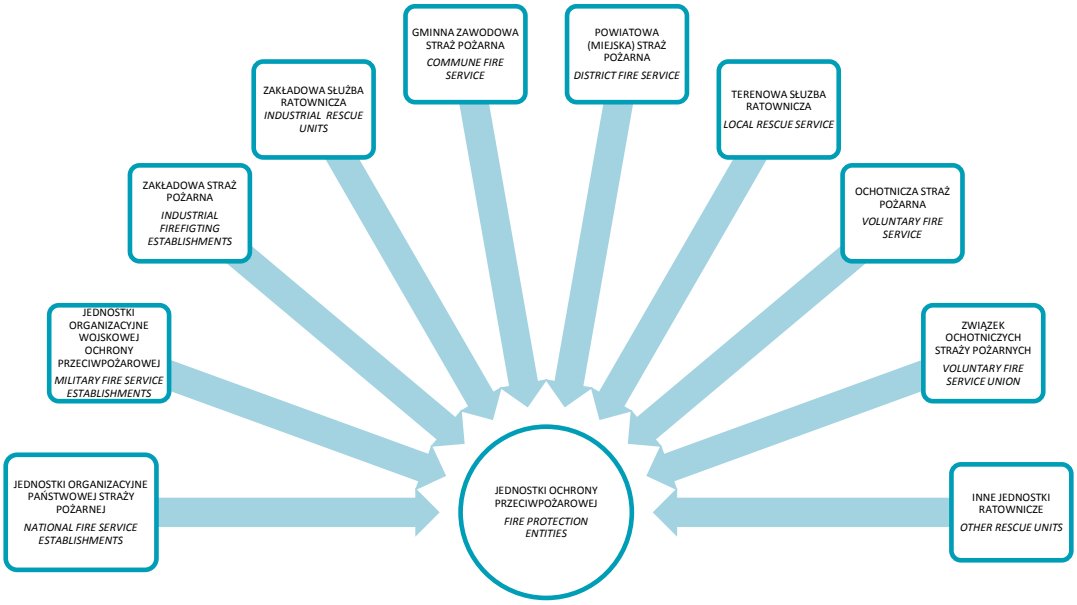
Ключевые слова: значение, система допусков, допуск к использованию, транспортное средство, пожарное транспортное средство, разделение, классификация, маркировка, технически-организационные условия продукции, контроль допусков
Вид статьи: с практики для практики

1. Wstęp

Charakter zagrożeń, z którymi w dzisiejszych czasach mierzy się straż pożarna, jest bardzo zróżnicowany. Obok pożarów są to również wypadki drogowe, powodzie, czy incydenty związane z substancjami niebezpiecznymi. Specyfika zdarzeń, na którą muszą być przygotowani strażacy, ewoluuje wraz z ciągłym postępem technologicznym. W ciągu przeszło 20 lat funkcjonowania Państwowej Straży Pożarnej sprzęt wykorzystywany do działań był i w dalszym ciągu jest doskonalony i dostosowywany do stale zmieniających się warunków pracy, jak również z uwagi na oczekiwania użytkowników końcowych.

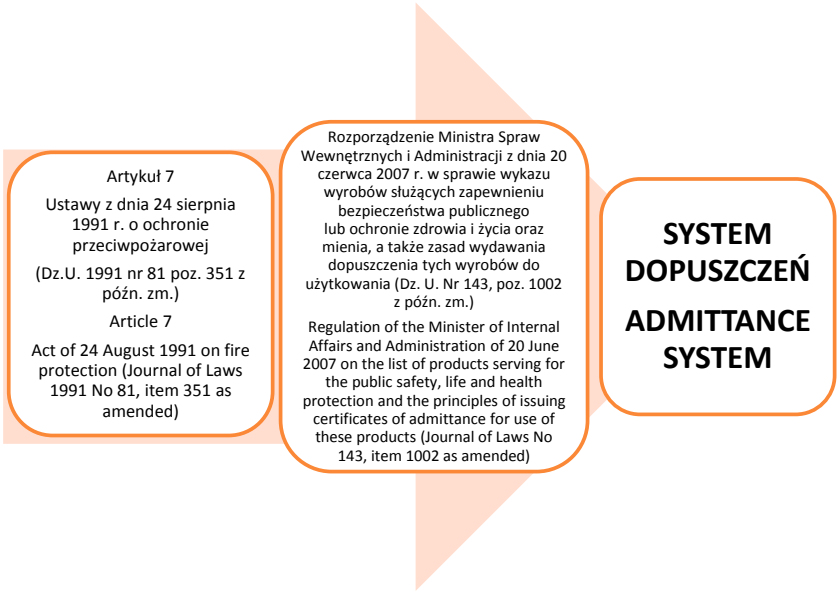
Dla prowadzących działania ratowniczo-gaśnicze niezwykle istotne jest dostosowanie sprzętu do charakteru zdarzenia, jak również zagwarantowanie bezpieczeństwa podczas jego użytkowania. Dotyczy to zarówno bezpieczeństwa ratujących, jak i ratowanych. Dodatkowo sprzęt wykorzystywany

w działaniach powinien zapewniać możliwie najwyższy komfort pracy, co niewątpliwie wpłynie na jej efektywność. Mając na uwadze oczekiwania osób, którym dedykowany jest sprzęt ratowniczo-gaśniczy, blisko 8 lat temu wprowadzono w Polsce system dopuszczeń. Jego głównym założeniem jest selekcja wyrobów trafiających na polski rynek przeznaczonych do użytkowania przez jednostki ochrony przeciwpożarowej wskazane w art. 15 ustawy o ochronie przeciwpożarowej [1].



Ryc. 1. Jednostki ochrony przeciwpożarowej
Fig. 1. Fire protection entities
Źródło: Opracowanie własne na podstawie art. 5 Ustawy o ochronie przeciwpożarowej [1]
Source: Own elaboration based on Fire Protection Act, article 5 [1]

Dzięki regulacjom wynikającym z artykułu 7.1. ustawy [1] stanowiącym o tym, że wyroby służące zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, wprowadzane do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej oraz wykorzystywane przez te jednostki do alarmowania o pożarze lub innym zagrożeniu oraz do prowadzenia działań ratowniczych, a także wyroby stanowiące podręczny sprzęt gaśniczy, mogą być stosowane wyłącznie po uprzednim uzyskaniu dopuszczenia do użytkowania, świadectwa dopuszczenia zyskały charakter obligatoryjny. Obowiązek ich uzyskania wynika ze wspomnianej ustawy [1] oraz aktu wykonawczego, to jest rozporządzenia MSWiA z 20 czerwca 2007 roku [2].



Ryc. 2. Akty prawne regulujące obowiązek przeprowadzania procesu dopuszczenia
Fig. 2. Legislation governing the obligation of carrying out the admittance process
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 97–104

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.8

Załącznik do rozporządzenia [2] zawiera, obok wykazu wyrobów podlegających obowiązkowi uzyskania świadectwa dopuszczenia, wymagania, jakie należy spełnić w procesie dopuszczenia. Wymagania te w przypadku pojazdów pożarniczych związane są bezpośrednio z normami wyrobu, to znaczy PN-EN 1846-1:2011 [3] oraz PN-EN 1846-2+A1:2013-07 [4], oraz uzupełnione o krajowe wymagania techniczno-użytkowe (tzw. wymagania szczegółowe), które dotyczą przykładowo oznakowania pojazdu czy wyposażenia zamontowanego na stałe. Jednostką upoważnioną do prowadzenia procesów dopuszczenia do użytkowania w ochronie przeciwpożarowej jest CNBOP-PIB.

2. Dopuszczenie do użytkowania pojazdów pożarniczych

Z doświadczeń CNBOP-PIB w zakresie prowadzenia procesów dopuszczenia oraz biorąc pod uwagę specyfikę wyrobu wynika, iż spośród wszystkich wyrobów objętych obowiązkiem przeprowadzenia procesu dopuszczenia na szczególną uwagę zasługują pojazdy pożarnicze. W celu najbardziej optymalnego przedstawienia przebiegu oraz istoty procesu ze szczególnym uwzględnieniem aspektu bezpieczeństwa strażaków, warto w tym miejscu nieco przybliżyć tematykę, przedstawiając kilka definicji związanych z pojazdami pożarniczymi.

Na podstawie aktualnie stosowanych norm PN-EN 1846-1 [3] oraz PN-EN 1846-2 [4], stanowiących podstawę klasyfikacji i podziału pojazdów pożarniczych wyróżnić możemy następujące terminy i definicje:

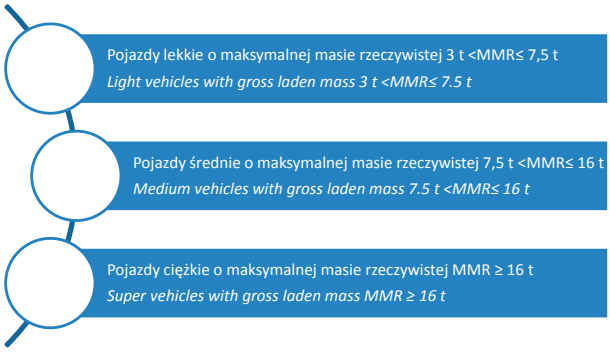
- Pojazdy ratowniczo-gaśnicze – pojazdy o zabudowie pożarniczej wyposażone w pompę pożarniczą i zazwyczaj w zbiornik wody oraz w inny specjalistyczny sprzęt i/lub środki gaśnicze niezbędne do prowadzenia akcji ratowniczo-gaśniczej.
- Pojazdy z drabiną mechaniczną – pojazdy pożarnicze wyposażone w konstrukcję wysuwaną zamontowaną na obrotowej podstawie. Konstrukcja ta posiada przęsła w kształcie drabiny, która może dodatkowo zawierać kosz ratowniczy.
- Pojazdy z podnośnikiem hydraulicznym – pojazdy wyposażone w podnośnik hydrauliczny, który składa się z kosza i wysięgnika hydraulicznego, zamontowanego na podstawie, wykorzystywany w działaniach ratowniczo-gaśniczych. Podnośnik hydrauliczny może być dodatkowo wyposażony w działko gaśnicze.
- Samochód ratownictwa medycznego – pojazd samochodowy o konstrukcji przystosowanej do opieki i przewozu osób poszkodowanych.
- Samochód ratownictwa technicznego – pojazd samochodowy wyposażony w sprzęt niezbędny do podjęcia akcji ratowniczych takich jak: poszukiwania ludzi, usuwania skutków wypadków, awaryjnego odblokowania wejść, ratowania zwierząt.
- Samochód sprzętowy ratownictwa chemicznego – pojazd samochodowy z wyposażeniem umożliwiającym prowadzenie akcji ratowniczych takich jak: poszukiwania i ratowania osób, usuwanie skutków wypadków, awaryjnego odblokowywania wejść, ratowania zwierząt.
- Samochód dowodzenia i łączności – samochód o zabudowie pożarniczej wyposażonej w środki łączności i sprzęt niezbędny do prowadzenia działań dowódczych.
- Samochód do przewozu personelu – samochód pożarniczy do transportu personelu wraz z wyposażeniem.
- Samochód zaopatrzeniowy – samochód o zabudowie specjalnie przystosowanej do przewozu sprzętu lub środków gaśniczych do celów zaopatrywania jednostek będących w akcji.
- Inne specjalne pojazdy samochodowe.

W strukturach jednostek ochrony przeciwpożarowej możemy również wyróżnić inne grupy pojazdów specjalnych, przyczep i naczep, samolotów, śmigłowców, kontenerów oraz łodzi.

Norma PN-EN 1846-1 [3] określa, obok różnych kryteriów stosowanych w odniesieniu do pojazdów pożarniczych, klasy i kategorie samochodów pożarniczych w zależności od przeznaczenia i masy.

- Masa nieobciążonego samochodu – masa pojazdu wraz z kierowcą (75 kg), sprzętem niezbędnym do obsługi samochodu (z wyłączeniem koła zapasowego), z pełną ilością cieczy chłodzącej, paliwa, oleju i z wyposażeniem zamontowanym na stałe, lecz bez środka gaśniczego.
- Maksymalna masa rzeczywista (MMR) – masa nieobciążonego samochodu, dodatkowo uwzględniona o masę pozostałych członków załogi, dla której samochód został zaprojektowany (90 kg na każdego członka załogi wraz z wyposażeniem, oraz dodatkowego 15 kg na wyposażenie osobiste kierowcy), masę środka gaśniczego wraz z pozostałym wyposażeniem które ma być przewożone.

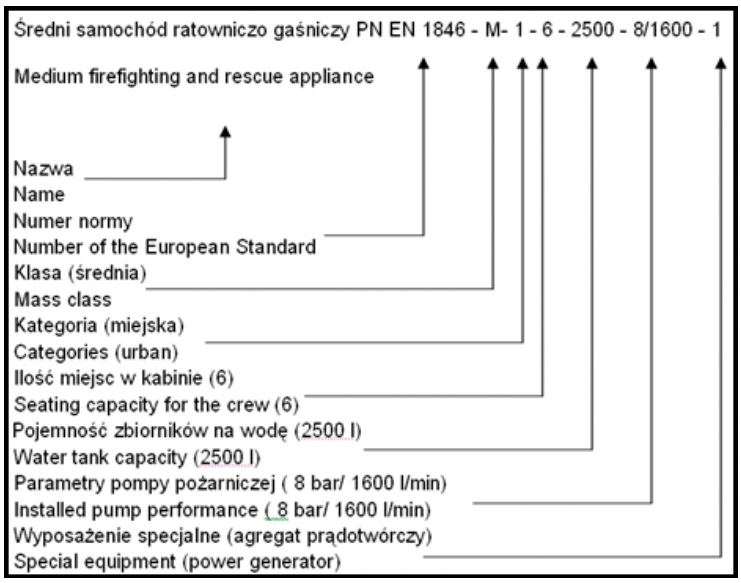
Mając na uwadze powyższe definicje, podział pojazdów przedstawia się następująco:



Ryc. 3. Podział pojazdów pożarniczych ze względu MM [5]
Fig. 3. Classification of firefighting vehicles according to their gross laden mass [5]

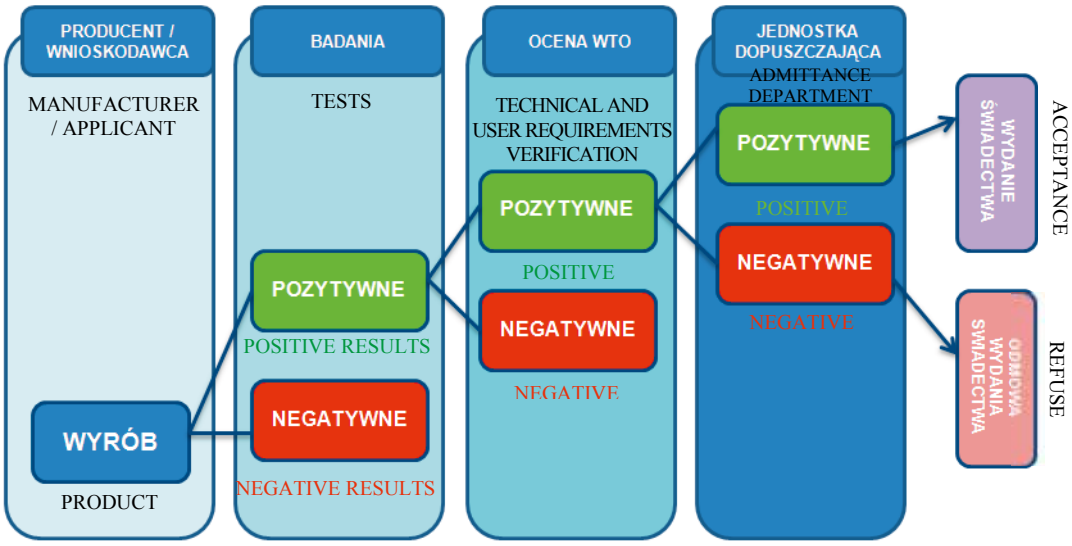
Należy nadmienić, iż znajomość podziału pojazdów z uwagi na ich masę jak również przeznaczenie użytkowe jest niezwykle istotna przy ustalaniu ich oznaczenia. Przykładowo:

Oznaczenie średniego samochodu ratowniczo-gaśniczego ze zbiornikiem wody o pojemności 2500 l i pompą pożarniczą o parametrach 8 bar/1600 l/min, z agregatem prądotwórczym.



Ryc. 4. Oznakowanie średniego samochodu ratowniczo-gaśniczego [5]
Fig. 4. Marking of a medium firefighting and rescue vehicle [5]

Proces dopuszczenia pojazdów pożarniczych inicjowany jest przez wnioskodawcę poprzez złożenie wniosku o przeprowadzenie procesu dopuszczenia wyrobu do użytkowania. W dalszej kolejności wykonywane są badania laboratoryjne poprzedzone szczegółową analizą dokumentacji wyrobu. Badania na potrzeby procesu dopuszczenia wykonywane są w laboratoriach akredytowanych. Zakres badań koniecznych do przeprowadzenia opracowywany jest na podstawie wymagań techniczno-użytkowych oraz konkretnych norm polskich zawartych w załączniku do rozporządzenia [2]. Na tym etapie najczęściej identyfikowanym problemem, obok nieaktualnego druku lub niewłaściwie wypełnionego formularza wniosku o przeprowadzenie dopuszczenia wyrobu do użytkowania, jest niekompletna dokumentacja wyrobu uniemożliwiająca jego dokładną identyfikację, a co za tym idzie, opracowanie właściwego programu badań. Kolejną integralną częścią procesu dopuszczenia wyrobu do użytkowania jest ocena warunków techniczno-organizacyjnych (WTO). Jest to systematyczny, niezależny, udokumentowany proces uzyskiwania dowodów, stwierdzenia faktów bądź innych odpowiednich informacji oraz ich obiektywnej oceny, mający na celu określenie stopnia spełnienia wymagań, które zapewniają stabilną jakość produkcji wyrobów zgodnych z mającymi zastosowanie technicznymi dokumentami odniesienia [6]. Mając na uwadze zapobieżenie generowaniu nieuzasadnionych kosztów, CNBOP-PIB wykonuje ocenę WTO po otrzymaniu sprawozdań zawierających pozytywne wyniki dla wszystkich badań przewidzianych programem [7], [8]. Schematycznie proces dopuszczenia został przedstawiony na ryc. 5.

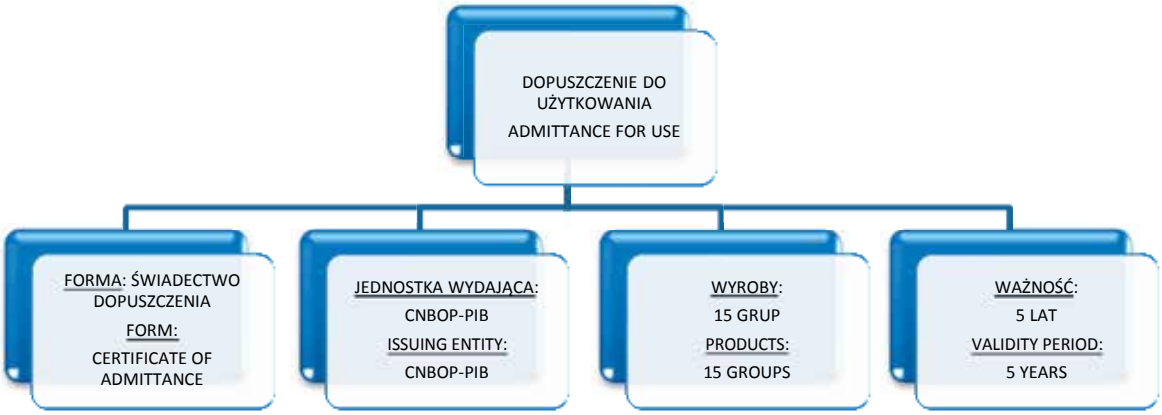


Ryc. 5. Schemat procesu dopuszczenia do użytkowania
Fig. 5. Admittance process scheme
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 97–104

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.8

Zwieńczeniem procesu jest wydanie świadectwa dopuszczenia dla wyrobu. Dokument ten wydawany jest na okres nie dłuższy niż 5 lat. Główne założenia dopuszczenia do użytkowania przedstawione zostały na ryc. 6.



Ryc. 6. Główne założenia dopuszczenia do użytkowania
Fig. 6. Main assumptions of the admittance process
Źródło: Opracowanie własne
Source: Own elaboration.

Należy zwrócić uwagę, że wydanie dopuszczenia to nie koniec roli CNBOP-PIB w procesie oceny zgodności wyrobu. Udzielone dopuszczenia podlegają kontroli. Kontrola realizowana jest corocznie i polega na weryfikacji wybranych cech oraz właściwości techniczno-użytkowych pojazdu pożarniczego w celu potwierdzenia, że w dalszym ciągu spełnia on określone wymagania i nie został zmodyfikowany bez wiedzy jednostki dopuszczającej (CNBOP-PIB) w sposób, który może mieć wpływ na jakość, właściwości oraz bezpieczeństwo użytkowania pojazdu. Dzięki przeprowadzaniu kontroli w okresie poprzedzającym wygaśnięcie świadectwa, ujawnionych zostaje wiele rodzajów niezgodności, które niewykryte mogłyby zagrażać życiu lub zdrowiu użytkowników.

3. Kontrola udzielonego dopuszczenia

Działalność CNBOP-PIB jako jednostki dopuszczającej nie ogranicza się tylko i wyłącznie do prowadzenia badań, procesu oraz kontroli udzielonego dopuszczenia. W uzasadnionych przypadkach, kiedy istnieje podejrzenie, że dany wyrób nie jest tożsamy z wyrobem dopuszczonym do użytkowania, CNBOP-PIB dokonuje porównania budzącego wątpliwości wyrobu z wzorcem, który był przedmiotem badań podczas prowadzonego procesu. W przypadku wyrobów takich jak samochody pożarnicze, których wysoka wartość oraz znaczne gabaryty powodują, iż nie ma możliwości magazynowania wzorców, wyrób porównywany jest z dokumentacją techniczną, która została wykorzystana w procesie badań oraz w procesie dopuszczenia. Wynikiem porównań, o których mowa, jest protokół porównania zawierający wyniki szczegółowej i wnikliwej analizy zgodności wyrobu z wzorcem. Niestety w większości przypadków wątpliwości w stosunku do wyrobu zostają potwierdzone. Efektem negatywnego wyniku porównania jest podjęcie przez CNBOP-PIB stosownych działań mających na celu zidentyfikowanie przyczyn zaistniałych rozbieżności, które realizowane jest w formie kontroli doraźnej. Zakres badań kontroli doraźnej określany jest indywidualnie na podstawie informacji uzyskanych od użytkowników zgłaszających swoje zastrzeżenia co do dopuszczonego wyrobu. Konsekwencją kontroli doraźnej może być cofnięcie udzielonego dopuszczenia.

Uwagi do wyrobów w większości przypadków są zgłaszane przez użytkowników końcowych, np. komendy PSP. Zdarzają się jednak sytuacje, w których konieczność przeprowadzenia porównania wyrobu ze wzorcem jest związana z realizacją obowiązków przez takie instytucje jak policja czy CBA. CNBOP-PIB, będąc jednostką odpowiedzialną za prowadzone badania oraz procesy dopuszczeń wyrobów do użytkowania, podejmuje aktywną współpracę ze wspomnianymi organami oraz wieloma innymi instytucjami, np. UOKiK-iem, zawsze wtedy, gdy zajdzie taka potrzeba. Należy jednak zaznaczyć, iż CNBOP-PIB nie prowadzi działań wspierających lub działań opozycyjnych w stosunku do swoich klientów w odniesieniu do rozwiązywania konfliktów lub sporów sądowych (nie jest stroną w prowadzonych postępowaniach). Jednakże na wniosek uprawnionych organów, Instytut jest zobowiązany do udzielenia wszelkich niezbędnych wyjaśnień.

Należy pamiętać, iż świadectwa dopuszczenia nie mają charakteru otwartego. Wydawane są na jednoznacznie zidentyfikowany wyrób / odmiany wyrobu zakwalifikowane do grupy i/lub typu wyrobu. Przedmiotem dopuszczenia pojazdu jest ściśle określona próbka wyrobu, a na producencie / właścicielu dopuszczenia spoczywa odpowiedzialność za oferowanie pojazdu zgodnego z udzielonym dopuszczeniem. Wydane świadectwo dopuszczenia dotyczy tylko pojazdów pożarniczych wymienionych na tym świadectwie z uwzględnieniem zastosowanych wariantów (jeśli dotyczy). Wszelkie zmiany mogące mieć wpływ na właściwości użytkowe wyrobu (np. materiałowe, konstrukcyjne lub technologiczne) w okresie ważności dopuszczenia mogą

być dokonywane wyłącznie za zgodą jednostki dopuszczającej (tj. CNBOP-PIB), która po analizie charakteru wprowadzonych zmian oraz wszelkiej dokumentacji temu towarzyszącej podejmuje decyzję o rozszerzeniu bądź ograniczeniu zakresu udzielonego dopuszczenia. Nie wszystkie rejestrowane i zgłaszane zmiany znajdują stosowne odzwierciedlenie w zapisach ujętych na świadectwach dopuszczenia. W niektórych przypadkach opisanie takiej zmiany nie jest możliwe (np. zmiana radiostacji, zmiana akumulatora). Świadectwo dopuszczenia zawiera podstawowe, wystandaryzowane dane techniczne identyfikujące wyrób. Szczegółowe informacje związane z opisem, parametrami pojazdu są umieszczone w sprawozdaniu z badań oraz homologacji podwozia stanowiących podstawę do wydania świadectwa dopuszczenia.

Potwierdzenie zgodności wyrobów w procesie dopuszczenia jest wypadkową oceny właściwości użytkowych (cech) reprezentatywnych próbek wyrobu poddanych uprzednio badaniom (najczęściej w warunkach laboratoryjnych) oraz oceny warunków techniczno-organizacyjnych produkcji w zakładzie produkującym przedmiotowy wyrób. Zasadniczym celem oceny warunków techniczno-organizacyjnych (WTO) jest potwierdzenie, że wyroby, które uzyskają dopuszczenie będą dostarczane użytkownikom o właściwościach i parametrach nie gorszych niż próbka wyrobu będąca przedmiotem badań w Laboratorium. Jako że jest ona systematycznym, niezależnym, udokumentowanym procesem uzyskiwania dowodów, stwierdzenia faktów bądź innych odpowiednich informacji oraz ich obiektywnej oceny i ma na celu określenie stopnia spełnienia wymagań, które zapewniają stabilną jakość produkcji wyrobów, ocena ta ma kluczowe znaczenie w procesie dopuszczania wyrobu do użytkowania. Wyciągnięcie wniosków ze stwierdzonych podczas oceny WTO niezgodności i spostrzeżeń niewątpliwie przyczynia się do podniesienia jakości ocenianych wyrobów. Należy podkreślić, iż prowadzenie ocen WTO zgodnie z opracowanymi przez CNBOP-PIB kryteriami zawartymi w dokumentacji systemowej gwarantuje sprawiedliwe podejście do wszystkich ocenianych organizacji. Kontrola dopuszczenia natomiast jest skutecznym oraz niezbędnym narzędziem zapewniania zgodności wyrobów z wymaganiami dokumentów odniesienia poprzez ciągłe nadzorowanie w okresie ważności świadectwa dopuszczenia.

4. Podsumowanie

Użyteczność systemu dopuszczeń dla jednostek ochrony przeciwpożarowej jest znacząca. Dostarcza on bowiem odbiorcom istotnych informacji na temat wyrobów, co ułatwia podjęcie decyzji o zakupie danego wyrobu. Ocena zgodności realizowana na potrzeby procesu dopuszczenia wyrobu do użytkowania w sposób naturalny reguluje jakość wyrobów na wolnym rynku, eliminując te, które klasyfikuje się na niższym poziomie jakościowym. Gwarancją rzetelności oceny zgodności wyrobu ze stawianymi mu wymaganiami prawnymi, technicznymi i normalizacyjnymi jest przeprowadzenie jej przez niezależną instytucję – tzw. stronę trzecią. CNBOP-PIB posiada akredytację Polskiego Centrum Akredytacji stanowiące potwierdzenie posiadania odpowiednich kompetencji do prowadzenia procesów dopuszczenia i gwarantujące, że wszyscy klienci traktowani są tak samo. Idea systemu dopuszczeń niesie za sobą pozytywne skutki w postaci m.in. kompatybilności wyposażenia, środków technicznych i środków łączności, czy chociażby uniwersalnego i jednolitego wykonania wzorów oraz parametrów technologicznych odzieży oraz ochron osobistych używanych przez strażaków-ratowników.

5. Wnioski

System dopuszczeń wyrobów z zakresu ochrony przeciwpożarowej jest bez wątpienia skutecznym narzędziem ministra właściwego do spraw wewnętrznych w procesie zapewnienia ochrony życia i zdrowia ratowników i ratowanych, a także bezpieczeństwa pożarowego w obiektach budowlanych na terenie Rzeczypospolitej Polskiej. Wyroby służące zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, objęte postanowieniami rozporządzenia MSWiA, posiadające świadectwo dopuszczenia do użytkowania cieszą się większym zaufaniem użytkowników końcowych. Tym samym oczywiste wydaje się stwierdzenie, iż system dopuszczeń obejmujący wszystkie przedstawione w artykule etapy ma kluczowe znaczenie w selekcji pojazdów pożarniczych trafiających na polski rynek, a co za tym idzie, jest swego rodzaju gwarancją, iż wyrób ten, przy zachowaniu jego tożsamości z wzorcem będącym przedmiotem procesu, jest w pełni funkcjonalny oraz bezpieczny.

Literatura

[1] Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o ochronie przeciwpożarowej (Dz.U. 1991 Nr 81, poz. 351 z późn. zm.)

[2] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 20 czerwca 2007 r. w sprawie wykazu wyrobów służących zapewnieniu bezpieczeństwa publicznego lub ochronie zdrowia i życia oraz mienia, a także zasad wydawania dopuszczenia tych wyrobów do użytkowania (Dz.U. Nr 143, poz. 1002), wprowadzone rozporządzeniem zmieniającym z dnia 27 kwietnia 2010 r. (Dz.U. Nr 85, poz. 553).

[3] PN-EN 1846-1:2011 *Samochody pożarnicze – Podział i oznaczenie.*

[4] PN-EN 1846-2+A1:2013-07 *Samochody pożarnicze – Część 2: Wymagania ogólne – Bezpieczeństwo i parametry.*

[5] Chmiel M., Markowski T., Kowalczyk A., *Klasyfikacja, oznaczenie i podział pojazdów pożarniczych*, BiTP Vol. 32 Issue 4, 2013, pp. 67–78

[6] Procedura Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB: P-8 *Ocena warunków techniczno-organizacyjnych (WTO)*, edycja dziesiąta z 15.03.2013 r.

[7] Procedura Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB: P-20 *Procesy wydawania, zmiany i cofania dopuszczenia*, edycja czwarta z 31.07.2013 r.

[8] Informator o Świadectwach Dopuszczenia Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB, edycja czwarta, luty 2013 r.

BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 97–104

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.8

* * *

mgr inż. Ewa Sobór – absolwentka studiów I i II stopnia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Cywilnego w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie (2001-2007). Od 2005 r. pracownik Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB. Aktualnie z-ca kierownika Jednostki Certyfikującej. Współautorka publikacji z zakresu bezpieczeństwa, ochrony przeciwpożarowej i zarządzania kryzysowego.

mgr inż. Marta Gołaszewska – absolwentka dziennych studiów I i II stopnia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Od 2012 r. pracownik Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB.

mgr inż. Michał Chmiel – absolwent studiów I i II stopnia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Od 2007 r. pracownik Jednostki Certyfikującej CNBOP-PIB. Aktualnie z-ca kierownika Jednostki Certyfikującej.

mgr inż. Michał Borusiński – absolwent studiów I i II stopnia na Wydziale Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Aktualnie doktorant III roku Akademii Obrony Narodowej na Wydziale Zarzadzania i Dowodzenia. Tematyka rozprawy doktorskiej w zakresie współpracy służb międzyresortowych MSW w kreowaniu bezpieczeństwa Państwa

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB
Please cite as: BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 105–111

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.9

dr **Joanna Stojer-Polańska**[1]
inż. **Artur Luzar**[2]

Przyjęty/Accepted/Принята: 14.10.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 23.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2015;

Współczesne zagrożenia teleinformatyczne w aspekcie działań służb ratowniczych

Contemporary Threats to Information Technology (IT) Security in Context of Fire and Rescue Services Activities

Современные информационно-коммуникационные угрозы в контексте действий спасательных служб

ABSTRAKT

Cel: Celem artykułu jest rozpoznanie i identyfikacja współczesnych zagrożeń, których źródłem jest działalność człowieka w cyberprzestrzeni oraz analiza potencjalnych zagrożeń, które wynikają z szybkiego rozwoju sieci teleinformatycznych. W artykule wskazane zostały czynniki ryzyka oraz opisano potencjalne zachowania sprawców czynów z zakresu cyberprzestępczości i cyberterroryzmu, które mogą być źródłem zagrożenia wobec działań służb ratowniczych oraz systemów powiadamiania ratunkowego. Celem artykułu jest więc identyfikacja czynników ryzyka, która jest pomocna w stworzeniu odpowiednich strategii prewencyjnych wobec cyberprzestępczości i cyberterroryzmu.
Wprowadzenie: Obserwowany współcześnie szybki rozwój technologii wyprzedza rozwój badań z dziedziny nauk społecznych dotyczących zachowania człowieka w cyberprzestrzeni i człowieka w obliczu rozwoju nowych technologii. Rozwój technologiczny wyprzedza również regulacje prawne, dlatego często brakuje norm prawnych, które wskazują, jak działać w nowej sytuacji. Stąd też tworzy się spekulacje na temat możliwego zachowania człowieka w związku z rozwojem sieci teleinformatycznych oraz buduje scenariusze działań na wypadek konieczności prowadzenia akcji ratowniczych w skomplikowanych warunkach, zarówno prawnych, jak i faktycznych. Przećwiczenie takich działań może być pomocne podczas rzeczywistych akcji ratunkowych.
Metodologia: Analizą objęto dostępne sprawozdania (Raport o stanie bezpieczeństwa cyberprzestrzeni RP w 2013, Raport o stanie bezpieczeństwa RP w 2013) oraz dostępną literaturę z zakresu zagrożenia cyberterroryzmem i cyberprzestępczością. W pracy wskazane zostały główne źródła zagrożeń oraz hipotetyczne scenariusze na podstawie już dokonanych ataków na sieci teleinformatyczne, ze szczególnym uwzględnieniem aspektów związanych ze skuteczną działalnością służb ratowniczych.
Wnioski: Autorzy postulują prowadzenie badań nad rozwojem technologii w kontekście zachowania jednostek oraz opracowanie strategii prewencyjnych wobec nowych zagrożeń, których źródłem może być cyberprzestrzeń. Podkreślają także wagę przeprowadzenia w systemie ustawicznym szkoleń dotyczących współczesnych zagrożeń wynikających z rozwoju technologii, a także prowadzenie edukacji na temat skutków rozwoju technologii. Należy wykorzystać szanse, jakie daje rozwój naukowy, a jednocześnie minimalizować ryzyko potencjalnych nowych zagrożeń. Konieczne jest także promowanie badań i współpracy interdyscyplinarnej pomiędzy służbami odpowiedzialnymi za akcje ratunkowe i bezpieczeństwo.

Słowa kluczowe: cyberterroryzm, cyberprzestępczość, zagrożenie teleinformatyczne, służby ratunkowe
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

ABSTRACT

Aim: The purpose of this article is the identification of contemporary challenges, the source of which is human activity in the cyberspace, as well as provision of an analysis of potential risks following the rapid development of IT networks. The article identifies risk factors and describes potential behaviour of cybercrime perpetrators, and cyber terrorists, which pose risks to the operation of emergency services

[1] Uniwersytet Dzieci, Kraków / The Children's University, Poland; wkład merytoryczny w powstanie artykułu / percentage contribution – 50%;
[2] Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie / The Fire Service College of the State Fire Service in Krakow; wkład merytoryczny w powstanie artykułu / percentage contribution – 50%; artur.luzar@gmail.com;

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.10

and proper functioning of the emergency notification system. Therefore, the article intends to identify risks, which should be considered and utilised in the design of appropriate preventive strategies against cybercrime and cyber terrorism.
Introduction: Current developments in IT surpass the development of social sciences concerning human behaviour in cyberspace and response to development of new technology. Technological developments precede the creation of laws and consequently we frequently encounter an absence of legal norms, which specify appropriate action to evolving situations. Consequently, there is some speculation about potential behaviour of humans in relation to developments of IT networks and scenarios are developed in response to needs associated with the conduct of operations in complex circumstances, both legal as well as practical. Training, which incorporates such elements, may be useful for real life rescue operations.
Methodology: Available reports were analysed (Report concerning cyberspace safety in the Republic of Poland 2013, Poland 2013 Crime and Safety Report) as well as available literature about cyber terrorism and cybercrime risks. Research has identified main sources of threats as well as hypothetical scenarios based on IT network attacks identified to date, with a particular focus on aspects associated with successful operation of rescue services.
Conclusions: The authors recommend further research about technological developments, in the context of human behaviour and creation of preventive strategies against emerging threats, the source of which may be cyberspace activity. The importance of a continuous training system, to deal with current threats, which emerge from technological progress is emphasised, as well as the need for education about the consequences of future technological developments. Opportunities arising from technological developments should be grasped, but potential risks from emerging threats should be minimized. It is also necessary to promote research and interdisciplinary cooperation between the uniformed services responsible for safety and rescue operations.

Keywords: cyber terrorism, cybercrime, IT threat, rescue services
Type of article: review article

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью статьи является распознание и идентификация современных угроз, источником которых является деятельность человека в киберпространстве, а также анализ потенциальных угроз, которые являются результатом быстрого развития информационно-коммуникационных сетей. В статье были указаны факторы риска и описаны потенциальные поведения виновных в сфере киберпреступности и кибертерроризма, которые могут быть источником опасности для действий спасательных служб и систем аварийного оповещения. Целью данной статьи является идентификация факторов риска, которая необходима при разработке соответствующих предупредительных стратегий по борьбе с киберпреступостью и кибертерроризмом.
Введение: В настоящее время наблюдается быстрое развитие технологии, которое опережает развитие исследований в области общественных наук, касающихся поведения человека в киберпространстве и человека в условиях развития новых технологий. Технологическое развитие опережает также правовое регулирование, поэтому часто отсутствуют правовые нормы, которые указывали бы, как действовать в новой ситуации. Поэтому возникают спекуляции о возможном поведении человека в связи с развитием информационно-коммуникационных сетей и разрабатываются сценарии поведения на случай необходимости проведения спасательных действий в сложных условиях, как правовых, так и фактических. Практика проведения таких мероприятий может помочь при проведении реальных спасательных работ.
Методология: Анализ включал доступные отчёты (отчёт о состоянии безопасности киберпространства Республики Польша в 2013, отчёт о состоянии безопасности в Республике Польша в 2013) и имеющуюся литературу об угрозе кибертерроризма и киберпреступности. В работе были указаны главные источники угроз и гипотетические сценарии, на основе совершенных атак на информационно-коммуникационные сети, с особым акцентом на аспекты, связанные с эффективной деятельностью спасательных служб.
Выводы: Авторы предлагают проводить исследования развития технологий относительно поведения отдельных лиц и развивать предупредительные стратегии предотвращения новых угроз, источником которых может быть киберпространство. Мы также подчёркиваем значение проведения в рамках системы образования обучения, касающегося современных угроз, обусловленных развитием технологии, а также проведение обучения по последствиям технологического развития. Следует использовать возможности, которые предоставляет развитие науки, и одновременно минимизовать риск новых потенциальных угроз. Необходимо также продвигать исследования и междисциплинарное сотрудничество между службами, отвечающими за спасательные работы и безопасность.

Ключевые слова: кибертерроризм, киберпреступность, информационно-коммуникационная угроза, спасательные службы
Вид статьи: обзорная статья

1. Wprowadzenie

Obecność systemów komputerowych w niemal wszystkich gałęziach przemysłu i administracji przyczyniła się do zwiększenia komfortu pracy i jej wydajności. Zastosowanie innowacyjnych rozwiązań i systemu wspomagania decyzji w Państwowej Straży Pożarnej zaowocowało znacznym wzrostem efektywności działań ratowniczych. Kierunkiem rozwoju jest więc łączenie tradycyjnego podejścia do ratownictwa z wykorzystaniem najnowszych technologii. W nieodległej przyszłości nieodzownym atrybutem dowódców kierujących akcją ratowniczą będzie tablet lub laptop, które umożliwią śledzenie na bieżąco rozwoju sytuacji na miejscu akcji, prowadzenie korespondencji radiowej z ratownikami, a także konsultacje z ekspertami z różnych dziedzin ratownictwa.

Wielkie nadzieje pokładane są również w bezzałogowych systemach latających (tzw. dronach). Ich zastosowanie może być bardzo szerokie – od lotów zwiadowczych monitorujących zagrożenie pożarowe w lasach do bardziej zaawansowanych

takich jak szybkie dostarczenie defibrylatora na miejsce wypadku komunikacyjnego lub ocena zagrożenia pożarowego poprzez analizę widma dymu. W ramach programów *smart city* takie rozwiązania są już testowane na świecie, a służby mundurowe i zarządzający miastami dokonują zakupów dronów. Pisząc o nowych technologiach, trzeba docenić rodzime produkcje oraz aplikacje wspomagające pracę ratowników. Wśród nich należy wspomnieć o takich przedsięwzięciach jak bezpłatna aplikacja Ratownik wspomagająca edukację z zakresu kwalifikowanej pierwszej pomocy, czy też zaangażowanie kół naukowych inżynierii technicznych w rozwój bezzałogowych systemów latających wspierających straż pożarną. Z drugiej jednak strony pojawiają się nowe zagrożenia dla bezpieczeństwa związane z rozwojem technologii, mogące w konsekwencji doprowadzić do paraliżu wielu obszarów życia publicznego, w tym do wyłączenia działania służb ratowniczych i systemu powiadamiania ratunkowego. To właśnie systemy komputerowe zarządzają wieloma obszarami infrastruktury krytycznej w branżach takich jak: energetyka, transport, bankowość, służba zdrowia oraz w krytycznej z punktu widzenia systemu ratownictwa telekomunikacji. Celem artykułu jest wskazanie współczesnych zagrożeń związanych z rozwojem sieci komputerowych i infrastruktury teleinformatycznej. W przekonaniu autorów zagrożenie cyberterroryzmem wydaje się obecnie bardzo realne.

2. Zjawisko cyberterroryzmu

Terroryzm jako zagrożenie dla bezpieczeństwa jest terminem wieloznacznym. Autorzy publikacji z zakresu bezpieczeństwa, zarządzania kryzysowego i dziedzin pokrewnych posługują się różnymi definicjami zjawiska terroryzmu [1–4]. Zjawisko cyberterroryzmu jest trudne do zdefiniowania [5–7]. Pierwsze incydenty związane z bezpieczeństwem teleinformatycznym miały miejsce na przełomie lat 70. i 80. ubiegłego wieku. W 1983 roku w Stanach Zjednoczonych kilka komputerów należących do instytucji rządowych padło ofiarą ataku kilku nastoletnich hackerów z tzw. grupy „414's". Zdarzenie to wywołało szeroką dyskusję w kongresie USA [8]. Jednak zdecydowaną intensyfikację występowania zagrożeń terrorystycznych obserwuje się od 2001 roku, kiedy to nastąpił atak muzułmańskich ekstremistów na World Trade Center w Nowym Jorku. Od tego właśnie momentu rządy poszczególnych państw świata zachodniego zaczęły traktować zagrożenie terroryzmem, w tym także cybernetycznym, jako realne i mogące spowodować ogromne straty, porównywalne z konwencjonalnymi atakami terrorystycznymi. W związku z tym faktem zaczęto stosować coraz bardziej zaawansowane metody prewencji i obrony przed cyberterrorystami. Z obserwacji praktyki wynika, że najczęstszą formą ataków stają się strony internetowe instytucji publicznych[3]. W historii można znaleźć przykłady zdecydowanie bardziej niebezpiecznych działań takich jak cyberataki na infrastrukturę krytyczną oraz systemy bankowe. Najbardziej spektakularny atak przy użyciu wirusa komputerowego Stuxnet nastąpił na irański system komputerowy kontrolujący pracę elektrowni atomowych. Stuxnet dzięki wykorzystaniu luk w systemie Windows może przejąć całkowitą kontrolę nad systemem odpowiedzialnym za zarządzanie instalacjami przemysłowymi, co w konsekwencji może doprowadzić nawet do fizycznego samozniszczenia tej instalacji. W Europie Środkowo-Wschodniej głównymi ofiarami hackerów stały się instytucje państwowe w Estonii (2007), na Litwie (2008) oraz w Gruzji (2008).

Jak już wspomniano, nie istnieje ogólnie przyjęta definicja cyberterroryzmu. Pojęcia tego nie definiuje również polskie prawo. W art. 115 § 20 Kodeksu Karnego[4] zdefiniowano przestępstwo o charakterze terrorystycznym. Definicja ta jednak poddawana jest krytyce w literaturze przedmiotu [9]. Konsekwencją niejednolitej wykładni jest utrudniona praca w tworzeniu strategii prewencyjnych, a także problemy dla organów ścigania i wymiaru sprawiedliwości. Niezwykle trudno jest pociągnąć do odpowiedzialności sprawców tego typu przestępstw, ponieważ samo ich wykrycie sprawia wiele problemów. Teoretycznie możliwe byłoby również odwołanie się do art. 269, art. 269a lub 269b Kodeksu Karnego[5]. Autorzy niniejszego artykułu

[3] Zob. Raport o stanie bezpieczeństwa cyberprzestrzeni RP w 2013, Cert.gov.pl, Warszawa 2014, s. 5 i nast.: „W sumie, w 2013 roku zarejestrowanych zostało aż 8817 zgłoszeń, z których 5670 zakwalifikowano, jako incydenty".

[4] Ustawa Kodeks Karny Dz. U. z 1997 r. Nr 88, poz. 553 ze zm. Treść przepisu: Przestępstwem o charakterze terrorystycznym jest czyn zabroniony zagrożony karą pozbawienia wolności, której górna granica wynosi co najmniej 5 lat, popełniony w celu: 1) poważnego zastraszenia wielu osób, 2) zmuszenia organu władzy publicznej Rzeczypospolitej Polskiej lub innego państwa albo organu organizacji międzynarodowej do podjęcia lub zaniechania określonych czynności, 3) wywołania poważnych zakłóceń w ustroju lub gospodarce Rzeczypospolitej Polskiej, innego państwa lub organizacji międzynarodowej – a także groźba popełnienia takiego czynu.

[5] Ustawa Kodeks Karny Dz. U. z 1997 r. Nr 88, poz. 553 ze zm. Treść przepisów: Art. 269. § 1. Kto niszczy, uszkadza, usuwa lub zmienia dane informatyczne o szczególnym znaczeniu dla obronności kraju, bezpieczeństwa w komunikacji, funkcjonowania administracji rządowej, innego organu państwowego lub instytucji państwowej albo samorządu terytorialnego albo zakłóca lub uniemożliwia automatyczne przetwarzanie, gromadzenie lub przekazywanie takich danych, podlega karze pozbawienia wolności od 6 miesięcy do lat 8. § 2. Tej samej karze podlega, kto dopuszcza się czynu określonego w § 1, niszcząc albo wymieniając informatyczny nośnik danych lub niszcząc albo uszkadzając urządzenie służące do automatycznego przetwarzania, gromadzenia lub przekazywania danych informatycznych.
Art. 269a. Kto, nie będąc do tego uprawnionym, przez transmisję, zniszczenie, usunięcie, uszkodzenie, utrudnienie dostępu lub zmianę danych informatycznych, w istotnym stopniu zakłóca pracę systemu komputerowego lub sieci teleinformatycznej, podlega karze pozbawienia wolności od 3 miesięcy do lat 5.
Art. 269b. § 1. Kto wytwarza, pozyskuje, zbywa lub udostępnia innym osobom urządzenia lub programy komputerowe przystosowane do popełnienia przestępstwa określonego w art. 165 § 1 pkt 4, art. 267 § 3, art. 268a § 1 albo § 2 w związku z § 1, art. 269 § 2 albo art. 269a, a także hasła komputerowe, kody dostępu lub inne dane umożliwiające dostęp do informacji przechowywanych w systemie komputerowym lub sieci teleinformatycznej, podlega karze pozbawienia wolności do lat 3. § 2. W razie skazania za przestępstwo określone w § 1, sąd orzeka przepadek określonych w nim przedmiotów, a może orzec ich przepadek, jeżeli nie stanowiły własności sprawcy.

BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 105–111

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.10

podzielają stanowisko wyrażone przez K. Lidela, który za zjawisko cyberterroryzmu uznaje „politycznie umotywowany atak lub groźbę ataku na komputery, sieci lub systemy informatyczne w celu zniszczenia infrastruktury oraz zastraszenia lub wymuszenia na rządzie i ludziach daleko idących politycznych i społecznych celów" [10]. Przy czym należy dodać, że zdarzenia o charakterze cyberterrorystycznym mogą być również powodowane motywacją tzw. *for fun and fame* (dla zabawy i sławy) lub wynikać z motywów wyłącznie finansowych.

Ryzyko zagrożenia cyberprzestępczością z roku na rok jest coraz większe. Duża jest też z pewnością ciemna liczba tego rodzaju zachowań w Internecie. Słusznie wskazują autorzy *Raportu o stanie bezpieczeństwa RP w 2013 roku*, że „w większości przypadków cyberprzestrzeń nie stwarza nowego rodzaju przestępstwa, a jedynie dostarcza nowych metod i środków do jego popełnienia lub stanowi jedynie nowe miejsce popełnienia przestępstw, jej rzeczywista skala jest trudna do oszacowania" [26]. Nie dotyczy to jednak ataków na systemy teleinformatyczne [26, s. 291], które należy postrzegać jako odrębny czyn zabroniony. Nie jest do końca jasne, czy czyn potencjalnego sprawcy wypełni znamiona określonego przepisu ustawy karnej, bowiem działania z zakresu cyberterroryzmu są wysoce nieprecyzyjne w literaturze przedmiotu. Nie można zarzucić osobie, że popełniła przestępstwo, jeśli nie wypełniła znamion określonych w przepisach prawa. Może jednak dojść do sytuacji, w której sprawca dopuszcza się czynu zasługującego na karę, ale nieujętego w przepisach prawa. Prawo bardzo często nie nadąża za rozwojem technologii [11]. Ponadto wiele tego typu zdarzeń może pozostawać we wspomnianej ciemnej liczbie zdarzeń kryminalnych, bowiem nikt nie zawiadomił odpowiednich organów o możliwości popełnienia przestępstwa, a służbom odpowiedzialnym za bezpieczeństwo nie udało się samodzielnie uzyskać informacji o takim wydarzeniu.

Ryc. 1. Bezzałogowy statek latający
Fig. 1. Unmanned flying craft
Źródło/Source: fot. Grzegorz Mazur

3. Kim są cyberterroryści [12]?

P. Sienkiewicz i H. Świeboda zaproponowali podział cyberterryzmu na dwa główne źródła: zagrożenia ustrukturalizowane oraz nieustrukturalizowane. Jeśli chodzi o pierwsze, powołani autorzy zwracają uwagę na niebezpieczeństwa wynikające z działalności służb obcych państw, w szczególności wyspecjalizowanych instytucji państwowych zatrudniających ekspertów z dziedziny bezpieczeństwa sieci teleinformatycznych. Równie niebezpieczne są lokalne bądź ponadpaństwowe zorganizowane grupy przestępcze, a w szczególności podmioty o charakterze zbrojnym i terrorystycznym. Istnieją silne przesłanki świadczące o tym, że do tej grupy należałoby zaliczyć także międzynarodowe korporacje dysponujące wiedzą, technologią oraz sprzętem, dzięki którym mogą przechwytywać poufne informacje gospodarcze.

Źródła zagrożeń nieustrukturalizowanych tworzą pojedyncze osoby, względnie niewielka grupa osób. Są to przede wszystkim amatorscy hackerzy, haktywiści, cybernetyczni wandale i frustraci. Szkodliwość ich działalności jest różnie oceniana, nie zawsze jest też znana motywacja do popełniania czynów zagrażających bezpieczeństwu sieci teleinformatycznych. Dostęp do specjalistycznej wiedzy oraz bardzo kosztowego sprzętu powoduje, iż poważniejszych konsekwencji można się spodziewać ze strony dużych, strukturalnych grup, aniżeli pojedynczych osób. Nie można jednak wykluczyć, że jednostka może spowodować bardzo duże zagrożenie dla bezpieczeństwa powszechnego. Największym wyzwaniem dla organów ścigania są tzw. samotne wilki, bowiem trudno prowadzić wobec nich działania wykrywcze [13]. Bardzo niepokojąca wydaje się też możliwość manipulowania w sieci grupą podobnie jak w sekcie, tak więc jedna osoba mogłaby korzystać z działań i sprzętu komputerowego innych osób, niekoniecznie świadomych celu tych działań.

Niestety raz na jakiś czas dochodzi do trudnych do przewidzenia zdarzeń takich jak masakra dokonana przez A. Breivika, w wyniku której życie straciło kilkadziesiąt osób. A. Breivik przed zamachem opublikował w Internecie informację, co zamierza uczynić. Takie wydarzenia nazywane bywają „czarnymi łabędziami", bowiem nie są spotykane szczególnie często [14]. Z tego też powodu przy opracowaniu działań na wypadek zagrożeń należy również rozpatrywać ewentualność wersji zdarzeń mało prawdopodobnych lub nawet nieprawdopodobnych. Pozwoliłoby to na sprawniejsze reagowanie w sytuacji zagrożenia.

Autorzy pragną podkreślić, że czasami czynniki ryzyka związane z określoną jednostką, takie jak skłonność do agresji lub autoagresji, mogą wpływać na bezpieczeństwo innych osób i wymuszać konieczność zaktywizowania służb ratunkowych. Przykładem są zachowania suicydalne występujące również w cyberprzestrzeni – na forach, na których dyskutuje się o tym, jak popełnić samobójstwo [15]. Rola informatyków może polegać na zlokalizowaniu osoby deklarującej chęć popełnienia samobójstwa [16], natomiast to służby ratunkowe i policja będą następnie uczestniczyć w zdarzeniu [17]. Jednak funkcja prewencyjna, a także operacyjna i wykrywcza w cyberprzestrzeni nie może być pomijana przez właściwe służby.

4. Zagrożenie dla podmiotów ratowniczych

Podmioty ratownicze, takie jak Państwowa Straż Pożarna, Ochotnicza Straż Pożarna, czy Państwowe Ratownictwo Medyczne oraz inne służby pomocnicze, nie powinny traktować zjawiska cyberterroryzmu jako zjawiska nierealnego lub mało prawdopodobnego. Atak przeprowadzony na infrastrukturę teleinformatyczną może spowodować skutki bardziej dotkliwe od tradycyjnie przeprowadzonego ataku terrorystycznego.

Z punktu widzenia działalności służb ratowniczych obszarami zagrożenia są:

- funkcjonowanie numerów alarmowych (112, 998),
- system sterowania ruchem miejskim,
- system alarmowania osób funkcyjnych,
- ciągłość funkcjonowania oprogramowania dyspozytorskiego,
- ograniczenie lub wyłączenie zasilania sieci hydrantowych,
- ataki mieszane.

5. Funkcjonowanie numerów alarmowych

Sieci telekomunikacyjne stanowią potencjalny cel ataku cyberterrorystów. Szczególnie niebezpieczny, a zarazem z technicznego punktu widzenia stosunkowo niezbyt trudny do przeprowadzenia, wydaje się atak polegający na przeciążeniu sieci telefonicznej poprzez zmasowaną próbę połączeń w jednym czasie np. za pomocą wykorzystania technologii VOIP. Dodatkowym zagrożeniem może być nagły wzrost fałszywych zgłoszeń. W przypadku ataków mieszanych zdarzenie to w konsekwencji doprowadzi do obniżenia potencjału ratowniczego na miejscu faktycznego zamachu.

6. System sterowania ruchem miejskim

Atak na serwery oraz infrastrukturę obsługującą sygnalizację świetlą na skrzyżowaniach miast może doprowadzić do wydłużenia czasu dojazdu wozów bojowych Państwowej Straży Pożarnej, zespołów ratownictwa medycznego i innych jednostek oraz służb. Wirus komputerowy może przykładowo spowodować włączenie na wszystkich skrzyżowaniach czerwonego światła dla wszystkich ulic dochodzących do danego skrzyżowania, lub co gorsza światła zielonego, co z pewnością spowodowałoby liczne kolizje i wypadki samochodowe[6]. Awarie tego typu zdarzają się, powodując paraliż ruchu ulicznego. W Krakowie w październiku 2013 roku na skutek wady fabrycznej światłowodu łączącego serwer obsługujący sygnalizację świetlą spowodował kilkudziesięciominutowe opóźnienie komunikacji miejskiej.

7. System alarmowania osób funkcyjnych

W momencie wystąpienia faktycznego zagrożenia, dyżurny stanowiska kierowania zobligowany jest do powiadomienia o zaistniałej sytuacji właściwego komendanta/dowódcę komendy/jednostki ratowniczo-gaśniczej. Niestety jest to łączność w dużej mierze oparta na sieci GSM, a alarmowanie osób funkcyjnych często odbywa się poprzez wysyłanie wiadomości SMS. W tym celu dyżurni wykorzystują moduł alarmowania Systemu Wspomagania Decyzji ST. Dla cyberterrorystów zablokowanie kilku lub kilkunastu numerów telefonicznych GSM nie stanowi żadnego problemu, dlatego ważne jest, aby w każdej jednostce organizacyjnej PSP istniała procedura na wypadek wystąpienia takiego incydentu.

8. Ciągłość funkcjonowania oprogramowania dyspozytorskiego

Monitoring użycia sił i środków odbywa się za pomocą Systemu Wspomagania Decyzji ST. Oparta na systemie

[6] Motyw taki został przedstawiony w filmie *Szklana pułapka IV*, reż. L. Wiseman, 2007.

BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 105–111

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.10

teleinformatycznym aplikacja dostarcza niezbędnych informacji o dostępnych w danej chwili strażakach, specjalistach z różnych dziedzin ratownictwa, środkach gaśniczych oraz samochodach gaśniczych i specjalnych. Nagły brak tych informacji w sytuacji wzmożonego zapotrzebowania na dysponowanie sił i środków byłby sporym utrudnieniem dla dyżurnych stanowisk kierowania poszczególnych szczebli. O ile do tej pory oprogramowanie dyspozytorskie PSP nie padło ofiarą poważnych awarii, to nie można tego samego powiedzieć o systemach informatycznych innych służb. Krajowy System Informacyjny Policji, umożliwiający szybką kontrolę praw jazdy kierowców oraz informacji dotyczących skradzionych pojazdów, w październiku 2014 roku po raz kolejny uległ awarii. W efekcie policjanci mieli ograniczony dostęp do niezbędnych danych, co czasowo osłabiło potencjał tej formacji. W opinii autorów niepotrzebnie informacje o tego typu awariach zamieszczane są na portalach ogólnodostępnych [27].

9. Ograniczenie lub wyłączenie zasilania sieci hydrantowych

Obecnie niechętnie podchodzi się do automatyki zasilania miejskiej sieci hydrantowej, tym niemniej prawdopodobne jest, iż w przyszłości będą one w całości zarządzane przez sieć komputerową. Sytuacja taka występuje już dziś m.in. w niektórych stanach USA. Cyberatak na tego typu infrastrukturę wymagałby podawania wody na dużą odległość metodą dowożenia lub korzystania z alternatywnych źródeł – sztucznych lub naturalnych zbiorników wody.

10. Ataki mieszane – szczególny rodzaj zagrożenia

Połączenie tradycyjnego ataku terrorystycznego, w którym napastnicy używają np. ładunków wybuchowych oraz ataku cybernetycznego, to tzw. atak mieszany (ang. *blended attack*) [18]. Jest to szczególnie niebezpieczna sytuacja, bowiem opóźnienie o kilkanaście lub kilkadziesiąt minut przyjazdu służb ratowniczych na miejsce faktycznego zamachu bombowego mogłoby doprowadzić do zwiększenia liczby ofiar śmiertelnych.

Z jednej strony rozwój techniki i technologii umożliwia prowadzenie bardziej efektywnych działań służb ratunkowych, z drugiej zaś naraża ich akcje na nieoszacowane ryzyko. Przykładowo – drony, które planuje zakupić Państwowa Straż Pożarna, postrzegane są jako narzędzie do zwiększenia efektywności działań w stosunku do tradycyjnie prowadzonych akcji ratunkowych [19]. Dron może zostać wykorzystany zarówno do poszukiwań zaginionej osoby, jak i do zdobywania informacji z powietrza o miejscu zagrożenia pożarem czy powodzią [20]. Nie można jednak wykluczyć, że możliwe jest zdalne sterowanie urządzeniem przez osoby do tego nieuprawnione. Istnieją techniczne możliwości pozwalające na przejęcie komunikacji pomiędzy dronem i operatorem poprzez podanie sfałszowanego sygnału GPS (spoofing GPS). Cyberterrorysta może w ten sposób wydać dronowi zmodyfikowane dyspozycje np. zaprogramować dowolny, inny kurs, zmusić go do lądowania lub przejąć całe urządzenie. Warto tu wspomnieć o wrogim przejęciu wojskowego drona Lockheed Martin RQ-170 w 2011 roku na terenie Iranu [21]. Z perspektywy służb ratunkowych takie incydenty mogą spowodować opóźnienie akcji ratunkowej lub też wysłanie niewłaściwych jednostek do działań w niewłaściwym miejscu, a taki przypadek należy rozpatrywać w kontekście działań cyberterrorystycznych.

11. Edukacja ma znaczenie

Kolejną sprawą, niezwykle istotną z punktu widzenia prewencji, jest właściwa edukacja na temat zagrożeń oraz czynników ryzyka. Powinna ona przebiegać dwutorowo: jako element nauczania w szkołach pożarniczych oraz poprzez samodoskonalenie zawodowe dyspozytorów oraz kadry w ramach kształcenia ustawicznego. Negatywne skutki braku szkoleń z zakresu bezpieczeństwa teleinformatycznego są widoczne w wielu jednostkach organizacyjnych PSP, gdzie w pojedynczych przypadkach zdarza się, że wydrukowane dane niezbędne do logowania wiszą na tablicach korkowych stosunkowo łatwo dostępnych także dla osób trzecich. Takie nieostrożne zachowania często wynikają z niewiedzy oraz niefrasobliwości [22].

Szczególnym obszarem wiedzy o przeciwdziałaniu współczesnym zagrożeniom, na jaki należy zwrócić uwagę podczas szkoleń, to inżynieria społeczna. Choć termin ten może się kojarzyć z naukami społecznymi, to wedle definicji jest to „zestaw metod mających na celu uzyskanie niejawnych informacji przez cyberprzestępcę" [23] poprzez wykorzystanie łatwowierności i nieświadomości użytkowników systemów informatycznych celem pokonania zabezpieczeń odpornych na techniczne formy ataku. Cyberprzestępcy, podając się np. za administratora systemu lub pracownika producenta oprogramowania, mogą próbować wyłudzić dane niezbędne do wprowadzania niepożądanych zmian w systemach wykorzystywanych przez Państwową Straż Pożarną.

W programach kształcenia strażaków różnego szczebla nie znajdują się żadne treści kształcenia traktujące o bezpieczeństwie informatycznym, co w dobie wzrostu zagrożenia atakami terrorystycznymi wydaje się być dużym niedopatrzeniem i może spowodować wzrost zagrożenia.

12. Podsumowanie

Walka z zagrożeniami terrorytycznymi i przeciwdziałanie im stały się obecnie jednymi z największych wyzwań, przed którymi stoją służby mundurowe wszystkich państw. Szczególnym rodzajem zagrożeń jest terroryzm cybernetyczny, zwany cyberterrotyzmem, oraz terroryzm mieszany i/lub kombinowany, w którym wraz z tradycyjnymi formami ataków terrorystycznych przeprowadzane są jednocześnie ataki na sieci teleinformatyczne. Odpowiednia edukacja i przygotowanie się na sytuację zagrożenia bezpieczeństwa sieci teleinformatycznej może zabezpieczyć przed tego typu incydentami, a w chwili ich wystąpienia poprawi efektywność prowadzenia akcji ratowniczych.

Literatura

[1] Indecki K., *W sprawie definicji normatywnej terroryzmu*, w: *Przestępczość zorganizowana: świadek koronny, terroryzm w ujęciu praktycznym*, E. Pływaczewski (red.), Zakamycze, Kraków 2005.
[2] Wiak K., *Prawnokarne środki przeciwdziałania terroryzmowi*, Wydawnictwo KUL, Lublin 2009.
[3] Aleksandrowicz T.R., *Medialność jako konstruktywne znamię aktu terrorystycznego,* w: *Terroryzm w medialnym obrazie świata*, K. Liedel, S. Mocek (red.), Wydawnictwo TRIO, Warszawa 2010.
[4] Horgan J., *Psychologia terroryzmu*, PWN, Warszawa 2008.
[5] Serwiak S., *Cyberprzestrzeń jako źródło zagrożenia terroryzmem*, w: *Przestępczość zorganizowana: świadek koronny, terroryzm w ujęciu praktycznym*, E. Pływaczewski (red.), Zakamycze, Kraków 2005.
[6] Aleksandrowicz R. T., *Nowy terroryzm*, w: *Współczesne zagrożenia terroryzmem oraz metody działań antyterrorystycznych*, J. Szafrański (red.), Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie, Szczytno 2007.
[7] Bolechów B., *Terroryzm w świecie podwubiegunowym. Przewartościowania i kontynuacje*, Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń 2003.
[8] Compiled by washingtonpost.com, Timeline: The U.S. Government and Cybersecurity, The Washington Post, 16 maja 2003, [dok. elektr.] http://www.washingtonpost.com/wp-dyn/articles/A50606-2002Jun26.html, [dostęp: 02.10.2014].
[9] Górniok O., *Przestępstwo o charakterze terrorystycznym w art. 115 § 20 k.k.*, „Przegląd Sądowy", Issue 10, 2004, pp. 3–11.
[10] Liedel K., *Bezpieczeństwo informacyjne w dobie terrorystycznych i innych zagrożeń bezpieczeństwa narodowego*, Toruń 2005.
[11] Tomaszewski T., *Dowód naukowy przed sądem*, w: *Prawo wobec nowych technologii*, P. Girdwoyń (red.), Liber, Warszawa 2008, 155–164.
[12] Lakomy M., *Zagrożenia dla bezpieczeństwa teleinformatycznego państw – przyczynek do typologii*, „e-Politikon", 2013, 6, s. 100–141 [dok. elektr.], http://oapuw.pl/e-politikon-nr-62013/, [dostęp: 2.10.2014].
[13] Małysa T., *Rozpoznawanie działalności terrorystycznej*, „E-terrroryzm.pl. Internetowy Biuletyn Centrum Studiów nad Terroryzmem i kwartalnika e-Studia nad Bezpieczeństwem i Terroryzmem", Issue 8, 2012.
[14] Taleb N.N., *The Black Swan*, Random House Trade Paperbacks, New York 2008.
[15] Rosa K., Krzywania P., *Ekspozycja zachowań samobójczych w sieci. Analiza treści stron internetowych,* w: *Percepcja zachowań samobójczych. Między opiniami a doświadczeniami*, Uniwersytet Medyczny w Łodzi, Kraków 2014.
[16] Krawczyk P., Maj M., *Informacje o próbach samobójczych w Internecie. Metody identyfikacji źródeł wiadomości,* w: *Samobójstwo. Stare problemy, nowe rozwiązania*, J. Stojer Polańska, A. Biederman-Zaręba (red.), Jak, Kraków 2013.
[17] Kuca P., Luzar A., *Praktyczne aspekty działań prowadzonych przez strażaków Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie w przypadku samobójstwa*, w: *Samobójstwo. Stare problemy, nowe rozwiązania*, J. Stojer Polańska, A. Biederman-Zaręba (red.), Jak, Kraków 2013.
[18] Coleman K., *Cyberterrorism preparedness for fire and emergency services*, [dok. elektr.], http://www.fireengineering.com/articles/2013/04/cyberterrorism-preparedness-for-fire-and-emergency-services.html, [dostęp: 02.10.2014].
[19] Kosieliński S., *In statu nascendi*, w: *Roboty w przestrzeni publicznej. In statu nascendi*, A. Gontarz, S. Kosieliński (red.), Instytut MikroMakro, Warszawa 2014.
[20] Sowizdraniuk P., *Wsparcie dla ratowników,* w: *Roboty w przestrzeni publicznej. In statu nascendi*, A. Gontarz, S. Kosieliński (red.), Instytut MikroMakro, Warszawa 2014.
[21] Miszczak A., *Drony* z każdej strony, „Focus", Issue 8, 2014.
[22] Kołodziej M., *Ukrywanie się i podszywanie w Internecie*, w: *Przestępczość teleinformatyczna*, J. Kosiński (red.), Wyższa Szkoła Policji w Szczytnie, Szczytno 2009.
[23] Suchorzewska A., *Ochrona prawna systemów informatycznych wobec zagrożenia cyberterroryzmem*, Wydawnictwo Wolters Kluwer, Warszawa 2010.
[24] Raport o stanie bezpieczeństwa cyberprzestrzeni RP w 2013, Cert.gov.pl, Warszawa 2014.
[25] Ustawa Kodeks Karny Dz. U. z 1997 r. Nr 88, poz. 553 ze zm.
[26] Raport o stanie bezpieczeństwa RP w roku 2013, MSW, Warszawa 2014.
[27] http://wiadomosci.onet.pl/kraj/wielka-awaria-w-policji-nie-dziala-krajowy-system-informacyjny-policji/bjzyb, [dostęp: 4.10.2014].

* * *

dr Joanna Stojer-Polańska – doktor nauk prawnych, kryminalistyk. Absolwentka Uniwersytetu Jagiellońskiego. Autorka artykułów naukowych dotyczących oddziaływania mediów na proces karny, artykułów dotyczących działań sprawców z nietypowym modus operandi i sprawców działających w cyberprzestrzeni, redaktor książki poświęconej samobójstwom. Wykładowca akademicki z kryminalistyki, kryminologii, zwalczania przestępczości. Prowadzi zajęcia z kryminalistyki na Uniwersytecie Dzieci w Krakowie.

inż. Artur Luzar – inżynier bezpieczeństwa cywilnego, absolwent Szkoły Głównej Służby Pożarniczej. Pracownik Wydziału Informatyki i Łączności Szkoły Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie. Entuzjasta nowych technologii.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB
Please cite as: BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 113–124

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.10

Скрипко А.Н. / Skripko A.N.[1]
д-р техн. наук, профессор **Мисун Л.В.** / prof. **Misun L.V.**, Ph.D.[2]

Przyjęty/Accepted/Принята: 20.11.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 19.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2015;

Снижение влияния грозовых проявлений на объектах агропромышленного комплекса путем совершенствования характеристик их молниезащиты[3]

Reduction of Storm Consequences on the Agricultural Sector by Improvement to Features of the Protection System Against Lightning Strikes

Redukcja wpływu zjawisk burzowych w obiektach sektora przemysłowo-rolnego poprzez udoskonalenie właściwości systemów ochrony odgromowej

АННОТАЦИЯ

Цель: Совершенствование средств молниезащиты от прямого удара молнии с учетом отрицательного опыта эксплуатации объектов хозяйствования при воздействии на них грозовых проявлений.
Введение: В Республике Беларусь ежегодно происходят пожары от ударов молнии, в результате которых уничтожаются производственные и общественные здания и сооружения, склады грубых кормов и льносырья, происходит гибель животных и птиц. В период с 2001 по 2013 года на территории республики произошло 46 пожаров в зданиях и сооружениях агропромышленного комплекса, 43 из которых произошло от прямого удара молнии, 3 – от вторичного проявления молнии. Так как наибольшую долю составляют пожары от прямых ударов молнии, то основными мерами, обеспечивающими защиту зданий и сооружений, являются молниеотводы [1-2]. В процессе эксплуатации молниеотводы за счет воздействия на них внешних факторов могут отклоняться от оси своей защиты. Из-за отклонения молниеотводов уменьшаются размеры зон защиты, что влияет на безопасное функционирование здания либо сооружения в момент удара молнии.
Методы: С целью изучения влияния отклонений молниеотводов на безопасное функционирование здания либо сооружения проведены исследования, в основу которых положены анализ статистических сведений по пожарам от ударов молнии, натурные наблюдения по отклонениям молниеотвода от оси защиты. На основании проведенных пассивных экспериментов разработаны математическая модель для прогнозирования устойчивого функционирования здания либо сооружения к возникновению пожаров от грозовых проявлений и математическая модель эффективной работы молниеотвода. Предложено техническое решение по устройству молниеотвода, обеспечивающего эффективную защиту объекта от прямого удара молнии. Проведены наблюдения за молниеотводом с регистрацией его отклонений от оси защиты.
Выводы: Обоснованы оптимальные технические характеристики средства защиты от прямого удара молнии, на основе которых разработан экспериментальный образец молниеотвода. Установлены предельные отклонения молниеотвода с целью разработки изменений в методологию определения зоны защиты молниеотводов, внесения соответствующих поправок в требования по противопожарному нормированию и стандартизации республики.
Значение для практики: Применительно к объектам хозяйствования: разработка технического решения в области молниезащиты, позволяющего обеспечивать стабильное и устойчивое положение молниеотвода относительно оси защиты, исключать уменьшение размеров зон защиты молниеотвода.

[1] Учреждение „Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций" Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь, г. Минск; rifs.minsk@gmail.com / The Establishment "Research Institute of Fire Safety and Emergencies" of the Ministry for Emergency Situations of the Republic of Belarus, Minsk;
[2] Учреждение образования „Белорусский государственный аграрный технический университет", г. Минск / Belarusian State Agrarian Technical University, Minsk;
[3] Авторы внесли одинаковый вклад в создание статьи / The authors contributed equally to this article;

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.10

Ключевые слова: молния, молниезащита, молниеотвод, пожар, объект агропромышленного комплекса
Вид статьи: обзорная статья

ABSTRACT

Aim: Identification of solutions, which increase the effectiveness of protection against direct lightning strikes, by taking account of past experience associated with agricultural property, which was exposed to the impact of storms.
Introduction: Each year, in the Republic of Belarus, many fires are caused by lightning strikes. As a result buildings used by the public and for industrial purposes are exposed to damage. These include storage facilities for flax and fodder. Additionally, animals and birds die. During the years 2001-2013 there were 46 fires in Belarus, which affected buildings and items from the agro-industrial sector, of which 43 were as the result of direct lightning strikes and 3 related to secondary causes. The biggest proportion of fires were caused by direct lightning strikes. The basic approach used to protect buildings from lightning strikes is by utilising lightning conductors [1–2]. During a period of use, protective properties of lightning conductors may undergo a change, caused by the influence of external factors. Such a change may reduce the size of a protected area with a consequential impact on the safety of a building or other item in the vicinity at the moment of a lightning strike.
Methods: In order to examine the impact on the safety of buildings and other property, caused by changes to properties of lightning conductors, research was performed with the aid of data analysis, of fires caused by lightning strikes and by observation of changes to properties of lightning conductors. Based on passive experiments a mathematical model was developed for use in forecasting, to determine the potential for property to avoid the consequences of fires caused by storms and a model, which could describe the effective operation of a lightning conductor. A technical solution was proposed for the construction of a lightning conductor, which would protect property from a direct lightning strike. A study of lightning conductors was performed, including the registration of changes to their protection properties.
Conclusions: The choice of optimum technical data, for a protection device against direct lightning strikes, was justified. This data provided a basis for the development of an experimental lightning conductor model. Furthermore, research identified limit values applicable to changes in the properties of lightning conductors, with the aim of modifying methods of describing the protection range of lightning conductors and introduction of appropriate amendments to fire prevention regulations and norms in Belarus.
Implications for practice: The development of a technical solution, to deal with protection against lightning strikes, particularly for business properties, provides a level of stable and lasting security and eliminates the problem associated with a reduction in the protective range of lightning conductors.

Keywords: lightning, lightning protection, lightning conductor, fire, agricultural property
Type of article: review article

ABSTRAKT

Cel: Wskazanie rozwiązań zwiększających efektywność środków ochrony przeciw bezpośredniemu uderzeniu pioruna z uwzględnieniem negatywnych doświadczeń z eksploatacji obiektów gospodarczych związanych z oddziaływaniem na nie zjawisk burzowych.
Wprowadzenie: W Republice Białorusi co roku dochodzi do pożarów spowodowanych uderzeniem piorunów. W wyniku tych pożarów zniszczeniu ulegają budynki produkcyjne oraz budynki i obiekty użyteczności publicznej, magazyny paszy objętościowej i lnu, giną zwierzęta, w tym ptaki. W latach 2001-2013 na terytorium Białorusi doszło do 46 pożarów w budynkach i obiektach sektora przemysłowo-rolnego, 43 z nich wskutek bezpośredniego uderzenia pioruna, a 3 od jego wtórnego oddziaływania. Największy odsetek stanowią pożary powstałe wskutek bezpośredniego uderzenia pioruna. Podstawowymi metodami ochrony obiektów od tego rodzaju zagrożenia są piorunochrony [1–2]. W czasie eksploatacji piorunochronów, z uwagi na oddziaływanie czynników zewnętrznych, ich właściwości ochronne mogą ulec zmianom. Odchylenia piorunochronów mogą powodować zawężenie strefy objętej ochroną, wpływając w ten sposób na bezpieczeństwo budynku lub obiektu w momencie uderzenia piorunu.
Metody: Aby zbadać wpływ zmian właściwości piorunochronów na bezpieczeństwo budynków i obiektów, przeprowadzone zostały badania, których podstawą była analiza danych statystycznych na temat pożarów powstałych wskutek uderzenia pioruna oraz obserwacje zmian właściwości piorunochronów**.** Na podstawie przeprowadzonych biernych eksperymentów opracowany został model matematyczny do prognozowania odporności budynków lub obiektów na pożary powstałe w wyniku zjawisk burzowych oraz model matematyczny skutecznej pracy piorunochronu. Zaproponowano rozwiązanie techniczne budowy piorunochronu, który zapewniłby ochronę obiektu przed bezpośrednim uderzeniem piorunu. Przeprowadzono obserwacje piorunochronu, w tym rejestrację jego odchyleń od osi ochrony.
Wyniki: Uzasadniono dobór optymalnych parametrów technicznych dla urządzenia zabezpieczającego przed bezpośrednim uderzeniem pioruna, na podstawie których opracowano model eksperymentalny piorunochronu. Określono wartości graniczne dla zmian właściwości piorunochronu w celu opracowania zmian metodologii określania zasięgu ochrony piorunochronów, wprowadzenia odpowiednich poprawek w wymaganiach norm przeciwpożarowych i standaryzacji na Białorusi.
Znaczenie dla praktyki: Stosowanie w obiektach gospodarczych: opracowanie rozwiązania technicznego w zakresie ochrony odgromowej, zapewniającego stabilną i trwałą ochronę, wyeliminowanie problemu zmniejszenia zasięgu ochrony piorunochronu.

Słowa kluczowe: piorun, ochrona odgromowa, piorunochron, pożar, obiekt sektora przemysłowo-rolnego
Typ artykułu: artykuł przeglądowy

1. Введение

За грозовые периоды времени, начиная с 2001 по 2013 годы, на территории Республики Беларусь произошло 2554 случая пожаров. Непосредственно от прямых ударов молнии произошло 2470 пожара, 84 пожара – от вторичного проявления молнии, из них

в 4 % случаев причиной пожара стал занос высокого потенциала, в 3 % – электростатическая и электромагнитная индукция. В ходе изучения пожаров на животноводческих фермах и комплексах, вызванных грозовыми проявлениями, установлено, что за период с 2001 по 2013 года на территории республики произошло 46 пожаров, 43 из которых произошло от прямого удара молнии, 3 – от вторичного проявления молнии [3]. Проведенный анализ пожаров, вызванных грозовыми проявлениями, условий эксплуатации молниезащиты, требований действующих технических нормативных правовых актов позволяет сделать вывод о необходимости выработки более действенных мер по снижению влияния грозовых проявлений на объекты агропромышленного комплекса и, в первую очередь, направленных на повышение эффективности эксплуатации и работоспособности молниезащиты в соответствии с [1, 2].

Основными задачами исследований послужили:

- изучение пространственно-временного распределения пожаров на территории Республики Беларусь и их причинно-следственная связь с грозовыми проявлениями на объектах агропромышленного комплекса;
- разработка модели устойчивого функционирования объекта при воздействии на него грозовых проявлений (в том числе устойчивого функционирования молниезащиты);
- разработка молниеотвода с повышенными характеристиками устойчивости функционирования.

2. Изучение факторов безопасного функционирования объекта к возникновению пожаров от грозовых разрядов

Так как практически невозможно четко сформулировать критерий оценки объекта исследования, его взаимодействие с окружающей средой (при отсутствии четкого формального описания процесса взаимодействия) необходимость устройства молниезащиты предложено определять посредством имитационное моделирования, в основе которого лежит эксперимент. Известно, что безопасное функционирование объекта, во время грозовых проявлений, зависит от различного рода и множества факторов. При сборе и анализе факторов внимание уделялось объектам, на которых произошел пожар от удара молнии, действующим объектам агропромышленного комплекса с устройством молниезащиты выполненных с нарушением и без него. В ходе анализа статистических сведений по пожарам выявлено более 30 факторов влияющих на устойчивость объекта к возникновению пожаров от грозовых разрядов. Факторы были разделены на группы (табл. 1):

X – факторы, которые влияют на поведение системы «объект защиты» (далее – система), и которыми возможно управлять;

Z – факторы, которые влияют на систему, и которыми управлять не возможно вследствие ограничений (технических, технологических, экономических: сила тока молнии, частота удара молнии и т.д.);

Q – факторы, которые влияют на поведение системы, но управление ими на данном этапе развития технических наук не возможно (полярность молнии).

Таблица 1. Сводная таблица факторов устойчивого функционирования объекта к возникновению пожаров от грозовых разрядов
Table 1. Pivot table of the factors determining sustainable operation of the facility when exposed to lightning discharges

№ п.п / No.	Обозначения факторов / Symbol of a factor	Наименование факторов, единица измерения / Name of a factor, unit
1	2	3
1. Факторы типа X / Factors type X		
1.1	X	Высота объекта защиты, м / Height of the protected facility, m
1.2	X	Площадь объекта защиты, м / Area of the protected facility, m
1.3	X	Степень огнестойкости объекта защиты / Fire resistance of the protected facility
1.4	X	Размещение молниеотвода на/возле объекте(а) защиты / Location of a lightning conductor on/near the protected facility
1.5	X	Форма кровли объекта защиты / Shape of the roof of the protected facility
1.6	X	Отношение высоты молниеотвода к его радиусу зоны защиты, м/м / Relation between the of height of a lightning conductor and its radius of the lightning protection zone, м/m
1.7	X	Сечение молниеприемника, мм / Cross-section of a lightning conductor, mm
1.8	X	Длина заземлителя, м / Length of the earthing, m
1.9	X	Отношение допустимого для заземлителя молниеотвода сопротивления к удельному сопротивлению грунта, Ом/Ом·м / Relation between between the earthing resistance acceptable for conductors and soil resistivity, Ω / Ω·m (…)
1.10	X	Удельное сопротивление грунта, Ом·м / Soil resistivity, Ω·m
1.11	X	Тип грунта / Type of soil

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.10

№ п.п / No.	Обозначения факторов / Symbol of a factor	Наименование факторов, единица измерения / Name of a factor, unit
1	2	3
1.12	X	Отношение длины заземлителя к допустимому сопротивлению, м/Ом / Relation between the length of the earthing and the maximum acceptable resistance, m/Ω
1.13	X	Площадь заземлителя, м² / Size of the earthing, m²
1.14	X	Тип заземлителя (вертикальный-стержневой, горизонтальный) / Earthing type (vertical-rod, horizontal)
1.15	X	Высота молниеотвода, м / Height of the lightning conductor, m
1.16	X	Материал элементов молниеотвода / Material of the elements of a lightning conductor
1.17	X	Место расположения молниеотвода на/возле объекта защиты / Location of the lighting conductor on/near the protected facility
1.18	X	Время года / Season
1.19	X	Удельная пожарная нагрузка в здании, сооружении / Fire load in the building, construction
1.20	X	Горючесть кровельного материала / Flammability of the roofing material
2. Факторы типа Z / Factors type Z		
2.1	Z	Пожарная нагрузка объекта защиты, мДж/м² / Fire load of the protected facility, mJ/m²
2.2	Z	Сила тока молнии, КА / Electric current from a lightning strike, KA
2.3	Z	Напряжение молнии, КВ / Voltage of a lightning strike, KV
2.4	Z	Частота удара молнии, удар/км² / The frequency of lightning strikes / km²
2.5	Z	Безопасное расстояние от объекта защиты до молниеотвода, м / Safe distance from the protected facility to the lightning conductor, m
2.6	Z	Надлежащее обслуживание и контроль молниезащиты / Proper maintenance and control of the lightning conductor
2.7	Z	Значение сопротивления заземлителя молниеотвода, определенное инструментальным способом через промежуток времени: день/неделя/месяц, Ом / The resistance value of earthing, calculated with the use of an instrument in a time period: day / week / month, Ω
3. Факторы типа Q / Factors type Q		
3.1	Q	Полярность молнии / Polarity of a lightning strike
3.2	Q	Высота удара молнии, м / Height of a lightning strike, m
3.3	Q	Психофизические особенности человека / Psychophysical features of a human

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

При выборе определялись «значимые» и «незначимые» факторы, качественные и количественные. К «значимым» относились факторы, указывающие на причину возникновения пожара. Данные факторы подразумевали собой характеристики строительных конструкций, планировочные решения объекта защиты, способы молниезащиты, характеристики молниеотвода и т.п.

3. Проведение пассивного эксперимента

Анализ статистических данных о пожарах на объектах агропромышленного комплекса и собственный опыт позволяют сделать вывод, что устойчивое функционирование объекта к возникновению пожаров от грозовых разрядов зависит от большого количества факторов различной природы. Это обстоятельство делает целесообразным постановку отсеивающих экспериментов, позволяющих на первом этапе исследований выявить наиболее существенные факторы, влияющие на устойчивое функционирование объекта к возникновению пожаров от грозовых разрядов (параметр *Y*) [4]:

$$Y = 1 - \frac{n_{\text{пож}}}{N_{\text{пор}}} \quad (1)$$

где $n_{\text{пож}}$ – возникающие пожары на объекте;
$N_{\text{пор}}$ – общее количество грозопоражений.

В таблице 2 приведены факторы, различная комбинация которых оказывает влияние на параметр *Y*. Два фактора количественные – X_1 (степень огнестойкости объекта) и X_2 (высота здания), один качественный – X_3 (расположение молниеотвода). При этом под отдельно стоящим молниеотводом считается молниеотвод, расположенный на расстоянии от трех и более метров от защищаемого здания или сооружения.

Таблица 2. Натуральные и нормированные значения факторов устойчивого функционирования объекта АПК при воздействии грозовых разрядов
Table 2. Dietary factors and the normalized values of sustainable operation of the facility under the influence of agribusiness lightning

Наименование фактора / Name of the factor	**Нормированные значения факторов** X_r **/ Normalized values of the factors** X_r $r = 1, 2, 3$	
	$X_r = +1$	$X_r = -1$
1. Степень огнестойкости объекта / Fire resistance of the facility [5] – x_1	I – IV	V – VIII
2. Высота здания / Height of a building – x_2, м	≤ 5	> 5
3. Расположение молниеотвода / Location of a lightning conductor g – x_3	отдельностоящий / separate	расположенный в застройке / located in a building

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Для постановки отсеивающего эксперимента был взят план полного факторного эксперимента типа 2^3 с количеством опытов $N = 2^3 = 8$ и числом дублей в каждом опыте $n = 3$. В результате обработки данных методами математической статистики [6] получено адекватное уравнение регрессии первого порядка:

$$Y = \begin{cases} 0,969 + 0,013X_1 + 0,007X_2, & \text{если } X_3 = +1; \\ 0,947 + 0,013X_1 + 0,007X_2, & \text{если } X_3 = -1. \end{cases} \quad (2)$$

Анализ результатов отсеивающего эксперимента на первом этапе позволил сделать следующие выводы:

а) молниеотвод, стоящий отдельно от защищаемого объекта ($X_3 = +1$), эффективнее, чем молниеотвод, расположенный непосредственно на объекте ($X_3 = -1$);
б) максимальное устойчивое функционирование объекта к возникновению пожаров от грозовых разрядов (≈ 99 %) достигается в том случае, если объект относится к I – IV степени огнестойкости ($X_1 = +1$), а его высота не превышает 5 м ($X_2 = +1$).

На втором этапе исследований была поставлена задача – создать математическую модель, которая позволит прогнозировать эффективность функционирования молниеотвода. Предварительные исследования, а также анализ статистических данных пожаров в Республике Беларусь за последние 10 лет позволили установить наиболее существенные факторы — коэффициент защиты молниеотвода (отношение высоты зоны защиты молниеотвода к высоте объекта защиты); коэффициент сопротивления заземлителя (отношение длины заземлителя к нормируемому сопротивлению заземления); площадь сечения молниеотвода, влияющие на этот процесс (рис. 1), а также установить уровни и интервалы их варьирования (табл. 3).

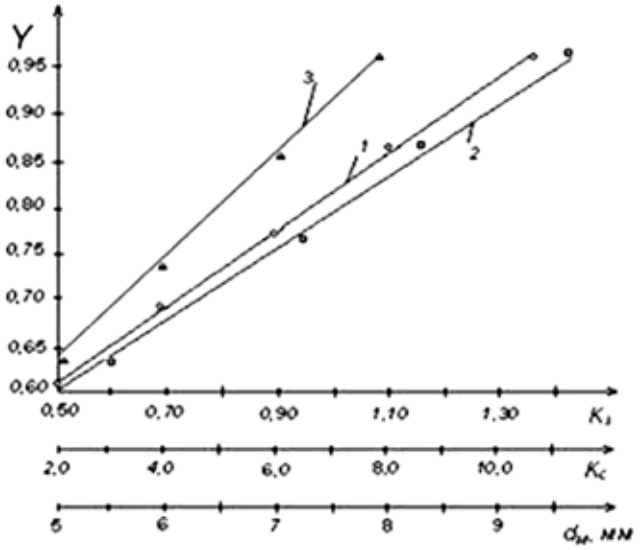


Рис.1 Эффективность молниеотвода в зависимости от:
1 – коэффициента защиты молниеотвода (Kз); 2 – коэффициента сопротивления заземлителя (Kc);
3 – диаметра сечения молниеприемника (dм), мм.
Fig. 1. Effectiveness of a lightning conductor according to:
1 – lightning conductor's protection factor (Kz); 2 – earthing resistance coefficient (Ks); 3 – the diameter of the lightning conductor (dm), mm.
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.10

Таблица 3. Наименование факторов, уровни и интервалы их варьирования, влияющих на эффективность работы молниеотвода
Table 3. Factors influencing the effectiveness of a lighting conductor's work, and the levels and intervals of their variation

Наименование факторов / Name of the factor	**Коэффициент защиты молниеотвода, Кз / Lightning protection coefficient, Kz**	**Коэффициент сопротивления заземлителя, Кс, м/Ом / Earthing resistance coefficient Ks, m/Ω**	**Площадь сечения молниеотвода, $S_м = 3{,}14\times(dм/2)^2$, мм² / Cross-sectional area of the lightning conductor, dm, mm²**
Основной уровень / Basic level, x_{r0}	0,96	6,7	30
Интервал варьирования / The interval of variation, Δx_r	0,4	4,8	20
Верхний уровень / Top level, $X_r = +1$	1,36	11,5	50
Нижний уровень / Lower level, $X_r = -1$	0,56	1,9	10
Формулы перевода натуральных значений факторов в нормированные и обратно / Equations for the conversion of natural values of the factors into the normalized and backwards	$X_1 = \frac{x_1 - 0{,}96}{0{,}4}$ $x_1 = 0{,}96 + 0{,}4 \cdot X_1$	$X_2 = \frac{x_2 - 6{,}7}{4{,}8}$ $x_2 = 6{,}7 + 4{,}8 \cdot X_2$	$X_3 = \frac{x_3 - 30}{20}$ $x_3 = 30 + 20 \cdot X_3$

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Моделирование изучаемого объекта выполнялось с помощью трёхфакторного неполного квадратного уравнения регрессии [6]:

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + +b_3X_3 + \\ + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 \quad (3)$$

где $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}, b_{13}, b_{23}$– коэффициенты уравнения регрессии

Для нахождения коэффициентов приведенного уравнения регрессии использовался план полного факторного эксперимента (ПФЭ) с числом опытов $N_3 = 2^3 = 8$. План ПФЭ, в котором факторы ортогональны

$$\left(\sum_{j=1}^{N} X_{rj} X_{sj} = 0 \right)$$

позволяет произвести независимую оценку коэффициентов многофакторного уравнения регрессии и дисперсий их значимости.

В таблице 4 приведены экспериментальные данные и результаты их обработки методами математической статистики.

Таблица 4. Результаты эксперимента для *k = 3*
Table 4. Experimental results for *k = 3*

N	Y_{1j}	Y_{2j}	Y_{3j}	$\overline{Y_j}$	S_i^2	Y_j^p	$(\overline{Y_j} - Y_j^p)^2$
1	0,605	0,590	0,610	0,602	$1{,}08 \cdot 10^{-4}$	0,598	$1{,}41 \cdot 10^{-5}$
2	0,780	0,780	0,820	0,793	$5{,}33 \cdot 10^{-4}$	0,793	$6{,}94 \cdot 10^{-5}$
3	0,720	0,705	0,730	0,718	$1{,}58 \cdot 10^{-4}$	0,718	$6{,}94 \cdot 10^{-5}$
4	0,910	0,919	0,900	0,910	$9{,}03 \cdot 10^{-5}$	0,914	$1{,}53 \cdot 10^{-5}$
5	0,660	0,645	0,665	0,657	$1{,}08 \cdot 10^{-4}$	0,658	$8{,}4 \cdot 10^{-5}$
6	0,850	0,840	0,860	0,850	$1{,}00 \cdot 10^{-4}$	0,853	$8{,}51 \cdot 10^{-5}$
7	0,775	0,765	0,785	0,775	$1{,}00 \cdot 10^{-4}$	0,778	$8{,}51 \cdot 10^{-5}$
8	0,980	0,970	0,990	0,980	$1{,}00 \cdot 10^{-4}$	0,973	$4{,}56 \cdot 10^{-5}$
$\sum_{j=1}^{8} S_j^2 = 1{,}299 \cdot 10^{-3}$						$\varphi = \sum_{j=1}^{8} (\overline{Y_j} - Y_j^p)^2 = 9{,}283 \cdot 10^{-5}$	

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

В результате статистической обработки результатов эксперимента установлено:

а) все восемь выборочных дисперсий S_j^2 однородны по критерию Кохрена, так как $G_з < G_{n-1;\ N;\ 0,95}$, где

$$G_з = \max S_j^2 \Big/ \sum_{j=1}^{N} S_j^2 = \frac{5,333\cdot 10^{-4}}{1,299\cdot 10^{-3}} = 0,411$$

– экспериментальное значение критерия Кохрена, $G_{2;\ 8;\ 0,95} = G_{n-1;\ N;\ p} = 0,516$ – критическое значение критерия Кохрена при числе степеней свободы $f_{числ} = n-1$, $f_{знам} = N$ и доверительной вероятности $p = 0,95$ [6];

б) так как выборочные дисперсии однородны, то дисперсия воспроизводимости и её число степеней свободы f определяются по следующим уравнениям:

$$S^2_{воспр} = \frac{\sum_{j=1}^{N} S_j^2}{N} = \frac{1,299\cdot 10^{-3}}{8} = 1,624\cdot 10^{-4}$$

$$f = N(n-1) = 8\cdot(3-1) = 16;$$

в) коэффициенты уравнения регрессии, рассчитанные по формулам (4) – (6)

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^{8} \overline{Y}_j}{8} \qquad (4)$$

$$b_r = \frac{\sum_{j=1}^{8} X_{rj}\overline{Y}_j}{8}, \quad r = 1, 2, 3 \qquad (5)$$

$$b_{rs} = \frac{\sum_{\substack{j=1\\ r<s}}^{8} X_{rj}X_{sj}\overline{Y}_j}{8}, \quad r, s = 1, 2, 3 \qquad (6)$$

равны:

$b_0 = 0,7856$; $b_1 = 0,0977$, $b_2 = 0,0602$, $b_3 = 0,0298$,

$b_{12} = 0,0014$, $b_{13} = 0,0019$, $b_{23} = 0,0019$.

г) доверительный интервал всех коэффициентов уравнения регрессии, равен

$$\Delta b = t_{N(n-1);\ p}\cdot\sqrt{\frac{S^2_{воспр}}{n\cdot N}} = 2,120\cdot\sqrt{\frac{1,624\cdot 10^{-4}}{3\cdot 8}} =$$

$$= 5,514\cdot 10^{-3} \approx 6\cdot 10^{-3}$$

поэтому коэффициенты b_0, b_1, b_2, b_3 трехфакторного уравнения регрессии значимы по критерию Стьюдента, так как $\Delta b < b_r (r = 0, 1, 2, 3)$, а коэффициенты b_{12}, b_{13}, b_{23} незначимы, так как $\Delta b > b_{rs}$ $(r, s = 1, 2, 3,\ r < s)$, где $t_{табл} = t_{N(n-1),\ p} = t_{16,\ 0,95} = 2,120$ – табличное значение критерия Стьюдента при числе степеней свободы $f = N(n-1) = 16$ и доверительной вероятности $p = 0,95$ [6];

д) полученное трехфакторное уравнение регрессии адекватно [6], так как $F_з < F_{табл}$, где:

$$S^2_{ад} = \frac{n\varphi}{N-B} = \frac{3\cdot 9,283\cdot 10^{-5}}{8-4} = 6,962\cdot 10^{-5},$$

$$f_{ад} = N - B = 8 - 4 = 4;$$

$$F_з = \frac{S^2_{воспр}}{S^2_{ад}} = \frac{1,624\cdot 10^{-4}}{6,962\cdot 10^{-5}} = 2,333,$$

так как $S^2_{воспр} > S^2_{ад}$;

$$F_{табл} = F_{N(n-1);\ N-B;\ 0,95} = F_{18;\ 4;\ 0,95} = 5,844,$$

где $F_{N(n-1);\ N-B;\ 0,95} = F_{16;\ 4;\ 0,95} = 5,844$ – табличное значение критерия Фишера при числе степеней свободы $f_{числ} = N(n-1) = 16$, $f_{знам} = N - B = 4$ (B – число значимых коэффициентов регрессии $B = 4$) и доверительной вероятности $p = 0,95$;

е) относительная погрешность прогнозирования параметра Y равна:

$$\Delta Y = t_{N(n-1)}\sqrt{\frac{S^2_{воспр}}{nN}\left(1 + X_1^2 + X_2^2 + X_3^2\right)} \qquad (7)$$

ж) с учетом вышеизложенного, уравнение (3) примет следующий вид:

$$Y = 0,786 + 0,098\cdot X_1 + 0,060\cdot X_2 + 0,030\cdot X_3. \qquad (8)$$

Максимальное значение параметра Y достигается при $X_1 = +1$, $X_2 = +1$, $X_3 = +1$ и равно согласно уравнениям (7) – (8) $Y_{max} = 0,974 \pm 0,011$.

з) перевод нормированных значений факторов в натуральные осуществляем по формулам, приведенным в таблице 2. Максимальная эффективность функционирования молниеотвода достигается при $K_з = 1,36$, $K_с = 11,5$, $d_м = 50$ мм.

4. Натурные наблюдения за молниеотводом

Патентный поиск [7–9] позволил сделать выводы, что авторами разработок в области молниезащиты в меньшей степени уделено внимание функции устойчивости молниеотводов при воздействии на них таких внешних природных факторов (устойчивое функционирование молниеотвода) и в большей степени уделено внимание их функциональной (прием тока молнии) и эстетической составляющей. С учетом проведенных результатов исследований по устойчивому функционированию объекта к возникновению пожаров от грозовых разрядов, анализа патентов, возможно разрешить вопрос в проблематике применения не всегда эффективных мер молниезащиты в традиционной молниезащите объектов АПК. Эскизный вариант молниеотвода с повышенными характеристиками устойчивого функционирования, приведен на рисунке 2.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.10

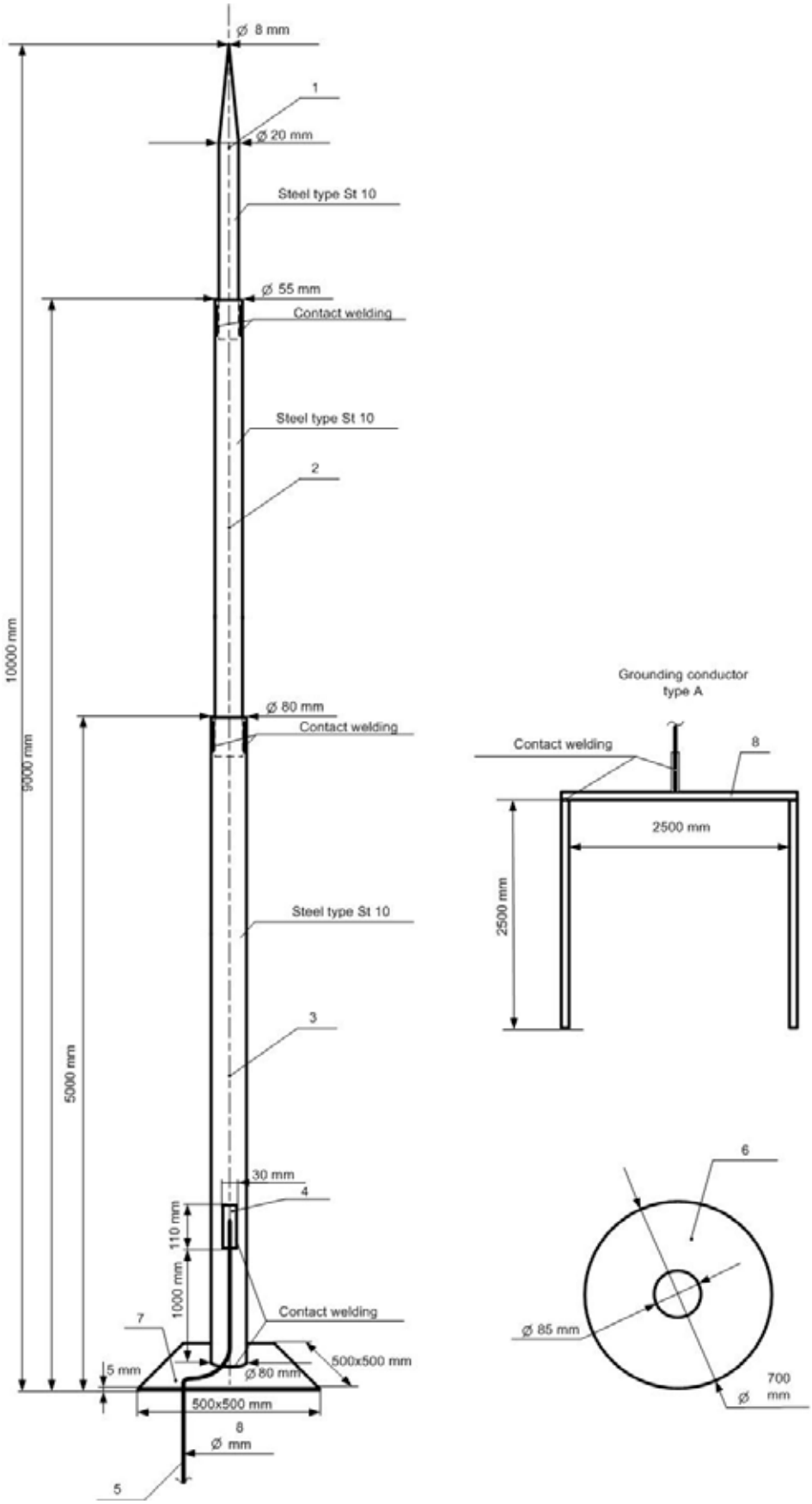


Рис. 2. Молниеотвод с повышенными характеристиками устойчивости функционирования
Fig. 2. A lightning conductor with enhanced resistance level
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Молниеотвод должен быть отдельно стоящим и состоять из следующих элементов: молниеприемник, токоотвод и заземлитель. Высота молниеотвода 10 м. Молниеприемник должен быть изготовлен из стали типа Ст10 или Ст8, оцинкованной стали. Состоит из верхней (1), средней (2) и нижней части (3), расположенной у основания молниеотвода. Диаметр сечения мачты у основания молниеотвода должен составлять не менее 80 мм, у верхушки мачты – не менее 8 мм, в средней части – не менее 55 мм. У основания мачты должно быть предусмотрено место контактного соединения (4), которое располагается на высоте не менее 1 м от нулевой отметки молниеотвода. Контактное соединение представляет собой прямоугольную пластину из стали Ст10 размерами 3×11 см и предназначено для присоединения заземления к мачте через гибкий круглый токопроводник (5) диаметром не менее 8 мм (или из полосовой стали с поперечным сечением не менее 33 мм^2). Способ соединения частей молниеотвода между собой должен осуществляется посредством контактной сварки внахлест. Длина сварного шва между мачтой молниеотвода и контактным соединением должна быть не менее шестикратного диаметра круглых проводов или двойной ширины прямоугольных полос. Площадь контакта (между мачтой и гибким токопроводником) должна быть не менее удвоенной площади сечения токоотвода. С целью обеспечения устойчивости молниеотвод снабжается у основания мачты бетонным грузом (6) диаметром не менее 70 см и весом от 25 до 50 кг. Груз имеет форму неполной окружности. Внутренний диаметр оси груза должен быть на 5 мм (85 мм) сечения больше диаметра сечения основания молниеотвода с целью обеспечения практичного и быстрого крепления груза к мачте молниеотвода.

Для технического освидетельствования устойчивого функционирования молниеотвода потребовались наблюдения за ним: монтаж и получение информации о работоспособном состоянии молниеотвода, принятии своевременных профилактических мер, а так же проверка качества принятой техники монтажа и материалов изделия. В общем случае под термином устойчивого функционирования молниеотвода понималось изменение формы (высоты, длины, сечения, нарушения целостности, наклона) относительно первоначального положения (запроектированных осей или результатов первичных наблюдений). Наблюдения потребовали, в том числе, периодических и внеплановых осмотров, проводились согласно плану-графику исследований, но не реже одного раза неделю. Период наблюдений – грозовой сезон 2014 года.

Для большей наглядности наблюдений составлялись пространственно-временные графики по наклонам и перекосам. Наблюдения за отклонением выполнялись при помощи фотосъемки и инструментального метода (при помощи теодолита).

Для проведения наблюдений была выбрана площадка в Минском районе. Координаты площадки: 53.9955556 широты, 27.68194440000002 долготы. На площадке размещаются солнечные батареи – аккумуляторной солнечной энергии. Площадка расположена в жилой застройке, на равнинной местности.

Рис. 3. Площадка для проведения исследований молниеотвода в д. Боровляны Минского района перед монтажом молниеотвода с повышенными характеристиками устойчивого функционирования
Fig. 3. Place for testing a lightning conductor in the village of Borovlyany in Minsk region prior to installation of a lightning conductor with enhanced resistance level
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.10

Рис. 4. Бурение скважины для монтажа молниеотвода с повышенными характеристиками устойчивого функционирования на площадке для проведения исследований в д. Боровляны Минского района
Fig. 4. Drilling for the installation of a lightning conductor with enhanced resistance level on the testing site in the village of Borovlyany, in Minsk region
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Рис. 5. Уплотнение грунта в месте установки молниеотвода с повышенными характеристиками устойчивого функционирования на площадке для проведения исследований в д. Боровляны Минского района
Fig. 5. Soil compaction in the place of installation of a lightning conductor with enhanced resistance level on the testing site in the village of Borovlyany, Minsk region
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Рис. 6. Смонтированный молниеотвод с повышенными характеристиками устойчивого функционирования на площадке для проведения исследований в д. Боровляны Минского района в период наблюдений
Fig. 6. Mounted lightning conductor with enhanced resistance level on the testing site in the village of Borovlyany in Minsk region when observed
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

В таблице 4 приведены результаты предварительных наблюдений устойчивого функционирования молниеотвода на площадке для проведения исследований в д. Боровляны Минского района за период с июля по август 2014 года.

Таблица 5. Ведомость отметок наклонов и перекосов молниеотвода, размещенного на площадке для проведения исследований в д. Боровляны Минского района за период с июля по август 2014 года
Table 5. The statement of marks of bending and twisting of the lightning conductor, placed on a testing site in the village of Borovlyany in Minsk region for the period from July to August 2014

Date of observation/type			
№ / No. of the measurement	q_x, *mm*	q_y, *mm*	$v_{ср}$, *mm/week*
02.07.2014/primary			
1	7	29,5	$v_{срх} = 0$
	6,1	–0,4	$v_{сру} = 0$
09.07.2014/ systematic			
2	7	29,73	$v_{срх} = 0,09$
	6,19	–0,425	$v_{сру} = 0,025$
16.07.2014/ systematic			
3	7	29,5	$v_{срх} = 0,16$
	6,26	–0,427	$v_{сру} = 0,002$
23.07.2014/ systematic			
4	7	29,5	$v_{срх} = 0,02$
	6,28	–0,429	$v_{сру} = 0,002$
30.07.2014/ systematic			
5	7	29,5	$v_{срх} = 0,02$
	6,3	–0,43	$v_{сру} = 0,001$
06.08.2014/ systematic			
6	7	29,5	$v_{срх} = 0$
	6,3	–0,43	$v_{сру} = 0$

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.10

5. Заключение

1. Результаты проведенных исследований выявили факторы устойчивого функционирования объекта к возникновению пожаров от грозовых разрядов и показали, что максимальная устойчивость объекта к возникновению пожаров от грозовых разрядов достигается, когда здание высотой не более 5 метров относится к группе I – IV по степени огнестойкости и имеет отдельно установленный молниеотвод.
2. Для прогнозирования эффективной работы молниеотвода разработана математическая модель. Установлено, что наилучшая молниезащита (≈ 97 %) обеспечивается, когда молниеотвод имеет площадь сечения 50 мм^2, а значения коэффициентов защиты молниеотвода и сопротивления заземлителя равны 1,36 и 11,5, соответственно.
3. По результатам исследований разработан эскиз и изготовлен молниеотвод с повышенными характеристиками устойчивого функционирования. Проводятся наблюдения за молниеотводом с целью уточнения его функциональной устойчивости.

Литература

[1] IEC 62305-3:2010 *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard.*

[2] IEC 62305-1:2010 *Protection against lightning. – Part 1: General principles.*

[3] Skripko A.N., Misun L.V., Dashkov V.N., A*naliz vliyaniya grozovykh proyavleniy na pozharnuyu opasnost' zhivotnovodcheskikh ferm i kompleksov,* „ Chrezvychaynyye situatsii: preduprezhdeniye i likvidatsiya" Issue 1, 2012, pp. 37–43.

[4] Skripko A.N., Misun L.V. , Leonov A.N., *Issledovaniye zashchity ob"yektov* A*PK ot vozdeystviya grozovykh razryadov*, „Chrezvychaynyye situatsii: preduprezhdeniye i likvidatsiya" Vol. 33 Issue 1, 2013, pp. 70–77.

[5] TKP 45-2.02-142-2011 (02250) *Zdaniya, stroitel'nyye konstruktsii, materialy i izdeliya.*

[6] Leonov A.N., Dechko M.M., Lowkis V.B., *Osnovy nauchnykh issledovaniy i modelirovaniya, BGATU,* Minsk 2010, 276.

[7] Veb-sayt poleznaya model', http://poleznayamodel.ru [accessed: 16.05.2014].

[8] Veb-sayt findpatent.ru, http://www.findpatent.ru [accessed: 16.05.2014].

[9] Veb-sayt freepatent.ru, http://www.freepatent.ru [accessed: 19.05.2014].

[10] Veb-sayt patentdb.su, http://patentdb.su [accessed: 19.05.2014].

[11] Veb-sayt espacentet.com, http://ru.espacenet.com [accessed: 21.05.2014].

* * *

Скрипко Алексей Николаевич, начальник отдела исследований в области предупреждения чрезвычайных ситуаций учреждения „Научно-исследовательский институт пожарной безопасности и проблем чрезвычайных ситуаций" МЧС Республики Беларусь, соискатель степени кандидата технических наук, образование высшее. Автор и соавтор 1-го научного издания, 4-х научно-методических пособий, 2-х патентов на полезные модели, 15-ти публикаций в научных изданиях.

Мисун Леонид Владимирович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой „Безопасность жизнедеятельности" учреждения „Белорусский государственный аграрный технический университет", образование высшее. Автор и соавтор 8-ми монографий, 1-го научного издания, 17-ти учебных и учебно-методических пособий, 28-ти патентов на изобретение, 175-ти публикаций в научных изданиях.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB
Please cite as: BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 125–132

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.11

Грушовинчук А.В. / Grushovinchuk A.V.[1]
проф., доктор техн. наук Ковалышин В.В. / prof. **Kovalyshyn V.V.,** Ph.D.
канд. техн. наук **Кырылив Я.Б. / Kyryliv Ya.B.**, Ph.D.

Przyjęty/Accepted/Принята: 11.12.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 25.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2015;

Обоснование параметров генераторов пены эжекционного типа повышенной огнетушащей эффективности[2]

Identification of Parameters for a Foam Generator with Improved Extinguishing Effectiveness

Określenie parametrów wytwornicy piany typu wyrzutnia o zwiększonej skuteczności gaśniczej

АННОТАЦИЯ

Цель: Целью исследования является перемещение в воздухе наклонных гидравлических струй с помощью построения математической модели процесса взаимодействия струй воздушно-механической пены различной кратности.
Методы: Расчеты будут базироваться на интегрировании уравнений движения материальных точек с учетом сопротивления среды. Для этого описано движение струй, направленных под углом, с помощью уравнений динамики брошенных вверх двух или более абсолютно твердых тел, условно связанных между собой силами. При этом положение тел в пространстве в момент времени t описывается двумя координатами: x = x (t) и y = y (t).
На основе анализа литературных данных установлено, что наиболее адекватной является квадратичная зависимость силы сопротивления струи при его трении к воздуху. Также принято, что зависимость силы взаимодействия между струями от разности скоростей этих струй характеризуется квадратичной зависимостью.
Результаты: Сначала смоделирован процесс транспортировки струи средней кратности двумя струями низкой кратности. Также определена оптимальная конструктивная схема расположения струй. Установлено влияние ветра на траекторию обобщенной струи.
Итак, схема с нижним расположением струй пены низкой кратности является эффективной. Но при использовании 4 таких струй происходит снижение общей кратности пены комбинированной струи, также повышается расход пенообразователя. Поэтому мы провели сравнительные расчеты для вариантов с нижним размещением трех и двух струй пены низкой кратности. Было установлено, что использование трех струй пены низкой кратности вместо четырех приводит к уменьшению дальности полета лишь на 3% (0,7 м), но значительно улучшает общую кратность пены обобщенной струи. Дальнейшее уменьшение числа струй (до двух) приводит к более заметному уменьшению эффективности (5,3%; 1,1 м) и при этом не приводит к улучшению кратности пены обобщенной струи.
Итак, учитывая влияние струй пены низкой кратности на общую кратность пены обобщенной струи, наиболее целесообразной является третья схема расположения с тремя струями – три струи воздушно-механической пены низкой кратности, поддерживают снизу по кругу одну струю пены средней кратности.
Выводы: В данной работе было исследовано взаимодействие струй воздушно-механической пены различной кратности. На основе теоретических и экспериментальных исследований определено оптимальное расположение струй пены, которое позволяет достичь максимального значения дальности подачи пены при минимальных потерях кратности. Результаты данного исследования в дальнейшем будут применены для разработки опытного образца пеногенератора.

Ключевые слова: наклонные гидравлические струи, математическая модель, воздушно-механическая пена, уравнения, оптимальная конструктивная схема, кратность пены, дальность подачи пены

Вид статьи: предварительный отчет

---

[1] Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, Украина / Lviv State University of Life Safety, Ukraine / Процентное участие в создание статьи / Percentage contribution: Grushovinchuk A.V. – 50%, Kovalyshyn V.V. – 25%; Kyryliv Ya.B. – 25%; yaroslav_kyryliv@ukr.net

[2] Artykuł został wyróżniony przez Komitet Redakcyjny / The article was recognised by the Editorial Committee / Эту статью наградил Редакционный Совет

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.11

ABSTRACT

Aim: The purpose of this research is to examine overhead movements of inclined hydraulic streams of foam and with the aid of a mathematical model illustrate the mutual interaction of mechanical foam streams with variations of expanded foam.
Methods: Calculations are based on differential equations for material movement points with due regard to environmental resistance. With this in mind, the movement of inclined foam streams was described by means of dynamic equations for two or more propelled material bodies which are linked by forces. Wherein the overhead location of bodies, in the time interval t, is described by two co-ordinates: x = x(t) and y = y(t).
Based on an analysis of literature, it was established that an adequate mathematical description is provided by a quadratic function of the resistance force generated by the stream to its friction with air. It was also accepted that dependence of interacting forces between streams and their velocity difference will be described by a quadratic function.
Results: Initially a model was identified, which revealed the delivery process of a medium-expansion foam jet with the use of two streams of low-expansion foam. Additionally, a model with an optimal configuration of the stream system was identified and a description provided, dealing with the influence of wind on the trajectory of a combined jet.
The most effective model turned out to be the one where the low-expansion foam stream is located in the lower position. However, with four such streams there is an overall decrease of expanded foam in the resulting jet and an increase in the consumption of foaming agent. For this reason the authors performed comparative calculations for variations with the location of a lesser number of foam streams. This included the use of three and two streams of low-expansion foam. It was found that a link of three streams of low-expansion foam, instead of four, leads to a reduction in the jet range by only 3% (0.7m), but overall, significantly improves the quality of foaming in the combined jet. A further reduction of streams (to two) results in a noticeable decrease to the range of effectiveness (5.3%, 1.1m) and does not improve the quality of foaming in the combined jet. In this way, taking account of the influence of low-expansion foam streams on the overall foaming quality, the most logical approach is to use of the third variant of the combination - three streams of low-expansion foam, supporting at the base,an encircled jet generating middle-expansion foam.
Conclusus: During research, tests were performed on the mutual influence of mechanical foam streams with variations of expanded foam. On the basis of experiments, an optimal location of foam streams was specified, which allows the attainment of maximum results (range) in the distribution of foam with minimal losses. Results from tests may be utilised in the future for the development of an experimental foam generating model.

Keywords: inclined hydraulic stream, mathematical model, mechanical foam, equation, optimal construction scheme, multiple foaming, foam delivery range
Type of article: short scientific report

ABSTRAKT

Cel: Badanie zachodzącego w powietrzu ruchu pochyłych strumieni hydraulicznych piany za pomocą modelu matematycznego oddziaływania wzajemnego strumieni powietrzno-mechanicznej piany o różnej liczbie spienienia.
Metody: Obliczenia będą oparte na rozwiązaniu równań różniczkowych ruchu punktów materialnych z uwzględnieniem oporu środowiska. W tym celu opisano ruch skierowanych pod kątem strumieni piany przy pomocy równań kinematycznych dla wyrzuconych w górę dwóch lub więcej ciał połączonych ze sobą siłami Przy czym położenie ciał w przestrzeni w odstępie czasowym *t* opisywane jest dwoma współrzędnymi x = x (t) oraz y = y (t).
Na podstawie analizy danych literaturowych ustalono, że do opisu matematycznego adekwatna jest funkcja kwadratowa siły oporu strumienia do jego tarcia z powietrzem. Przyjęto również, że zależność wzajemnej siły między strumieniami od różnicy ich prędkości opisana będzie funkcją kwadratową.
Wyniki: Na początku przedstawiono model procesu transportu strumienia o średniej liczbie spienienia poprzez dwa strumienie o niskiej liczbie spienienia. Określono również optymalny model układu strumieni. Opisano wpływ wiatru na trajektorię połączonego strumienia. Najdokładniejszy okazał się model, w którym strumień o niskiej liczbie spienienia znajduje się w dolnej pozycji. Jednak przy czterech takich strumieniach spada całkowita liczba spienienia powstałego strumienia oraz zwiększa się zużycie środka pianotwórczego. Dlatego autorzy przeprowadzili obliczenia porównawcze dla wariantów z dolnym rozlokowaniem trzech i dwóch strumieni piany o niskiej liczbie spienienia. Stwierdzono, że połączenie trzech strumieni piany o niskiej liczbie spienienia zamiast czterech prowadzi do zmniejszenia zasięgu strumienia tylko o 3% (0,7 m), ale za to znacznie poprawia całkowitą liczbę spienienia połączonego strumienia. Dalsze zmniejszenie liczby strumieni (do dwóch) skutkuje zauważalnym zmniejszeniem zasięgu skuteczności (5,3%; 1,1 m) i dodatkowo nie prowadzi do polepszenia spienienia piany w połączonym strumieniu.
W ten sposób, biorąc pod uwagę wpływ strumieni piany o niskiej liczbie spienienia na całkowite spienienie piany połączonego strumienia, najbardziej rozsądne jest zastosowanie trzeciego schematu układu z trzema strumieniami – trzy strumienie powietrzno-mechanicznej piany o niskiej liczbie spieniania podtrzymują od dołu wokół jeden strumień piany o średniej liczbie spienienia.
Wnioski: W niniejszej pracy wykonano badania wzajemnego wpływu strumieni powietrzno-mechanicznych piany o różnych liczbach spienienia. Na podstawie badań teoretycznych i eksperymentalnych określono optymalne rozlokowanie strumieni piany, które pozwalają osiągnąć maksymalny wynik (zasięg) rzutu piany przy minimalnych stratach spienienia. Wyniki przeprowadzonych prac mogą zostać użyte w przyszłości do opracowania eksperymentalnego modelu wytwornicy piany.

Słowa kluczowe: pochyłe strumienie hydrauliczne, model matematyczny, powietrzno-mechaniczna piana, równania, optymalny schemat konstrukcyjny, liczba spienienia, zasięg rzutu piany
Typ artykułu: doniesienie wstępne

1. Введение

Анализ тактико-технических возможностей, конструктивных решений и параметров таких пеногенераторов, находящихся на вооружении ГСЧС Украины, свидетельствует об ограниченности сочетания дальности и высоты подачи пены с ее высокой кратностью [1]. Высокая кратность пены обеспечивает не только высокую эффективность тушения пожара, но и малую дальность и высоту подачи струи пены, является результатом очень малой удельной массы и низкой начальной скорости, а следовательно – низкого значения кинетической энергии струи. Малая длина струи пены (6–8 м) требует приближения пожарного к огню, что является не всегда возможным, и всегда – опасно. Снижение кратности пены приводит к увеличению длины струи, но также и к уменьшению эффективности тушения пожара. Учитывая проблему транспортировки пены высокой кратности (К > 200) к месту пожара и высокой вероятности разрушения автоматических установок пожаротушения, легковоспламеняющиеся и горючие жидкости наиболее эффективно тушат воздушно-механической пеной средней кратности (К = 80 – 100) или используют пленкообразующие пенообразователи на основе фторированных и других поверхностно-активных жидкостей, способных образовывать пленку, которая характеризуется способностью к самовосстановлению после механического разрушения. Оптимальная кратность пен, образованная из таких пенообразователей значительно ниже, а соответственно и дальность струи – выше [1, 2, 3]. Однако широкое использование таких пенообразователей ограничено их высокой стоимостью.

Устранение этих и других недостатков существующих генераторов пены невозможно без обоснования параметров и реализации новых конструктивных решений, которыми ведется применение комбинированного принципа транспортировки пены, что может объединять преимущества конструкций генераторов пены низкой и средней кратности. Соответственно, одним из путей повышения эффективности пожаротушения легковоспламеняющихся и горючих жидкостей и проведения пожарно-спасательных работ является разработка и внедрение установок пеногенераторов, где параллельные струи пены низкой кратности выполняют функцию транспортировки струи средней кратности в зону горения [4, 5].

2. Методы

С целью исследования процесса перемещения в воздухе наклонных гидравлических струй построим математическую модель процесса взаимодействия струй воздушно-механической пены различной кратности. Расчеты будут базироваться на интегрировании уравнений движения материальных точек с учетом сопротивления среды. При взаимодействии одной струи воздушно-механической пены (в дальнейшем просто пены) средней кратности (80–100) и нескольких (четырех) струй пены низкой (8–10) кратности следует также учесть силы, возникающие в результате взаимодействия струй между собой.

С этой целью опишем движение струй, направленных под углом, с помощью уравнений динамики брошенных вверх двух или более абсолютно твердых тел, условно связанных между собой силами. При этом положение тел в пространстве в момент времени t описывается двумя координатами: x = x (t) и y = y (t) [4].

На основе анализа литературных данных, приходим к выводу, что наиболее адекватной является квадратичная зависимость силы сопротивления струи при ее трении о воздух. Принимаем коэффициент сопротивления [6]:

$$\alpha = \frac{0{,}316}{\rho D} \tag{1}$$

Также примем, что зависимость силы взаимодействия между струями от разности скоростей этих струй характеризуется квадратичной зависимостью.

Сначала смоделируем процесс транспортировки струи средней кратности двумя струями низкой кратности. Получим систему из шести нелинейных дифференциальных уравнений

$$\begin{aligned}
&\ddot{x}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{x}_0 \cdot \left(\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2\right)^{1/2} + \beta \cdot \left(\dot{x}_0 - \dot{x}_1\right) \cdot \left(\left(\dot{x}_0 - \dot{x}_1\right)^2 + \left(\dot{y}_0 - \dot{y}_1\right)^2\right)^{1/2} \\
&+ \beta \cdot \left(\dot{x}_0 - \dot{x}_2\right) \cdot \left(\left(\dot{x}_0 - \dot{x}_2\right)^2 + \left(\dot{y}_0 - \dot{y}_2\right)^2\right)^{1/2} = 0 \\
&\ddot{y}_0 + \alpha_0 \cdot \dot{y}_0 \cdot \left(\dot{x}_0^2 + \dot{y}_0^2\right)^{1/2} + \beta \cdot \left(\dot{y}_0 - \dot{y}_1\right) \cdot \left(\left(\dot{x}_0 - \dot{x}_1\right)^2 + \left(\dot{y}_0 - \dot{y}_1\right)^2\right)^{1/2} \\
&+ \beta \cdot \left(\dot{y}_0 - \dot{y}_2\right) \cdot \left(\left(\dot{x}_0 - \dot{x}_2\right)^2 + \left(\dot{y}_0 - \dot{y}_2\right)^2\right)^{1/2} = -g \\
&\ddot{x}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{x}_1 \cdot \left(\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2\right)^{1/2} + \beta \cdot \left(\dot{x}_0 - \dot{x}_1\right) \cdot \left(\left(\dot{x}_0 - \dot{x}_1\right)^2 + \left(\dot{y}_0 - \dot{y}_1\right)^2\right)^{1/2} = 0 \\
&\ddot{y}_1 + \alpha_1 \cdot \dot{y}_1 \cdot \left(\dot{x}_1^2 + \dot{y}_1^2\right)^{1/2} + \beta \cdot \left(\dot{y}_0 - \dot{y}_1\right) \cdot \left(\left(\dot{x}_0 - \dot{x}_1\right)^2 + \left(\dot{y}_0 - \dot{y}_1\right)^2\right)^{1/2} = -g \\
&\ddot{x}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{x}_2 \cdot \left(\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2\right)^{1/2} + \beta \cdot \left(\dot{x}_0 - \dot{x}_2\right) \cdot \left(\left(\dot{x}_0 - \dot{x}_2\right)^2 + \left(\dot{y}_0 - \dot{y}_2\right)^2\right)^{1/2} = 0 \\
&\ddot{y}_2 + \alpha_2 \cdot \dot{y}_2 \cdot \left(\dot{x}_2^2 + \dot{y}_2^2\right)^{1/2} + \beta \cdot \left(\dot{y}_0 - \dot{y}_2\right) \cdot \left(\left(\dot{x}_0 - \dot{x}_2\right)^2 + \left(\dot{y}_0 - \dot{y}_2\right)^2\right)^{1/2} = -g
\end{aligned} \tag{2}$$

с начальными условиями:

$$\begin{aligned}
&x_0(0) = 0; \quad y_0(0) = a; \quad \dot{x}_0(0) = v_{00}\cos\Theta_1; \quad \dot{y}_0 = v_{00}\sin\Theta_1 \\
&x_1(0) = 0; \quad y_1(0) = b; \quad \dot{x}_1(0) = v_{01}\cos\Theta_1; \quad \dot{y}_1 = v_{01}\sin\Theta_1; \\
&x_2(0) = 0; \quad y_2(0) = c; \quad \dot{x}_2(0) = v_{02}\cos\Theta_2; \quad \dot{y}_2 = v_{02}\sin\Theta_2;
\end{aligned} \tag{3}$$

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.11

Здесь, как и ранее, v_0 – скорость истечения струи из ствола; Θ – угол наклона оси ствола к горизонту; α – коэффициент взаимодействия струи с атмосферой; β – коэффициент взаимодействия струй между собой. Индексом «0» обозначим струю пены средней кратности, а индексами «1, 2» – струи пены низкой кратности. Константы *a; b; c* определяются в соответствии со схемами расположения стволов низкой кратности «1, 2, … *n*» относительно ствола средней кратности «0».

Также запишем условие, при котором будет происходить взаимодействие между струями:

$$Если \left|y_1 - y_0\right| > Y_1 \; то \; \beta = 0$$

$$Если \left|y_1 - y_0\right| \le Y_1 \; то \; \beta \ne 0 \qquad (4)$$

где Y_1 – значение вертикального расстояния между струями и определяется из схемы расположения струй. Такое условие следует записывать для каждой струи низкой кратности.

Постоянные величины, входящие в формулы математической модели представим в таблице 1.

Таблица 1. Постоянные величины, входящие в формулы математической модели
Table 1. Constants included in the formula of the mathematical model

Струя с индексом «0»: воздушно-механическая пена средней кратности К = 100; диаметр струи D_0 = 315 мм (пеногенератор ГПС-600); удельная плотность пены ρ_0 = 10 кг/м^3; динамическая вязкость пены μ_0 = 0,182 Па·с. **Stream with the index "0":** air-mechanical foam medium ratio K = 100; stream diameter D_0 = 315 mm (foam generator GPS-600); specific density foam ρ_0 = 10 kg/m^3; the dynamic viscosity of the foam μ_0 = 0.182 Pa·s.	**Струи с индексом «1; 2;…n»:** воздушно-механическая пена низкой кратности К = 10; диаметр струи D_1 = 42 мм (ствол СВП-2); удельная плотность пены ρ_1 = 100 кг/м^3; динамическая вязкость пены μ_1=0,0135 Па·с; **Stream with the index "1; 2; ... n":** air and mechanical foam of low multiplicity K = 10; stream diameter D_1 = 42 mm (trunk SAP-2); the specific density of the foam ρ_1 = 100 kg/m^3; the dynamic viscosity of the foam μ_1 = 0.0135 Pa·s.

Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Коэффициенты сопротивления струй при их взаимодействии с воздухом составят:
$\alpha_1 = 0{,}316/(10 \cdot 0{,}3) = 0{,}1053$ м$^{-1}$; $\alpha_0 = 0{,}316/(100 \cdot 0{,}042) = 0{,}0752$ м$^{-1}$; $\Theta_1 = \Theta_2 = 30^o$. $v_{00} = 12{,}45$ м/с; $v_{01} = 35{,}33$ м/с (ориентировочные значения для ствола СВП-2 и пеногенератора ГПС-600).

3. Результаты

Для определения величины коэффициента β от величины относительной скорости струй были проведены предварительные экспериментальные и теоретические исследования на экспериментальной установке, которая состояла из двух воздушно-пенных стандартных стволов СПП-2 и одного стандартного пеногенератора ГПС-600 соединенных между собой. Результаты экспериментальных исследований при различных условиях (p = 5, 7, 10 ат. и Θ = 30°; 45°) были сравнены с результатами решения системы дифференциальных уравнений (2) (после подстановки соответствующих значений) методом Рунге-Кутта в программной среде MATLAB.

Таблица 2. Теоретические исследования дальности полета струй при Θ = 30°
Table 2. Theoretical studies of the flight range of streams at Θ = 30°

v_{00}; (м/с)	10,53	12,45	14,88
v_{01}; (м/с)	29,84	35,33	42,2
L_0; (м)	13,67	15,59	17,68
L_1; (м)	13,82	15,77	17,90
L_1-L_0; (м)	0,15	0,18	0,22
$(L_1+L_0)/2$; (м)	13,75	15,68	17,79
Експер. L (м)	14,10	16,20	18,5
δ, (%)	2,48	3,21	3,84
$\delta_{сер}$, (%)	3,18		

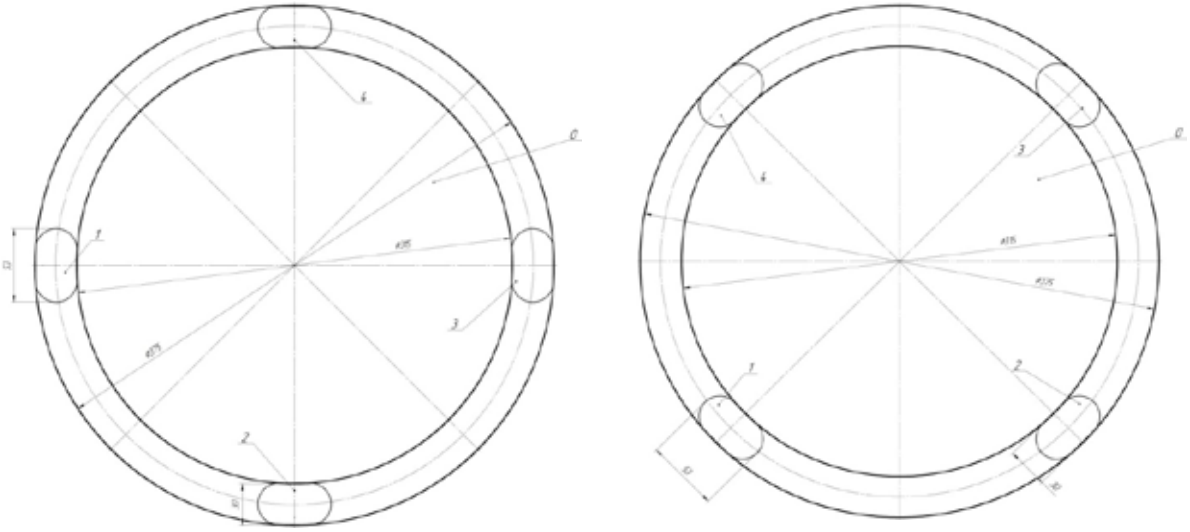
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Полученные результаты (среднее значение погрешности составляет 3,18%) доказывают, что теоретические исследования процесса транспортировки струи воздушно-механической пены средней кратности струей (струями) такой же пены низкой кратности следует проводить по системе нелинейных дифференциальных уравнений (2) с начальными условиями (3) и условиями существования фазы взаимодействия между струями (3). Коэффициент α, характеризующий взаимодействие струй с воздухом, следует определять по формуле (1). При этом β = 64.

Определим оптимальную конструктивную схему расположения струй. Аналогично (2) составляем уравнения для одной центральной струи пены средней кратности и четырех струй пены низкой кратности, взаимодействующих с центральной:

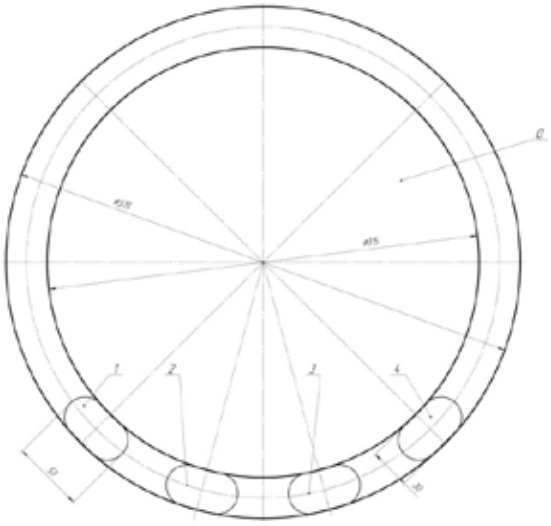
$$
\begin{aligned}
&\ddot{x}_0+\alpha_0\cdot\dot{x}_0\cdot\left(\dot{x}_0^2+\dot{y}_0^2\right)^{1/2}+\beta_1\cdot\left(\dot{x}_0-\dot{x}_1\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_1\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_1\right)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_2\cdot\left(\dot{x}_0-\dot{x}_2\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_2\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_2\right)^2\right)^{1/2}+\beta_3\cdot\left(\dot{x}_0-\dot{x}_3\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_3\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_3\right)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_4\cdot\left(\dot{x}_0-\dot{x}_4\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_4\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_4\right)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_0+\alpha_0\cdot\dot{y}_0\cdot\left(\dot{x}_0^2+\dot{y}_0^2\right)^{1/2}+\beta_1\cdot\left(\dot{y}_0-\dot{y}_1\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_1\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_1\right)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_2\cdot\left(\dot{y}_0-\dot{y}_2\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_2\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_2\right)^2\right)^{1/2}+\beta_3\cdot\left(\dot{y}_0-\dot{y}_3\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_3\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_3\right)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_4\cdot\left(\dot{y}_0-\dot{y}_4\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_4\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_4\right)^2\right)^{1/2}=-g\\
&\ddot{x}_1+\alpha_1\cdot\dot{x}_1\cdot\left(\dot{x}_1^2+\dot{y}_1^2\right)^{1/2}-\beta_1\cdot\left(\dot{x}_0-\dot{x}_1\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_1\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_1\right)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_1+\alpha_1\cdot\dot{y}_1\cdot\left(\dot{x}_1^2+\dot{y}_1^2\right)^{1/2}-\beta_1\cdot\left(\dot{y}_0-\dot{y}_1\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_1\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_1\right)^2\right)^{1/2}=-g\\
&\ddot{x}_2+\alpha_2\cdot\dot{x}_2\cdot\left(\dot{x}_2^2+\dot{y}_2^2\right)^{1/2}-\beta_2\cdot\left(\dot{x}_0-\dot{x}_2\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_2\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_2\right)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_2+\alpha_2\cdot\dot{y}_2\cdot\left(\dot{x}_2^2+\dot{y}_2^2\right)^{1/2}-\beta_2\cdot\left(\dot{y}_0-\dot{y}_2\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_2\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_2\right)^2\right)^{1/2}=-g\\
&\ddot{x}_3+\alpha_3\cdot\dot{x}_3\cdot\left(\dot{x}_3^2+\dot{y}_3^2\right)^{1/2}-\beta_3\cdot\left(\dot{x}_0-\dot{x}_3\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_3\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_3\right)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_3+\alpha_3\cdot\dot{y}_3\cdot\left(\dot{x}_3^2+\dot{y}_3^2\right)^{1/2}-\beta_3\cdot\left(\dot{y}_0-\dot{y}_3\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_3\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_3\right)^2\right)^{1/2}=-g\\
&\ddot{x}_4+\alpha_4\cdot\dot{x}_4\cdot\left(\dot{x}_4^2+\dot{y}_4^2\right)^{1/2}-\beta_4\cdot\left(\dot{x}_0-\dot{x}_4\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_4\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_4\right)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_4+\alpha_4\cdot\dot{y}_4\cdot\left(\dot{x}_4^2+\dot{y}_4^2\right)^{1/2}-\beta_4\cdot\left(\dot{y}_0-\dot{y}_4\right)\cdot\left(\left(\dot{x}_0-\dot{x}_4\right)^2+\left(\dot{y}_0-\dot{y}_4\right)^2\right)^{1/2}=-g
\end{aligned}
\tag{5}
$$

Выбираем три различных варианта расположения струй (рис. 1):



а) / a) *б) / b)*

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.11



в) / c)

Рис. 1. Варианты конструктивных схем размещения струй:
а) – поддерживающие струи размещены через каждые 90°; *б)* – поддерживающие струи размещены через каждые 90° со смещением 45°; *в)* – поддерживающие струи размещены снизу, где 0 – нулевая струя пены средней кратности; 1, 2, 3, 4 – поддерживающие струи пены низкой кратности.
Fig. 1. Variants of streams location:
a) – supporting streams placed every 90°; *b)* – supporting streams placed every 90° offset 45°; *c)* – supporting the streams placed below, where 0 – zero stream medium expansion foam; 1, 2, 3, 4 – supporting streams of low expansion foam.
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

На основе решения системы уравнений был проведен анализ траекторий перемещения струй, режимов совместного движения струй, процессов выравнивания скоростей. Установлено, что наиболее эффективной с точки зрения дальности полета есть третья схема (рис. 2), а эффективность двух предыдущих схем практически одинаковой.

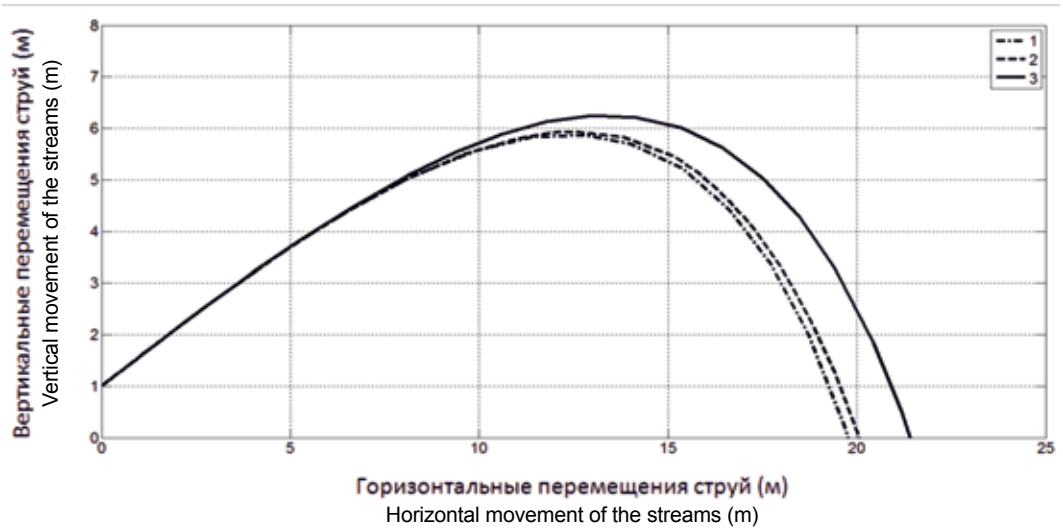


Рис. 2. Траектории перемещений струй пены средней кратности:
1 – использование конструктивной схемы *а* (рис. 1); 2 – использование конструктивной схемы *б* (рис. 1); 3 – использование конструктивной схемы *в* (рис. 1).
Fig. 2. The path of the medium expansion foam stream:
1 – constructive scheme (*a*) (Fig. 1); 2 – constructive scheme (*b*) (Fig. 1); 3 – constructive scheme (*c*) (Fig. 1).
Источник: Собственная разработка.
Source: Own elaboration.

Необходимо также исследовать влияние ветра на траекторию обобщенной струи. При встречном ветре в систему уравнений (5) введем скорость ветра V в горизонтальную составляющую скорости струй и получим систему уравнений (6)

$$
\begin{aligned}
&\ddot{x}_0+\alpha_0\cdot(\dot{x}_0+k\cdot V)\cdot\left((\dot{x}_0+k\cdot V)^2+\dot{y}_0^2\right)^{1/2}+\beta_1\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_1)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_1)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_1)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_2\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_2)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_2)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_2)^2\right)^{1/2}+\beta_3\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_3)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_3)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_3)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_4\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_4)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_4)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_4)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_0+\alpha_0\cdot\dot{y}_0\cdot\left((\dot{x}_0+k\cdot V)^2+\dot{y}_0^2\right)^{1/2}+\beta_1\cdot(\dot{y}_0-\dot{y}_1)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_1)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_1)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_2\cdot(\dot{y}_0-\dot{y}_2)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_2)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_2)^2\right)^{1/2}+\beta_3\cdot(\dot{y}_0-\dot{y}_3)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_3)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_3)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_4\cdot(\dot{y}_0-\dot{y}_4)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_4)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_4)^2\right)^{1/2}=-g\\
&\ddot{x}_1+\alpha_1\cdot(\dot{x}_1+k\cdot V)\cdot\left((\dot{x}_1+k\cdot V)^2+\dot{y}_1^2\right)^{1/2}-\beta_1\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_1)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_1)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_1)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_1+\alpha_1\cdot\dot{y}_1\cdot\left((\dot{x}_1+k\cdot V)^2+\dot{y}_1^2\right)^{1/2}-\beta_1\cdot(\dot{y}_0-\dot{y}_1)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_1)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_1)^2\right)^{1/2}=-g\\
&\ddot{x}_2+\alpha_2\cdot(\dot{x}_2+k\cdot V)\cdot\left((\dot{x}_2+k\cdot V)^2+\dot{y}_2^2\right)^{1/2}-\beta_2\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_2)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_2)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_2)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_2+\alpha_2\cdot\dot{y}_2\cdot\left((\dot{x}_2+k\cdot V)^2+\dot{y}_2^2\right)^{1/2}-\beta_2\cdot(\dot{y}_0-\dot{y}_2)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_2)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_2)^2\right)^{1/2}=-g\\
&\ddot{x}_3+\alpha_3\cdot(\dot{x}_3+k\cdot V)\cdot\left((\dot{x}_3+k\cdot V)^2+\dot{y}_3^2\right)^{1/2}-\beta_3\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_3)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_3)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_3)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_3+\alpha_3\cdot\dot{y}_3\cdot\left((\dot{x}_3+k\cdot V)^2+\dot{y}_3^2\right)^{1/2}-\beta_3\cdot(\dot{y}_0-\dot{y}_3)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_3)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_3)^2\right)^{1/2}=-g\\
&\ddot{x}_4+\alpha_4\cdot(\dot{x}_4+k\cdot V)\cdot\left((\dot{x}_4+k\cdot V)^2+\dot{y}_4^2\right)^{1/2}-\beta_4\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_4)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_4)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_4)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_4+\alpha_4\cdot\dot{y}_4\cdot\left((\dot{x}_4+k\cdot V)^2+\dot{y}_4^2\right)^{1/2}-\beta_4\cdot(\dot{y}_0-\dot{y}_4)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_4)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_4)^2\right)^{1/2}=-g
\end{aligned}
\tag{6}
$$

Решив эту систему для каждого из 3 вариантов размещения струй, получим перемещения и скорости струй при воздействии встречного ветра. Можно сделать вывод, что ветер скоростью 5 м/с является серьезной преградой для пенных струй, однако дальность полета 12 м при 3 варианте все же указывает на возможность эффективного использования установки для тушения пожаров в условиях встречного ветра. Конструктивные схемы 1 и 2 имеют меньшую устойчивость к встречному ветру, а схема 2 (две струи внизу центральной) является эффективнее схемы 1 (одна струя) – 11,5 м и 11 м соответственно.

Для учета действия бокового ветра в систему уравнений 2.13 следует ввести еще одну координату – координату Z, что приведет к росту количества уравнений, а ветер V теперь будет действовать именно по этой координате. Выполнив эти преобразования получим систему дифференциальных уравнений 7.

$$
\begin{aligned}
&\ddot{x}_0+\alpha_0\cdot\dot{x}_0\cdot\left(\dot{x}_0^2+\dot{y}_0^2+(\dot{z}_0+k\cdot V)^2\right)^{1/2}+\beta_1\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_1)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_1)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_1)^2+(z_0-z_1)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_2\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_2)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_2)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_2)^2+(z_0-z_2)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_3\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_3)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_3)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_3)^2+(z_0-z_3)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_4\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_4)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_4)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_4)^2+(z_0-z_4)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_0+\alpha_0\cdot\dot{y}_0\cdot\left(\dot{x}_0^2+\dot{y}_0^2+(\dot{z}_0+k\cdot V)^2\right)^{1/2}+\beta_1\cdot(\dot{y}_0-\dot{y}_1)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_1)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_1)^2+(z_0-z_1)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_2\cdot(\dot{y}_0-\dot{y}_2)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_2)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_2)^2+(z_0-z_1)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_3\cdot(\dot{y}_0-\dot{y}_3)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_3)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_3)^2+(z_0-z_1)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_4\cdot(\dot{y}_0-\dot{y}_4)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_4)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_4)^2+(z_0-z_1)^2\right)^{1/2}=-g\\
&\ddot{z}_0+\alpha_0\cdot(\dot{z}_0+k\cdot V)\cdot\left(\dot{x}_0^2+\dot{y}_0^2+(\dot{z}_0+k\cdot V)^2\right)^{1/2}+\beta_1\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_1)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_1)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_1)^2+(z_0-z_1)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_2\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_2)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_2)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_2)^2+(z_0-z_2)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_3\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_3)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_3)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_3)^2+(z_0-z_3)^2\right)^{1/2}+\\
&+\beta_4\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_4)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_4)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_4)^2+(z_0-z_4)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{x}_1+\alpha_1\cdot\dot{x}_1\cdot\left(x_1^2+\dot{y}_1^2+(\dot{z}_1+k\cdot V)^2\right)^{1/2}-\beta_1\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_1)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_1)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_1)^2+(z_0-z_1)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_1+\alpha_1\cdot\dot{y}_1\cdot\left(x_1^2+\dot{y}_1^2+(\dot{z}_1+k\cdot V)^2\right)^{1/2}-\beta_1\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_1)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_1)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_1)^2+(z_0-z_1)^2\right)^{1/2}=-g\\
&\ddot{z}_1+\alpha_1\cdot\dot{z}_1\cdot\left(x_1^2+\dot{y}_1^2+(\dot{z}_1+k\cdot V)^2\right)^{1/2}-\beta_1\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_1)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_1)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_1)^2+(z_0-z_1)^2\right)^{1/2}=0
\end{aligned}
$$

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.11

$$
\begin{aligned}
&\ddot{x}_2+\alpha_2\cdot\dot{x}_2\cdot\left(x_2^2+\dot{y}_2^2+(\dot{z}_2+k\cdot V)^2\right)^{1/2}-\beta_2\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_2)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_2)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_2)^2+(z_0-z_2)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_2+\alpha_2\cdot\dot{y}_2\cdot\left(x_2^2+\dot{y}_2^2+(\dot{z}_2+k\cdot V)^2\right)^{1/2}-\beta_2\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_2)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_2)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_2)^2+(z_0-z_2)^2\right)^{1/2}=-g\\
&\ddot{z}_2+\alpha_2\cdot(\dot{z}_2+k\cdot V)\cdot\left(x_2^2+\dot{y}_2^2+(\dot{z}_2+k\cdot V)^2\right)^{1/2}-\beta_2\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_2)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_2)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_2)^2+(z_0-z_2)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{x}_3+\alpha_3\cdot\dot{x}_3\cdot\left(x_3^2+\dot{y}_3^2+(\dot{z}_3+k\cdot V)^2\right)^{1/2}-\beta_3\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_3)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_3)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_3)^2+(z_0-z_3)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_3+\alpha_3\cdot\dot{y}_3\cdot\left(x_3^2+\dot{y}_3^2+(\dot{z}_3+k\cdot V)^2\right)^{1/2}-\beta_3\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_3)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_3)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_3)^2+(z_0-z_3)^2\right)^{1/2}=-g\\
&\ddot{z}_3+\alpha_3\cdot(\dot{z}_3+k\cdot V)\cdot\left(x_3^2+\dot{y}_3^2+(\dot{z}_3+k\cdot V)^2\right)^{1/2}-\beta_3\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_3)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_3)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_3)^2+(z_0-z_3)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{x}_4+\alpha_4\cdot\dot{x}_4\cdot\left(x_4^2+\dot{y}_4^2+(\dot{z}_4+k\cdot V)^2\right)^{1/2}-\beta_4\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_4)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_4)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_4)^2+(z_0-z_4)^2\right)^{1/2}=0\\
&\ddot{y}_4+\alpha_4\cdot\dot{y}_4\cdot\left(x_4^2+\dot{y}_4^2+(\dot{z}_4+k\cdot V)^2\right)^{1/2}-\beta_4\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_4)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_4)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_4)^2+(z_0-z_4)^2\right)^{1/2}=-g\\
&\ddot{z}_4+\alpha_4\cdot(\dot{z}_4+k\cdot V)\cdot\left(x_4^2+\dot{y}_4^2+(\dot{z}_4+k\cdot V)^2\right)^{1/2}-\beta_4\cdot(\dot{x}_0-\dot{x}_4)\cdot\left((\dot{x}_0-\dot{x}_4)^2+(\dot{y}_0-\dot{y}_4)^2+(z_0-z_4)^2\right)^{1/2}=0
\end{aligned}
\tag{7}
$$

Как и в предыдущем случае, решениями системы уравнений 7 при начальных условиях будут перемещения и скорости струй при воздействии бокового ветра в координатах X-Y-Z. Можно сделать вывод, что боковой ветер со скоростью 5 м/с сносит струи в сторону (по Z) на величину около 7 м при всех трех вариантах размещения струй. Немного дальше сносит струю пены средней кратности, а струи пены низкой кратности сносятся немного меньше, что вполне закономерно.

Итак, схема с нижним расположением струй пены низкой кратности является эффективной. Но при использовании 4 таких струй происходит снижение общей кратности пены комбинированной струи, также повышается расход пенообразователя. Поэтому мы провели сравнительные расчеты для вариантов с нижним размещением трех и двух струй пены низкой кратности. Было установлено, что использование трех струй пены низкой кратности вместо четырех приводит к уменьшению дальности полета лишь на 3% (0,7 м), но значительно улучшает общую кратность пены обобщенной струи. Дальнейшее уменьшение числа струй (до двух) приводит к более заметному уменьшению эффективности (5,3%; 1,1 м) и при этом не приводит к улучшению кратности пены обобщенной струи.

Итак, учитывая влияние струй пены низкой кратности на общую кратность пены обобщенной струи, наиболее целесообразной является третья схема расположения с тремя струями – три струи воздушно-механической пены низкой кратности, поддерживают снизу по кругу одну струю пены средней кратности.

4. Выводы

В данной работе было исследовано взаимодействие струй воздушно-механической пены различной кратности. На основе теоретических и экспериментальных исследований определено оптимальное расположение струй пены, которое позволяет достичь максимального значения дальности подачи пены при минимальных потерях кратности. Результаты данного исследования в дальнейшем будут применены для разработки опытного образца пеногенератора.

Литература

[1] Kovalyshyn V.V., Vasyl'yeva O.E., Kozyar N.M., Pinne gasinnya, *Navch. Posibnyk*, L'viv: LDU BGD 2007, 168.

[2] DSTU 3789-89: *Pinoutvoryuvachi zagal'nogo pryznachennya dlya gasinnya pozhezh. Zagal'ni tekhinichni vymogy i metody vyprobuvan'*.

[3] DSTU 2802-94: *Stvoly pozhezhni lafetni kombinovani*.

[4] Lushch V.I., *Pidvyshchennya efektyvnosti gasinnya pozhezh legkozaymystykh ta goryuchykh rechovyn kombinovanymy pinnymy strumenyamy: Avtoref. dys. … kand. tekhn. nauk. – L.*, 2007, 20.

[5] Kovalyshyn V.V., Ulynets' E.M., Grushovinchuk O.V., Kavets'kyy V.V., *Doslidzhennya zalezhnosti kratnosti povitryano-mekhanichnoi piny vid geometrychnykh parametriv pinogeneratora*, „Naukovyi visnyk UkrNDIPB" Vol. 24 Issue 2, 2011, pp. 74–79.

[6] Ol'shanskiy V.P., Khalipa V.M., Dubovik O.A., *Priblizhennye metody rascheta gidravlicheskikh pozharnykh struy*, Khar'kov: Mitets' 2004, 113.

* * *

Грушовинчук Александр Владимирович, адъюнкт, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности.

Ковалышин Василий Васильевич, профессор кафедры, доктор технических наук, профессор, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности.

Кырылив Ярослав Богданович, ведущий научный сотрудник, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности.

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB
Please cite as: BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 133–140

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.12

dr n. med. **Sławomir Pilip**[1]
mgr **Anita Wójcik**[1]
dr n. med. **Grzegorz Michalak**[1]
dr n. med. **Robert Gałązkowski**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 02.10.2014;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 19.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2015;

Wiedza w zakresie resuscytacji krążeniowo-oddechowej u osób zatrudnionych w wybranych jednostkach współpracujących z systemem państwowego ratownictwa medycznego[2]

Knowledge of Cardiopulmonary Resuscitation Among People Employed in Selected Units Cooperating with the National Emergency Medical Services

Знания в области сердечно-лёгочной реанимации персонала, работающего в выбранных подразделениях, сотрудничающих с системой государственной неотложной медицинской помощи

A B S T R A K T

Cel: Oceniano poziom wiedzy strażaków Państwowej (PSP) i Ochotniczej Straży Pożarnej (OSP), policjantów oraz ratowników Wodnego Ochotniczego Pogotowia Ratunkowego (WOPR) w zakresie prowadzenia resuscytacji krążeniowo-oddechowej.
Projekt i metody: Rozdano łącznie 165 kwestionariuszy ankiety zawierającej pytania ogólne dotyczące miejsca i stażu pracy, płci, wieku, wykształcenia ankietowanych i odbytych szkoleń oraz 17 pytań na temat resuscytacji krążeniowo-oddechowej. Pytania dotyczyły przede wszystkim rozpoznania nagłego zatrzymania krążenia oraz znajomości procedur BLS, m.in. sposobu udrożnienia dróg oddechowych, techniki uciskania klatki piersiowej, zastosowania automatycznego defibrylatora zewnętrznego oraz sposobu postępowania z pacjentem nieprzytomnym.
Wyniki: Dla ratowników WOPR, strażaków PSP i OSP oraz policjantów odsetek prawidłowych odpowiedzi wynosił odpowiednio 79%, 59%, 46% i 52%. Największy odsetek prawidłowych odpowiedzi obserwowano w grupie wiekowej 18–30 lat – 72% oraz pośród respondentów ze stażem pracy poniżej 5 lat – 76%. Nagłe zatrzymanie krążenia prawidłowo potrafiło rozpoznać (odpowiedź w ankiecie – pacjent nieprzytomny, bez oznak krążenia) ponad 80% ratowników WOPR i strażaków PSP oraz 57% strażaków OSP i 53% policjantów. Odsetek prawidłowych odpowiedzi na pytania dotyczące sposobu udrożnienia dróg oddechowych (odpowiedź – odchylenie głowy do tyłu i uniesienie żuchwy), miejsca ułożenia rąk na klatce piersiowej podczas BLS osoby dorosłej (odpowiedź – środek klatki piersiowej), wymaganej częstości uciśnięć (odpowiedź 100–120/minutę) oraz stosunku uciśnięć do wentylacji (odpowiedź – 30:2) wynosił odpowiednio dla WOPR – 80%, 74%, 80% i 86%, PSP – 92%, 50%, 55% i 70%, OSP – 57%, 27%, 33% i 65%, policji – 71%, 20%, 17% i 60%. Większość badanych (WOPR – 89%, OSP – 73%, PSP – 68%, policja – 57%) twierdzi prawidłowo, że automatyczna zewnętrzna defibrylacja polega na zastosowaniu impulsu elektrycznego w celu przywrócenia prawidłowej pracy serca. W przypadku pacjenta nieprzytomnego z zachowanym oddechem prawidłowe postępowanie (odpowiedź – ułożenie w pozycji bezpiecznej) zastosowaliby wszyscy ratownicy WOPR, 65% strażaków OSP, 60% policjantów oraz 35% strażaków PSP.
Wnioski: Poziom wiedzy badanych należy ocenić jako niewystarczający, a system szkoleń, w których uczestniczyli, jako mało efektywny w zakresie wiedzy teoretycznej dotyczącej problematyki resuscytacji krążeniowo-oddechowej.

Słowa kluczowe: resuscytacja, ratownictwo
Typ artykułu: oryginalny artykuł naukowy

[1] Warszawski Uniwersytet Medyczny / Medical University of Warsaw, Poland; slawomir.pilip@wum.edu.pl;
[2] Autorzy wnieśli równy wkład merytoryczny w powstanie artykułu / The authors contributed equally to this article;

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.12

ABSTRACT

Aim: This paper evaluates the level of knowledge for national and voluntary firefighters, police officers as well as members of the Voluntary Water Rescue Service (VWRS), in the application of cardiopulmonary resuscitation.
Project and methods: Research was conducted with the use of questionnaires. Some 165 questionnaires were distributed, containing general questions about the place of work, work experience, gender, age, education and training as well as 17 content-related questions about knowledge of cardiopulmonary resuscitation. Questions were concerned, above all, with the proper diagnosis of a sudden cardiac arrest, knowledge of the chest compression technique, usage of a defibrillator and the method of treating unconscious people.
Results: Correct responses were provided by: 79% of members from the VWRS, 59% national firefighters, 46% voluntary firefighters and 52% police officers. The largest percentage of correct responses was observed in the 18–30 age group at 72% and from respondents with short period work experience (less than 5 years) at 76% . A proper diagnosis of a sudden cardiac arrest (Answer: unconscious and without life functions) was provided correctly by over 80% of members from the VWRS and national firefighters, 57% voluntary firefighters and 53% police officers. The percentage of correct responses to questions concerned with unblocking an airway passage (Answer: tilt the head backwards and lift the jaw), the location of hands on an adult's chest when applying the chest compression technique (Answer: the middle of a chest), required frequency of chest compression (Answer: 100–120 per minute) and proportion of compressions to defibrillations (Answer: 30:2) was provided at a level of; 80%, 74%, 80% and 86% for VWRS, 92%, 50% and 55% for national fire fighters, 57%, 27%, 33% and 65% for volunteer firefighters, 71%, 20%, 17% and 60% for the police. The majority of those questioned (VWRS 89%, volunteer firefighters 73%, national firefighters 68% and police 57%) correctly stated that the purpose of a defibrillator is to apply an electric impulse with the aim of restoring the correct function of the heart. In circumstances where the patient is unconscious, but breathing, the correct approach (Answer: place the patient in the recovery position) was identified by all members of VWRS, 65% of volunteer firefighters, 60% of police officers and 35% of national firefighters.
Conclusions: From the research sample it is assessed that the level of knowledge is inadequate and the training system, which the respondents took part in as ineffective, from the view point of theoretical knowledge concerning cardiopulmonary resuscitation.

Keywords: resuscitation, emergency rescue
Type of article: original scientific article

АННОТАЦИЯ

Цель: Был оценен уровень знаний принципов сердечно-лёгочной реанимации у пожарных Государственной (PSP) и Добровольной Пожарных Служб (OSP), полицейских и спасателей Добровольной Службы Спасения На Воде (WOPR).
Проект и методы: Было роздано в общем 165 анкет, содержащих общие вопросы про место и стаж работы, пол, возраст, образование и курсы, которые прошли участники опроса, а также 17 вопросов, связанных с сердечно-лёгочной реанимацией. Вопросы касались, прежде всего, распознания внезапной остановки кровообращения и знания процедур BLS (*Basic Life Support* – алгоритмов базовой поддержки жизни), в том числе, способа очистки дыхательных путей, компрессии грудной клетки, использования внешнего автоматического дефибриллятора и способа оказания помощи больному без сознания.
Результаты: Для спасателей Добровольной Службы Спасения На Воде (WOPR), пожарных Государственной и Добровольной Пожарных Служб (PSP, OSP), а также полицейских процент правильных ответов на все вопросы составил соответственно 79%, 59%, 46%, 52%. Наибольший процент правильных ответов был замечен среди возрастной группы 18–30 лет – 72% и среди респондентов со стажем ниже 5 лет – 76%. Как правильно распознать внезапную остановку сердца (ответ в анкете – пациент без сознания, без симптомов кровообращения) знали свыше 80% спасателей WOPR и пожарных PSP, а также 57% пожарных из OSP и 53% полицейских. Процент правильных ответов на вопросы, касающиеся способа очистки дыхательных путей (ответ – отклонение головы назад и поднятие нижней челюсти), места положения рук на грудной клетке во время BLS взрослого человека (ответ – центр грудной клетки), необходимой частоты компрессии (ответ 100-120 в минуту) и соотношения компрессии к вентиляции (ответ 30:2) составил соответственно для WOPR 80%, 74%, 80% i 86%, PSP 92%, 50%, 55% и 70%, OSP 57%, 27%, 33% i 65%, полиции 71%, 20%, 17% i 60%. Большинство анкетированных (WOPR – 89%, OSP – 73%, PSP – 68%, Полиция – 57%) правильно ответила, что внешняя автоматическая дефибрилляция заключается в использовании электрического импульса с целью восстановления правильной работы сердца. В случае пациента, находящегося без сознания, с сохранённым дыханием, правильно бы себя повели (ответ – расположение пациента в безопасной позиции) все спасатели из WOPR, 65% пожарных из OSP, 60% полицейских и 35% пожарных из PSP.
Выводы: Уровень знаний респондентов следует оценить как недостаточный, а систему обучения, в которой участвовали мало эффективной в сфере теоретических знаний относительно проблематики сердечно-лёгочной реанимации.

Ключевые слова: сердечно-лёгочная реанимация, спасение
Вид статьи: оригинальная научная работа

1. Wprowadzenie

Kardiolodzy w sformułowaniach „czas to mięsień" albo „czas to serce" – podkreślają konieczność jak najszybszego rozpoznania i leczenia pacjentów z ostrym zespołem wieńcowym. Neurolodzy stwierdzeniem, że „czas to mózg", przypominają o tym, że wczesne rozpoznanie ostrego incydentu mózgowego daje szersze spektrum możliwości terapeutycznych, a zwłaszcza możliwość wdrożenia leczenia trombolitycznego u chorych ze świeżym udarem niedokrwiennym mózgu [1]. Lekarze medycyny ratunkowej, ratownicy medyczni, pielęgniarki systemu mają tylko 4 minuty od momentu zatrzymania krążenia na to, aby resuscytacja krążeniowo-oddechowa miała szansę stać się skuteczną reanimacją. Zatem w stanie nagłego zagrożenia zdrowotnego czas rozpoznania i udzielenia skutecznej pomocy odgrywa podstawową rolę.

Dotarcie w ciągu 3–4 minut do pacjenta z objawami zatrzymania krążenia przez wykwalifikowany personel posiadający kompetencje do udzielania zaawansowanych zabiegów ratujących życie (ALS) to zadanie trudne albo wręcz niemożliwe, zwłaszcza w warunkach pozaszpitalnych. Dlatego system Państwowego Ratownictwa Medycznego współpracuje z innymi jednostkami, których zadaniem jest między innymi udzielanie skutecznego wsparcia w zakresie kwalifikowanej pierwszej pomocy (KPP) lub podstawowych zabiegów ratujących życie (BLS). Z systemem PRM współpracują między innymi jednostki ochrony przeciwpożarowej włączone do krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego: Państwowa Straż Pożarna (PSP) i Ochotnicza Straż Pożarna (OSP), poza tym także policja oraz Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe (WOPR). Uruchomienie łańcucha przeżycia przez świadków zdarzenia, w tym w razie konieczności zaangażowanie jednostek udzielających KPP i w końcu prawidłowo wdrożony ALS stanowią nierozerwalną całość warunkującą powodzenie reanimacji. Wdrożenie BLS zapewnia niewielki, ale wystarczający dla mózgu i serca przepływ krwi, tym samym zwiększa prawdopodobieństwo skutecznej defibrylacji i powrotu rytmu serca [2]. Osoby, u których podjęto natychmiastowe czynności resuscytacyjne, mają szansę powrotu do zdrowia i samodzielnego funkcjonowania w codziennym życiu.

W świetle powyższych faktów oczywiste wydaje się, że umiejętności osób wykonujących RKO nie powinny budzić żadnych wątpliwości, zwłaszcza jeżeli świadczone są w ramach profesjonalnych jednostek współpracujących z systemem PRM. W pracy podjęto próbę oceny znajomości zasad prowadzenia resuscytacji krążeniowo-oddechowej przez strażaków PSP i OSP, policjantów oraz ratowników WOPR.

2. Metody

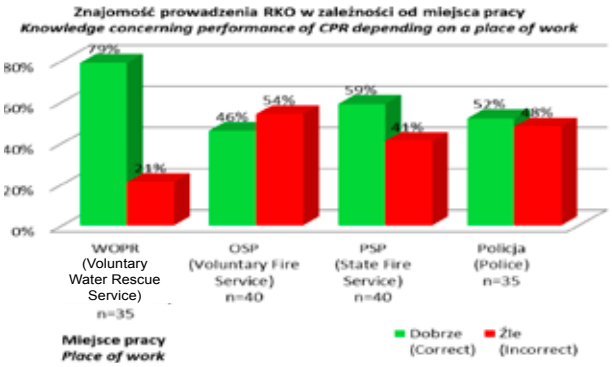
Badanie przeprowadzono w oparciu o technikę ankietowania w okresie od kwietnia do maja 2012 roku. Kwestionariusz ankiety wypełniła anonimowo losowo wybrana grupa respondentów pracujących w poszczególnych jednostkach współpracujących z systemem PRM. Ankietowani zostali poinformowani o celu badania. Respondenci wypełniali kwestionariusze ankiety samodzielnie, w obecności osoby sprawującej nadzór nad badaniem, na terenie zakładu pracy.

Rozdano łącznie 165 kwestionariuszy ankiety, w tym: 35 w WOPR, 40 w jednostce policji, 50 w OSP i 40 w PSP. Po dokonaniu przeglądu ankiet i wstępnej analizie odrzucono 15, a do ostatecznych badań zakwalifikowano 150 kwestionariuszy. Odrzucone 15 kwestionariuszy nie spełniało wymogów materiału badawczego (na połowę pytań nie udzielono odpowiedzi). Każdy kwestionariusz ankiety zawierał pytania ogólne dotyczące miejsca i stażu pracy, płci, wieku, wykształcenia ankietowanych i odbytych szkoleń oraz 17 pytań merytorycznych na temat znajomości problematyki RKO. Pytania dotyczyły przede wszystkim rozpoznania nagłego zatrzymania krążenia i decyzji o podjęciu resuscytacji oraz znajomości procedur BLS m.in. sposobu udrożnienia dróg oddechowych, ułożenia rąk na klatce piersiowej, częstości uciśnięć klatki piersiowej, stosunku uciśnięć do wentylacji, zastosowania automatycznego defibrylatora zewnętrznego oraz sposobu postępowania z pacjentem nieprzytomnym z zachowanym oddechem. We wspomnianych pytaniach spośród czterech odpowiedzi należało wybrać jedną poprawną. Dane przedstawiono jako odsetek lub liczbę udzielonych odpowiedzi.

3. Wyniki

3.1. Znajomość zasad prowadzenia RKO w zależności od miejsca pracy

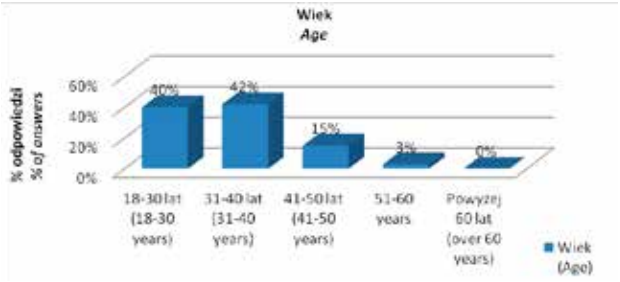
Spośród badanych grup najwięcej prawidłowych odpowiedzi na ogół pytań udzielili ratownicy pracujący w WOPR (79%), następnie strażacy z PSP (59%) oraz funkcjonariusze policji (52%). Strażacy OSP udzielili 46% prawidłowych odpowiedzi (ryc. 1). Wszystkie ankietowane osoby deklarowały przynależność tylko do jednej z jednostek: WOPR, PSP, OSP lub policji.



Ryc. 1. Znajomość prowadzenia RKO w zależności od miejsca pracy
Fig. 1. Knowledge concerning performance of CPR depending on a place of work
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

3.2. Znajomość zasad wykonywania RKO w zależności od wieku badanych

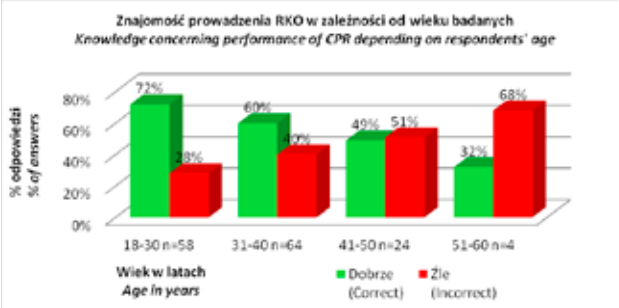
Ankietowaną populację najliczniej reprezentowały osoby do 40. roku życia, które stanowiły 82% badanych (ryc. 2).



Ryc. 2. Osoby ankietowane według wieku
Fig. 2. Respondents according to their age
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Największy odsetek prawidłowych odpowiedzi na ogół pytań obserwowano w grupach wiekowych 18–30 lat oraz 31–40 lat – odpowiednio 72% i 60%. Odsetek prawidłowych odpowiedzi udzielonych przez osoby powyżej 50. roku życia wyniósł jedynie 32% (ryc. 3).

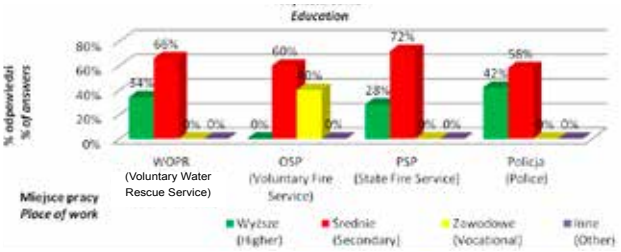
DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.12



Ryc. 3. Znajomość prowadzenia RKO w zależności od wieku badanych
Fig. 3. Knowledge concerning performance of CPR depending on respondents' age
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

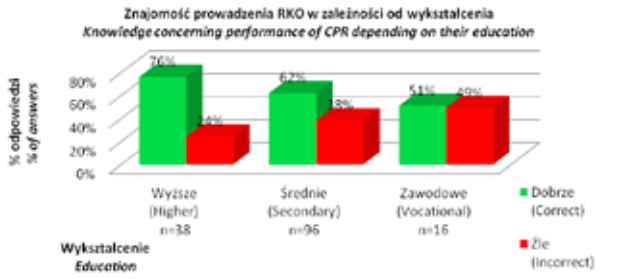
3.3. Znajomość zasad prowadzenia RKO w zależności od wykształcenia respondentów

We wszystkich badanych jednostkach dominowały osoby z wykształceniem średnim (58–72%). Ponadto w przypadku policji, WOPR i PSP odnotowano odsetek ankietowanych z wykształceniem wyższym – odpowiednio 42%, 34% i 28% badanych. Osoby z wykształceniem zawodowym odnotowano jedynie w OSP i stanowiły one 40% badanych, przy jednoczesnym braku osób z wykształceniem wyższym w tej grupie (ryc. 4).



Ryc. 4. Respondenci według wykształcenia
Fig. 4. Respondents according to their education level
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

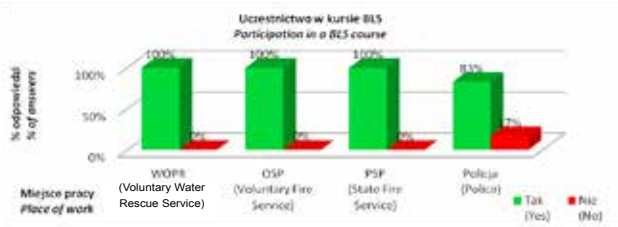
Odsetek udzielonych prawidłowych odpowiedzi korelował z poziomem wykształcenia badanych (ryc. 5).



Ryc. 5. Znajomość prowadzenia RKO w zależności od wykształcenia respondentów
Fig. 5. Knowledge concerning performance of CPR depending on the education level of respondents
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

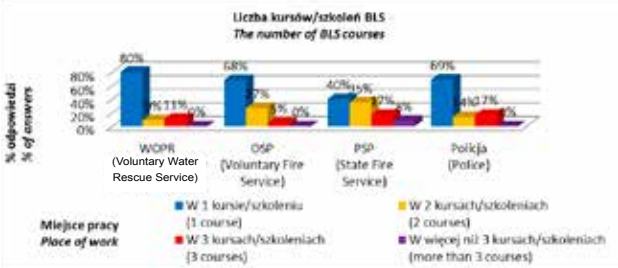
3.4. Znajomość zasad prowadzenia RKO w zależności od przebytych kursów/szkoleń

Wszyscy ankietowani strażacy PSP i OSP oraz ratownicy WOPR uczestniczyli w kursie/szkoleniu w zakresie BLS. Jedynie 17% policjantów deklarowało, że nie brali oni udziału w żadnym szkoleniu (ryc. 6).



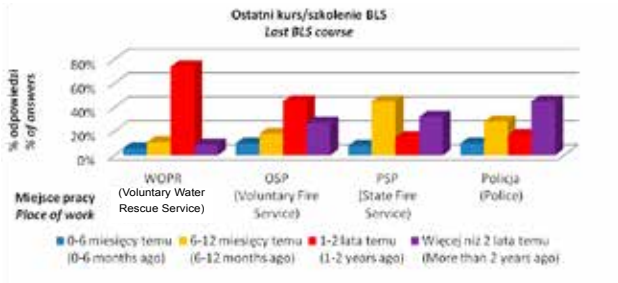
Ryc. 6. Deklaracja uczestnictwa w kursie/szkoleniu z zakresu BLS
Fig. 6. Declaration of participation in a BLS (Basic Life Support) course
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Większość badanych pracujących w WOPR, OSP i policji – odpowiednio 80%, 68% i 69% – uczestniczyło tylko w jednym kursie/szkoleniu w ciągu ostatnich trzech lat poprzedzających badanie (ryc. 7).



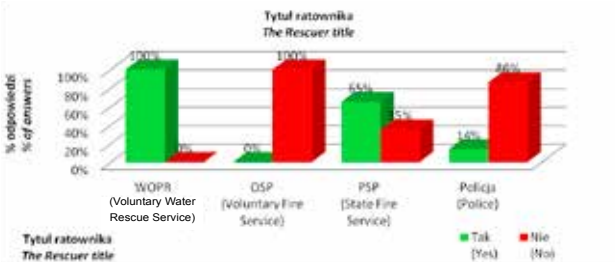
Ryc. 7. Liczba przebytych kursów/szkoleń z zakresu BLS w ciągu ostatnich trzech lat
Fig. 7. The number of BLS courses completed during the last three years
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Rycina 8 przedstawia odsetek badanych w poszczególnych grupach w zależności od czasu, który upłynął od zakończenia ostatniego szkolenia w zakresie BLS.



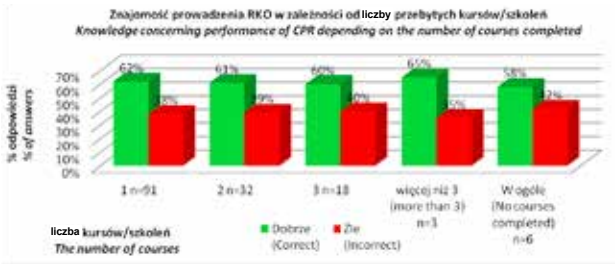
Ryc. 8. Ostatni kurs/szkolenie z zakresu BLS
Fig. 8. Last BLS course
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Oprócz kursu/szkolenia w zakresie BLS część ankietowanych ukończyła kurs KPP i uzyskała tytuł ‚ratownika. Odsetek takich osób w WOPR, PSP, policji i OSP wynosił odpowiednio 100%, 65%, 14% i 0%. Powyższe dane przedstawia ryc. 9.



Ryc. 9. Uczestniczenie w KPP i uzyskanie tytułu ratownika przez osoby badane
Fig. 9. Participation in the course of qualified first aid and obtaining the Rescuer title
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

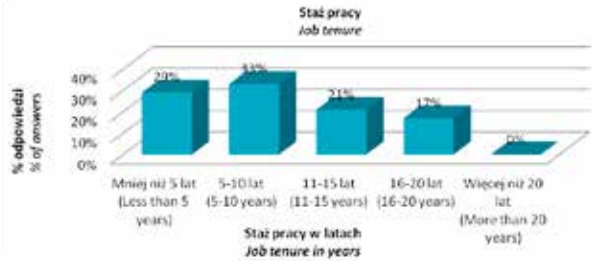
Poziom wiedzy badanych osób mierzony odsetkiem prawidłowych odpowiedzi okazał się zbliżony niezależnie od liczby przebytych kursów/szkoleń, a odsetek prawidłowych odpowiedzi wahał się pomiędzy 58% a 62% (ryc. 10).



Ryc. 10. Znajomość prowadzenia RKO w zależności od liczby przebytych kursów/szkoleń
Fig. 10. Knowledge concerning performance of CPR depending on the number of courses completed
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

3.5. Znajomość zasad prowadzenia RKO w zależności od stażu pracy badanych

Ankietowani to w przeważającej mierze osoby pracujące w systemie do 10 lat (62% badanych). Niniejsze dane prezentuje ryc. 11.



Ryc. 11. Badane osoby według stażu pracy
Fig. 11. Respondents according to job tenure
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Najwięcej prawidłowych odpowiedzi uzyskali respondenci z krótkim stażem pracy, tzn. ci, którzy pracują mniej niż 5 lat (76%), a następnie ci, którzy pracują 5–10 lat (64%). Najsłabiej odpowiadały na zadawane pytania osoby z dłuższym stażem pracy. Powyższe wyniki badań prezentowane są na ryc. 12.

Ryc. 12. Znajomość prowadzenia RKO w zależności od stażu pracy ankietowanych
Fig. 12. Knowledge concerning performance of CPR depending on respondents' job tenure
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

3.6. Ogólna znajomość zasad prowadzenia RKO przez badane osoby

Ogółem na 17 pytań dotyczących wiedzy uzyskano 61% prawidłowych odpowiedzi, biorąc pod uwagę wszystkie badane grupy (ryc. 13)

Ryc. 13. Średnia odpowiedzi badanych na pytania dotyczące wiedzy o RKO
Fig. 13. The average of the respondents' answers to the questions with regard to knowledge concerning CPR
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

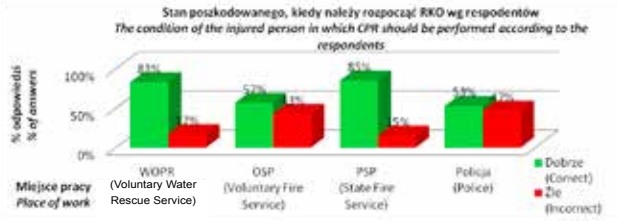
3.7. Analiza wybranych pytań ankietowych

Kiedy rozpoczynamy resuscytację krążeniowo-oddechową?

Osoby pracujące w WOPR i PSP w ponad 80% przypadków potrafiłyby prawidłowo rozpoznać zatrzymanie krążenia (odpowiedź w ankiecie – „pacjent nieprzytomny, bez oznak krążenia") i podjąć decyzję o resuscytacji. Przeciwnie policjanci oraz strażacy OSP – ci rozpoznaliby zatrzymanie krążenia i, co za tym idzie, wdrożyli prawidłowo RKO w ok. 50% przypadków. Pozostali rozpoczęliby RKO w sytuacji, kiedy poszkodowany jest przytomny, ale

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.12

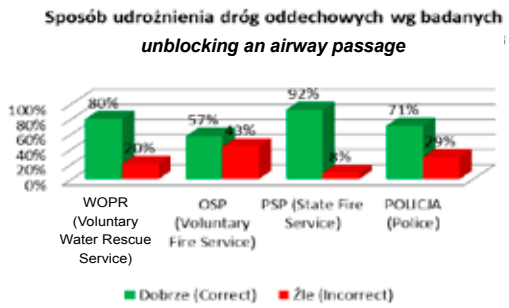
w ciężkim stanie lub gdy nastąpiła nagła utrata przytomności z drgawkami – takie odpowiedzi zostały wybrane w ankiecie. Odsetek udzielonych prawidłowych/błędnych odpowiedzi pokazuje ryc. 14.



Ryc. 14. Stan poszkodowanego wskazujący na rozpoczęcie RKO wg respondentów
Fig. 14. The condition of the injured person in which CPR should be performed according to the respondents
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

W jaki sposób należy prawidłowo udrożnić drogi oddechowe?

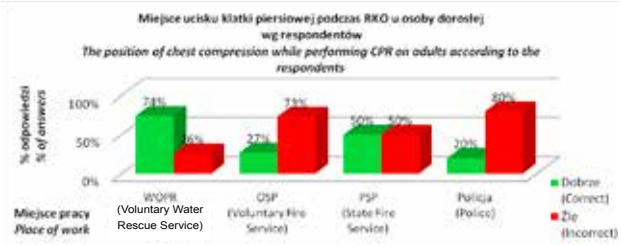
Ważnym elementem BLS jest udrożnienie dróg oddechowych poprzez odchylenie głowy do tyłu i uniesienie żuchwy. Tę prawidłową czynność wskazywali strażacy PSP (92%), następnie ratownicy WOPR (80%), policjanci (71%) i strażacy OSP (57%). Respondenci, którzy udzielili niepoprawnej odpowiedzi, udrożniliby drogi oddechowe jedynie poprzez otwarcie ust poszkodowanego, odwrócenie głowy na bok lub ułożenie w pozycji bezpiecznej z głową skierowaną ku klatce piersiowej. Odsetek udzielonych prawidłowych/błędnych odpowiedzi pokazuje ryc. 15.



Ryc. 15. Sposób udrożnienia dróg oddechowych wg badanych
Fig. 15. The way of unblocking an airway passage according to the respondents
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

W którym miejscu klatki piersiowej ułoży Pan/Pani dłonie celem uciskania klatki piersiowej podczas RKO u osoby dorosłej?

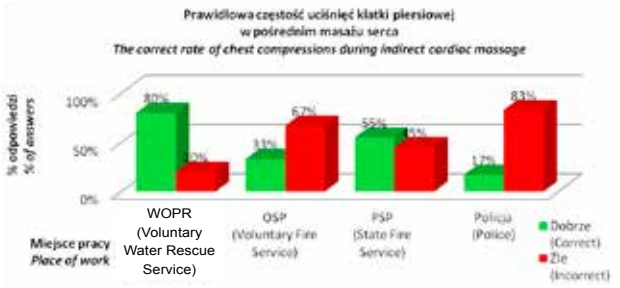
Prawidłową odpowiedź – „na środku klatki piersiowej" wybrało 74% ankietowanych z WOPR, 50% z PSP, 27% z OSP i tylko 20% z policji. Pozostałe osoby niepoprawnie określiły wybór miejsca ucisku klatki piersiowej, podając, że ułożyłyby ręce po lewej stronie klatki piersiowej lub na wysokości 1/3 dolnej części mostka albo 2 palce poniżej mostka. Wyniki zestawiono na ryc. 16.



Ryc. 16. Deklaracje osób współpracujących z systemem o znajomości miejsca ucisku klatki piersiowej podczas RKO u osoby dorosłej
Fig. 16. Respondents' declarations as regards the knowledge concerning the position of chest compression when performing CPR on adults
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Jaka jest prawidłowa częstość uciśnięć klatki piersiowej podczas RKO?

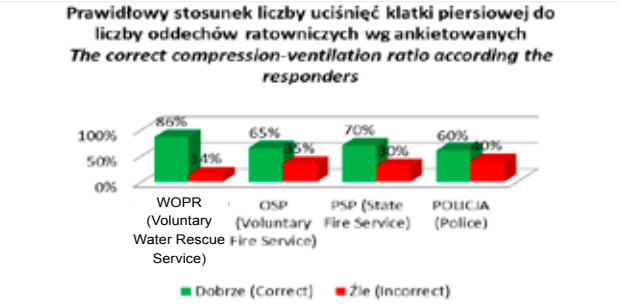
Odpowiedź prawidłową, czyli 100-120/minutę, wybrało 80% ankietowanych pracujących w WOPR, 55% badanych z PSP, 33% z OSP i tylko 17% ankietowanych z policji. Badani, którzy wybrali nieprawidłowe odpowiedzi, uważali, że klatkę piersiową należy uciskać z częstością 60 lub 90 razy na minutę. Nikt nie udzielił odpowiedzi, że powyżej 120 razy na minutę. Wyniki przedstawia ryc. 17.



Ryc. 17. Częstość uciśnięć klatki piersiowej w pośrednim masażu serca wg badanych
Fig. 17. The rate of chest compressions during indirect cardiac massage according to the respondents
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Jaki jest prawidłowy stosunek liczby uciśnięć klatki piersiowej u osób dorosłych do liczby oddechów ratowniczych?

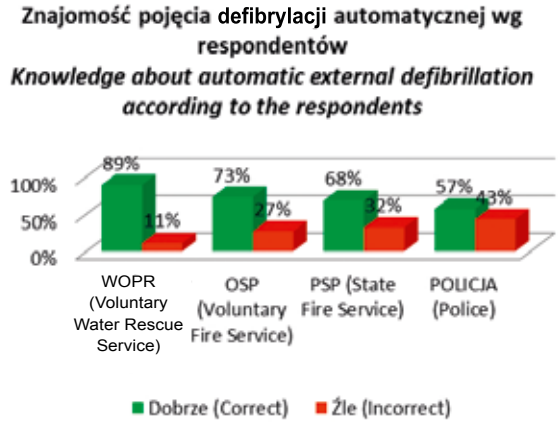
Większość respondentów prowadziłaby uciskanie klatki piersiowej i oddechy ratownicze z prawidłową częstością (WOPR – 86%, PSP – 70%, OSP – 65%, policja – 60%). Dla pozostałych badanych prawidłową częstością było w większości 15:2. Wyniki obrazuje ryc. 18.



Ryc. 18. Stosunek liczby uciśnięć klatki piersiowej do liczby oddechów ratowniczych wykonywanych podczas BLS osoby dorosłej wg badanych
Fig. 18. The correct compression-ventilation ratio according to the respondents
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Co to jest defibrylacja automatycznym defibrylatorem zewnętrznym?

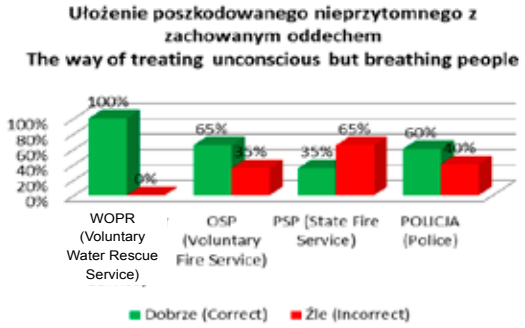
Większość badanych (WOPR – 89%, OSP – 73%, PSP – 68%, policja – 57%) udzieliło prawidłowej odpowiedzi, że jest to zabieg polegający na zastosowaniu impulsu elektrycznego w celu przywrócenia prawidłowej pracy serca. Wyniki przedstawiono na ryc. 19.



Ryc. 19. Znajomość pojęcia defibrylacji automatycznej wg badanych
Fig. 19. Knowledge about automatic external defibrillation according to the respondents
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Jak ułożyć poszkodowanego nieprzytomnego z zachowanym oddechem?

Poszkodowanego nieprzytomnego z zachowanym oddechem należy ułożyć w pozycji bezpiecznej, czyli na boku z głową odgiętą ku tyłowi (prawidłowa odpowiedź w ankiecie). Prawidłowej odpowiedzi udzielili wszyscy ratownicy pracujący w WOPR, 65% strażaków z OSP, 60% funkcjonariuszy policji i jedynie 35% strażaków PSP. Ankietowani, którzy udzielili złej odpowiedzi, ułożyliby osobę nieprzytomną z zachowanym oddechem na plecach z kończynami do góry lub na plecach, a pod głowę podłożyliby zwiniętą tkaninę. Niewielki odsetek badanych deklaruje ułożenie na brzuchu z głową skierowaną w bok. Dane obrazuje ryc. 20.



Ryc. 20. Ułożenie poszkodowanego nieprzytomnego z zachowanym oddechem
Fig. 20. The way of treating unconscious but breathing people
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

4. Dyskusja

Wprawdzie ratownicy WOPR, spośród wszystkich badanych grup, udzielili najwięcej prawidłowych odpowiedzi na ogół pytań dotyczących RKO, ale wynik 79% trudno uznać za satysfakcjonujący. Jeżeli przyjrzeć się odpowiedziom na wybrane pytania, okazuje się, że spośród 35 ankietowanych ratowników WOPR sześciu nie potrafiłoby prawidłowo rozpoznać zatrzymania krążenia, siedmiu uciskałoby klatkę piersiową z nieprawidłową częstością, a dziewięciu nieprawidłowo ułożyłoby ręce na klatce piersiowej podczas jej uciskania. Powyższe dane są tym bardziej trudne do zaakceptowania, że wszyscy ankietowani ratownicy WOPR deklarowali ukończenie kursu KPP, pozytywne złożenie egzaminu państwowego i posiadanie ważnego zaświadczenia o nadaniu tytułu ratownika w rozumieniu rozporządzenia Ministra Zdrowia [3]. Wykonywanie w sposób prawidłowy wysokiej jakości uciśnięć klatki piersiowej podczas RKO stanowi fundamentalną podstawę działań ratunkowych, eksponowaną w sposób szczególny w aktualnych wytycznych Europejskiej Rady Resuscytacji (ERC) [4].

W przypadku strażaków PSP i funkcjonariuszy policji odsetek prawidłowych odpowiedzi na ogół pytań wyniósł niewiele ponad połowę (odpowiednio 59% i 52%), a strażacy z OSP udzielili ich jedynie 46%. Niemal połowa strażaków z PSP nie zna prawidłowego miejsca ani prawidłowej częstości uciśnięć klatki piersiowej podczas RKO. Niemal co drugi strażak z OSP i co drugi policjant nie rozpoznałby prawidłowo zatrzymania krążenia, a jedynie jeden na czterech badanych strażaków OSP i jeden na pięciu ankietowanych policjantów potrafił prawidłowo określić miejsce ucisku klatki piersiowej. Tylko 17% policjantów podało prawidłowo częstość uciśnięć klatki piersiowej, co pomimo upływu przeszło pięciu lat stanowi wynik podobny do osiągniętego w badaniu przeprowadzonym wśród pracowników Ośrodka Ratownictwa Medycznego w 2007 roku przez Mroczkowską i wsp. – adekwatnie 18% [5]. Badanie ankietowe przeprowadzone przez Dąbrowskiego i wsp. wskazuje również na potrzebę uzupełnienia wiedzy

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.12

w zakresie znajomości BLS u strażaków PSP, zwłaszcza w zakresie sekwencji działań w trakcie resuscytacji krążeniowo-oddechowej, gdzie odsetek prawidłowych odpowiedzi wynosił jedynie 14% [6].

Spośród ratowników WOPR oraz strażaków PSP i OSP – wszyscy ankietowani deklarowali udział w szkoleniach w zakresie BLS organizowanych przez pracodawców. Podobną deklarację złożyło 83% policjantów. Większość respondentów z wszystkich grup uczestniczyła w jednym szkoleniu w okresie ostatnich dwóch lat, jedynie w policji 45% osób deklarowało udział w szkoleniu w zakresie BLS ponad 2 lata temu, co w połączeniu z faktem braku jakiegokolwiek szkolenia BLS deklarowanym przez 17% ankietowanych policjantów, mogło mieć wpływ na prezentowany poziom wiedzy w tej grupie.

Według zaleceń ERC szkolenia w zakresie procedur BLS powinny odbywać się cyklicznie, a powtarzalność szkoleń ma warunkować należyte utrwalenie wiedzy i umiejętności. W naszych badaniach okazało się, że liczba przebytych szkoleń nie miała istotnego wpływu na odsetek udzielonych prawidłowych odpowiedzi przez ogół ankietowanych (ryc. 4e). Zatem pozostaje pytanie o jakość prowadzonych kursów, zaangażowanie słuchaczy w nich uczestniczących oraz formę sprawdzenia wiadomości.

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że w grupie osób, które wykazały się najlepszym poziomem wiedzy na temat RKO, przeważały osoby młodsze (18–40 lat), z wyższym (76%) lub średnim (62%) wykształceniem oraz te osoby, które krótko pracują w swoim zawodzie (mniej niż 5 lat – 76% prawidłowych odpowiedzi). Odsetek prawidłowych odpowiedzi łącznie we wszystkich badanych grupach wprawdzie korelował z młodszym wiekiem, krótszym stażem pracy i poziomem wykształcenia ankietowanych, ale wydaje się, że na wynik badania wpływa jednocześnie wiele zmiennych, które należy oceniać łącznie. Sam na przykład poziom wykształcenia nie daje podstaw do jednoznacznych oczekiwań osiągnięcia lepszych wyników ankiety – w grupie policjantów obserwowano najwyższy odsetek osób z wykształceniem wyższym (42%), a udzielono 52% prawidłowych odpowiedzi, podczas gdy w PSP odsetek ten wynosił 28% przy 59% odpowiedziach prawidłowych.

Wyniki pracy odnoszą się w całości do wiedzy teoretycznej ankietowanych. Pomimo odbytych szkoleń zarówno w zakresie podstawowych zabiegów ratujących życie, jak i kwalifikowanej pierwszej pomocy, ankietowani nie wykazali się należytą wiedzą we wspomnianym zakresie. Rodzi się zatem pytanie o przyczynę takiej sytuacji oraz możliwości jej poprawy. Przyczyny upatrywać należy prawdopodobnie w nieefektywnym systemie kształcenia osób współpracujących z systemem PRM. Należałoby przyjrzeć się programom szkoleń BLS zarówno w zakresie zawartości materiału dydaktycznego, formy przekazu informacji, jak i liczby godzin zajęć. Szkolenia BLS oferowane są przez różne podmioty świadczące działalność edukacyjną i nie podlegają ujednoliconym standardom kształcenia. Nie ma tu również ujednoliconych wymogów co do sprawdzenia wiedzy nabytej na kursie, najlepiej przez komisję spoza podmiotu szkolącego, co byłoby miernikiem efektywności danego kursu. Zatem ocena słuchaczy i wydanie certyfikatu ukończenia kursu zależy wyłącznie od podmiotu szkolącego. Pamiętać należy również o konieczności ustawicznego powtarzania i utrwalania nabytej na kursach wiedzy i umiejętności, w przypadku BLS nie rzadziej niż co 6 miesięcy, jak zalecają wytyczne ERC [2]. W przypadku kursu kwalifikowanej pierwszej pomocy program kształcenia jest ściśle określony zgodnie ze stosownym rozporządzeniem Ministra Zdrowia [3], ale pomimo tego osiągany efekt w postaci wiedzy okazał się niezadowalający. Być może należałoby przeprowadzić szczegółową ankietę pośród osób, które odbyły kurs KPP, co pozwoliłoby na podstawie spostrzeżeń reprezentatywnej grupy słuchaczy znaleźć przyczynę tej sytuacji. Niewątpliwie uzyskane wyniki wskazujące na niedobór wiedzy teoretycznej powinny być zestawione z oceną umiejętności praktycznych udzielania pierwszej pomocy zarówno w zakresie podstawowym, jak i kwalifikowanym.

5. Podsumowanie i wnioski

Poziom wiedzy badanych osób zatrudnionych w jednostkach współpracujących z systemem PRM jest niewystarczający. Ankietowani udzielili 61% prawidłowych odpowiedzi na zadane pytania. System szkoleń, w których uczestniczyli ankietowani ratownicy WOPR, strażacy PSP i OSP oraz policjanci, należy uznać za mało efektywny w zakresie wiedzy teoretycznej dotyczącej RKO. Uzyskane wyniki stanowią inspirację dla autorów pracy do podjęcia badań dotyczących umiejętności praktycznych osób współpracujących z systemem PRM w zakresie udzielania pierwszej pomocy.

Wykaz skrótów

ALS – zaawansowane zabiegi ratujące życie
BLS – podstawowe zabiegi ratujące życie
ERC – Europejska Rada Resuscytacji
KPP – kwalifikowana pierwsza pomoc
OSP – Ochotnicza Straż Pożarna
PRM – Państwowe Ratownictwo Medyczne
PSP – Państwowa Straż Pożarna
RKO – resuscytacja krążeniowo-oddechowa
WOPR – Wodne Ochotnicze Pogotowie Ratunkowe

Literatura

[1] Wiszniewska M., Kobayashi A., Członkowska A., *Postępowanie w udarze mózgu. Skrót Wytycznych Grupy Ekspertów Sekcji Chorób Naczyniowych Polskiego Towarzystwa Neurologicznego z 2012 roku*, „Polski Przegląd Neurologiczny", Vol. 8 Issue 4, 2012, pp. 161–175.

[2] Koster R. W., Baubin M. A., Caballero A., i in., *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010. Section 2. Adult basic life support and use of automated external defibrillators*, "Resuscitation", Vol. 81 Issue 10, 2010, pp. 1277–92.

[3] Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 19 marca 2007 r. w sprawie kursu w zakresie kwalifikowanej pierwszej pomocy (Dz.U. 2007 Nr 60, poz. 408).

[4] Nolan J.P., Soar J., Zideman D.A., i in., *European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2010, Section 1, Executive Summary*, "Resuscitation", Vol. 81 Issue 10, 2010, pp. 1219–1276.

[5] Mroczkowska M., Gaszyński W., *Poziom znajomości wytycznych resuscytacji krążeniowo-oddechowej wśród pracowników Ośrodka Ratownictwa Medycznego w Skierniewicach*, „Med. Intens. Ratun", Vol. 10 Issue 1, 2007, pp. 7–11.

[6] Dąbrowski M., Dąbrowska A., Sip M., i in., *Badanie wiedzy w zakresie podstawowych zagadnień resuscytacji u ratowników PSP, studentów medycyny i lekarzy stażystów*, „Nowiny Lekarskie", Vol. 81 Issue 6, 2012, pp. 647–652.

* * *

dr n. med. Sławomir Pilip – specjalista neurolog, specjalista medycyny ratunkowej. Od 2006 roku adiunkt w Zakładzie Ratownictwa Medycznego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Z-ca Dyrektora ds. Lecznictwa RM Meditrans Stacji Pogotowia Ratunkowego i Transportu Sanitarnego w Siedlcach. Członek Polskiego Towarzystwa Medycyny Ratunkowej.

mgr Anita Wójcik – ukończyła studia magisterskie na kierunku pielęgniarstwo w Warszawskim Uniwersytecie Medycznym. Ukończyła kurs specjalistyczny i kwalifikacyjny w dziedzinie anestezjologii. Pracuje na Oddziale Intensywnej Opieki Kardiologicznej w Wojewódzkim Szpitalu Chirurgii Urazowej w Warszawie.

dr n. med. Grzegorz Michalak – specjalista chirurgii ogólnej, transplantologii klinicznej i medycyny ratunkowej. Od 2006 roku kierownik Zakładu Ratownictwa Medycznego Wydziału Nauki o Zdrowiu Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Od 2003 roku Ordynator Szpitalnego Oddziału Ratunkowego w Szpitalu Bielańskim w Warszawie. W 2001 roku ukończył podyplomowe studia menedżerskie na Wydziale Zarządzania Uniwersytetu Warszawskiego. Od 2007 roku Zastępca Dyrektora ds. Lecznictwa w Szpitalu Bielańskim w Warszawie. Od 2011 roku konsultant wojewódzki na Mazowszu w dziedzinie medycyny ratunkowej.

dr n. med. Robert Gałązkowski – adiunkt w Zakładzie Ratownictwa Medycznego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego, dyrektor SP ZOZ Lotnicze Pogotowie Ratunkowe. W 2005 uzyskał stopień doktora nauk medycznych na Wydziale Nauk o Zdrowiu Uniwersytetu Medycznego w Łodzi. W 2006 w Kolegium Zarządzania i Finansów w Szkole Głównej Handlowej w Warszawie ukończył podyplomowe studia w zakresie zarządzania organizacjami ochrony zdrowia. W 2014 roku ukończył podyplomowe studia „Zarządzanie podmiotami leczniczymi przekształcanymi w spółki prawa handlowego". Członek Polskiego Towarzystwa Medycyny Ratunkowej, Stowarzyszenia na Rzecz Leczenia Ciężkich Krwotoków, członek zarządu Europejskiego Komitetu HEMS i Pogotowia Lotniczego (EHAC). Inicjator powstania i redaktor naczelny czasopisma naukowego „Emergency Medical Service – Ratownictwo Medyczne".

© by Wydawnictwo CNBOP-PIB
Please cite as: BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 143–155

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.13

mgr inż. **Anna Dziechciarz**[1]
mł. bryg. inż. **Piotr Lesiak**[1]
inż. **Damian Bąk**[1]

Przyjęty/Accepted/Принята: 11.03.2015;
Zrecenzowany/Reviewed/Рецензирована: 23.05.2015;
Opublikowany/Published/Опубликована: 30.06.2015;

Analiza możliwości wykorzystania programu RizEx-2 w symulacji przebiegu zdarzenia awaryjnego na przykładzie wybuchu gazu w Port Hudson[2]

An Analysis of the Potential for Using RizEx-2 Software to Simulate Emergency Events such as the Gas Explosion in Port Hudson

Анализ возможностей использования программы RizEx-2 для симуляции хода аварии на примере взрыва газа в Порт-Хадсон

A B S T R A K T

Cel: Głównym celem artykułu jest analiza możliwości odtworzenia sytuacji awaryjnej z wykorzystaniem programu RizEx-2.
Wprowadzenie: W 1970 roku w miejscowości Port Hudson w stanie Missouri najprawdopodobniej doszło do rzadko spotykanego zjawiska, jakim jest detonacja gazu w przestrzeni nieograniczonej. W wyniku ekskawacji doszło do uszkodzenia rurociągu przesyłowego z propanem, co doprowadziło do uwolnienia około 120 m^3 ciekłego gazu. Opis wypadku oraz analiza możliwości jego rozwoju zostały opisane w raporcie wykonanym na zlecenie Narodowej Rady Bezpieczeństwa Transportu przez Amerykański Urząd Górnictwa. W raporcie specjalny nacisk położono na możliwe źródła zapłonu, obszar rozprzestrzenienia propanu oraz analizę rozmiaru zniszczeń fali uderzeniowej.
Metodologia: Dokonano analizy możliwości odtworzenia sytuacji awaryjnej z wykorzystaniem programu RizEx-2 na podstawie zdarzenia, jakie miało miejsce w roku 1970 w Port Hudson (USA), w celu zbadania zasadności użycia tego programu do przeprowadzania oceny skutków wypadków z udziałem gazów wybuchowych. W pierwszej części artykułu opisany został raport ze zdarzenia przygotowanego zaraz po katastrofie. Następnie dokonano symulacji/odtworzenia wydarzeń przy pomocy programu obliczeniowego RizEx-2. Ostatecznie stworzono analizę porównawczą wyników uzyskanych w programie RizEx-2 oraz rezultatów przedstawionych w raporcie. Do wykonania symulacji zdarzenia w Port Hudson skorzystano z trzech modułów programu: Dispersion Gaussian Model – Neutral Gas, Formation of Explosion-Hazardous Cloud, Explosion. Aby uzyskać lepszy obraz tego, jak program odzwierciedli zdarzenia w Port Hudson, założono wystąpienie takich samych warunków pogodowych oraz prędkości wycieku propanu, jakie zostały podane w raporcie. Rozpatrzono dwa scenariusze rozwoju wydarzeń. W scenariuszu 1 przyjęto prędkość wiatru równą 3 m/s, a w scenariuszu 2 wynosiła ona 4 m/s.
Wnioski: Na podstawie przeprowadzonej analizy wnioskuje się, że program RizEx-2 może stanowić cenne narzędzie w analizie awarii z udziałem gazociągów oraz ich następstw. Jednakże należy uwzględnić ograniczenia programu i nie traktować otrzymanych wyników, jako ostatecznych, a jako pomoc w interpretacji analizowanych zdarzeń. Dane wykorzystywane do obliczeń powinny być uzyskiwane przede wszystkim na podstawie dochodzenia ze zdarzenia, a wyniki programu zawsze ewaluowane w odniesieniu do rzeczywistych skutków.

Słowa kluczowe: wybuch gazu, RizEx-2, symulacja zdarzenia awaryjnego, gaz wybuchowy
Typ artykułu: studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych

[1] Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, Józefów / Scientific and Research Centre for Fire Protection National Research Institute, Poland; adziechciarz@cnbop.pl;
[2] Wkład merytoryczny w powstanie artykułu / Percentage contribution: A. Dziechciarz – 50%, P. Lesiak – 30%, D. Bąk – 20%;

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.13

A B S T R A C T

Aim: The main focus of this paper is to analyze the potential of constructing a simulation scenario, which can reproduce an emergency situation, using a software system RizEx-2.

Introduction: During 1970, in Port Hudson, Missouri a rare incident occurred in the form of an unconfined gas explosion. During excavation work, a pipeline transporting propane was damaged, which caused an accidental release of approximately 120 m^3 of liquefied gas. The incident description and hypothetical analysis of potential developments were presented in a report written by the United States Bureau of Mines at the behest of the National Transportation Safety Board. The report placed a special emphasis on possible ignition sources, the dispersion of flammable vapours and the analysis of blast damage.

Methodology: An analysis was performed on the possibility of recreating an emergency scenario with the aid of RizEx-2 software, based on the incident in 1970 at Port Hudson (USA), in order to examine the appropriateness of this programme to perform assessments of consequences arising from incidents involving explosive gases. The first part of this article describes the incident report produced immediately after the accident. Next, a simulation model was constructed of events, with the aid of a software programme RizEx-2. Finally, an analysis was performed, which compared results produced by the software programme against outcomes revealed by the report. The simulation of events at Port Hudson utilised three programme modules: Gaussian Dispersion Model-Neutral Gas, Formation of Explosion-Hazardous Cloud and Explosion. To get a better picture of how the programme mirrors actual events in Port Hudson, the same incident circumstances were created, including weather conditions as well as the speed of propane leakage identified in the report. From this two incident development scenarios were examined. In the first it was assumed that the wind speed was at 3 m/s and the second was at 4 m/s.

Conclusion: On the basis of analysis performed, it is concluded that the programme RizEx-2 can be a valuable tool in the evaluation of incidents involving pipelines and their consequences. However, the limitations of the programme should be taken into account and results should not be viewed as final, but used as an aid in the interpretation of studied events. The data used in calculations should be, primarily, based on details from the investigation of events, and the results from the programme should be always evaluated in relation to actual outcomes.

Keywords: gas explosion, RizEx-2, simulation of an emergency event, explosive gas

Type of article: case study – analysis of actual events

А Н Н О Т А Ц И Я

Цель: Главной целью статьи является анализ возможности воссоздания аварийной ситуации с использованием программы RizEx-2.

Введение: В 1970 г. в городе Порт-Хадсон в штате Миссури, скорее всего, произошло редкое явление – детонация газа в неограниченном пространстве. В ходе добычи был поврежден трубопровод для транспортировки пропана. Вследствие этого вытекло около 120 $м^3$ жидкого газа. Описание аварии и анализ возможностей её развития описаны в отчёте, сделанном по поручению Национального Совета По Безопасности Транспортировки Американским Горным Управлением. В этом отчёте особенное внимание было уделено возможным источникам воспламенения, территории распространения пропана и анализу размера разрушений, вызванных ударной волной.

Методология: Совершен анализ возможности воссоздания обстоятельств аварийной ситуации с использованием программы RizEx-2 на основе аварии, которая случилась в 1970 г. в Порт-Хадсон (США), для того чтобы изучить вопрос о целесообразности использования этой программы и для проведения оценки последствий аварий, связанных с взрывоопасными газами. В первой части статьи был описан отчёт об инциденте, составленный сразу после аварии. Далее была сделана симуляция событий с помощью расчётной программы RizEx-2. В конце был разработан сравнительный анализ результатов, полученных в программе RizEx-2, и результатов, представленных в отчёте. Для выполнения симуляции аварии в Порт Хадсон были использованы три модуля программы: Dispersion Gaussian Model - Neutral Gas, Formation of Explosion-Hazardous Cloud, Explosion. Чтобы получить лучшую картину события в данной программе, были приняты те погодные условия и скорость утечки попрана, которые поданы в отчёте. Рассмотрены два сценария развития событий. В 1 сценарии принята скорость ветра равна 3 м/с, а 2 сценарии – 4 м/с.

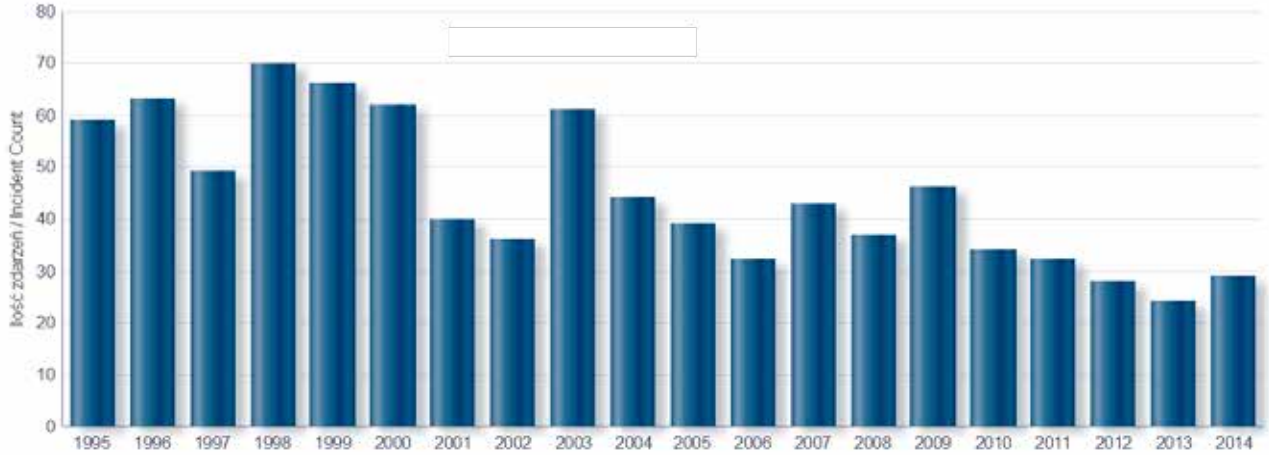
Выводы: На основе проведенного анализа можно прийти к выводу, что программа RizEx-2 может представлять собой ценный инструмент при анализе аварии с участием газопроводов и их последствий. Однако, следует принимать во внимание ограничения программы и не считать полученных результатов окончательными, а как помощь при интерпретации анализируемых событий. Данные, используемые для вычислений, должны быть, прежде всего, полученные на основе расследования инцидента, а результаты программы всегда следует оценивать по отношению к реальным последствиям.

Ключевые слова: взрыв газа, RizEx-2, симуляция аварии, взрывоопасный газ

Вид статьи: тематическое исследование – анализ реальных событий

1. Wprowadzenie

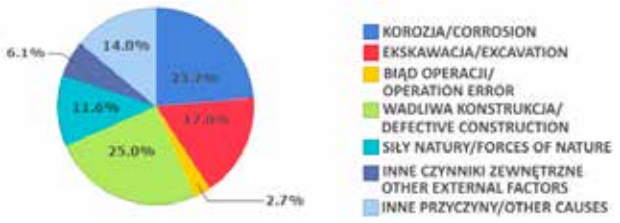
Transport gazów palnych wiąże się z dużym ryzykiem awarii z uwagi na właściwości fizyczne transportowanego medium, takie jak np. niska temperatura wrzenia, palność, tworzenie mieszanin palnych z powietrzem w krótkim czasie. W samych Stanach Zjednoczonych w latach 1994–2014 takich wypadków było 1238, czyli średnio 62 wypadki rocznie. Poniżej na ryc. 1 przedstawiono wykres obrazujący liczbę zdarzeń awaryjnych rurociągów w Stanach Zjednoczonych. (U.S. Department of Transportation Pipeline and Hazardous Materials Safety Administration, 2015).



Ryc. 1. Znaczące awarie gazociągów w Stanach Zjednoczonych w latach 1994–2014 (na podstawie [1])
Fig. 1. Significant pipeline failures in the United States during the years 1994–2014 [1]

Łączna wartość zniszczeń i strat związanych z awariami wyniosła 1 719 312 622 $, co daje średnio rocznie 85 965 631 $. W sumie w wyniku wypadków zginęło 41 osób, a 195 zostało rannych.

Do głównych przyczyn awarii gazociągów zalicza się korozję, zniszczenie podczas ekskawacji, nieprawidłową pracę gazociągu, awarie konstrukcyjne (np. wadliwe spoiny, wady materiałowe), szkody wywołane przez siły natury oraz inne czynniki zewnętrzne np. pożary w okolicy gazociągów, wypadki samochodowe. Procentowy udział poszczególnych przyczyn awarii gazociągów przedstawiono na wykresie na ryc. 2.



Ryc. 2. Przyczyny awarii gazociągów w Stanach Zjednoczonych w ciągu ostatnich 20 lat (na podstawie [1])
Fig. 2. Cause of pipeline failure in the United States over the past 20 years [1]

Gazociągi są niewątpliwie niezbędne do funkcjonowania współczesnego świata, jednak ryzyko ich awarii jest obciążone sporym faktorem zagrożenia. Studia przypadku sytuacji awaryjnych, które potencjalnie mogą powstać, oraz zdarzenia, które miały miejsce w przeszłości, przyczyniają się do powstania nowych rozwiązań zarówno w zakresie zabezpieczeń technicznych, jak i organizacyjnych.

2. Awaria gazociągu z propanem w Port Hudson

W związku z awarią rurociągu w Port Hudson w USA Narodowa Rada Bezpieczeństwa Transportu zleciła tamtejszemu Urzędowi Górnictwa przeprowadzenie śledztwa i sporządzenie raportu dotyczącego wybuchu gazu. Raport ten podsumowuje wypadek, który miał miejsce 9 grudnia 1970 roku, oraz jest próbą określenia charakteru eksplozji na podstawie wniosków wynikających ze zdarzenia. W raporcie skoncentrowano się przede wszystkim na identyfikacji możliwych źródeł zapłonu, obszarze rozprzestrzenienia propanu oraz analizie rozmiaru zniszczeń fali uderzeniowej.

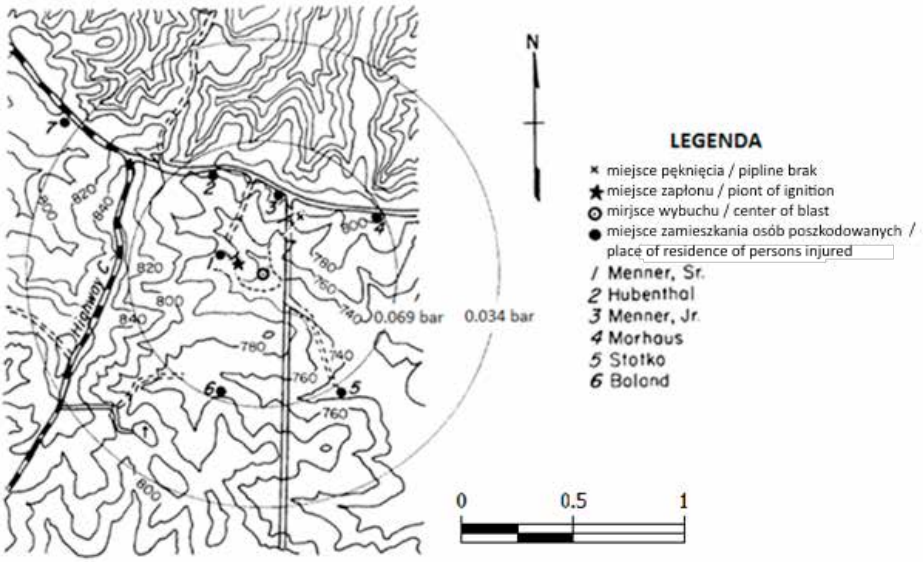
3. Opis wypadku

Pierwszy sygnał o nieprawidłowym działaniu rurociągu odnotowany został o godzinie 22:07 przez pracownika stacji pomp znajdującej się w miejscowości Villa Ridge, oddalonej około 32 km na wschód od miejsca zdarzenia. Pompy zostały automatycznie zamknięte po 3 minutach, a spadek ciśnienia został rozprowadzony równomiernie w gazociągu. Dziesięć minut później gwałtownie wzrosła przepustowość w następnej stacji pomp położonej za miejscem zdarzenia w kierunku zgodnym z przepływem gazu. Był to jednoznaczny sygnał, że gdzieś nastąpiło przerwanie rurociągu. Ciśnienie wydobywającego się gazu w momencie rozerwania się rurociągu wynosiło około 65 bar. O godzinie 22:25 kilku świadków usłyszało dźwięk towarzyszący wypływającemu gazowi znajdującemu się pod wysokim ciśnieniem. Wysokość strumienia gazu wynosiła w pierwszej fazie od 15 do 25 m nad powierzchnią ziemi, a strumień gazu wypłukał w glebie zagłębienie o głębokości 1,2 m i średnicy 3 m.

Na ryc. 3 zobrazowano mapę terenu, na którym doszło do zdarzenia.

BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 143–155

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.13



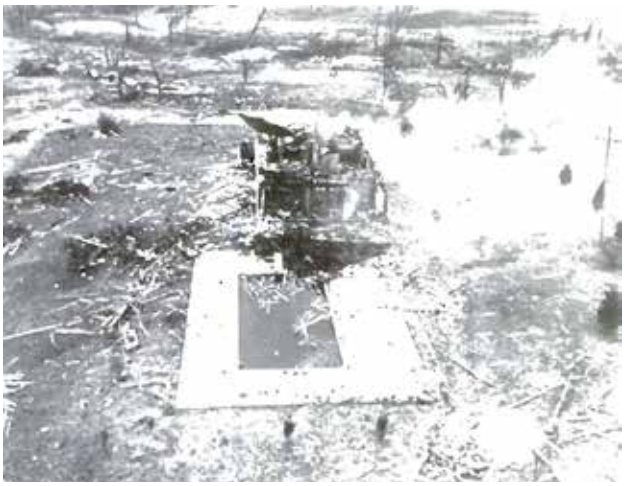
Ryc. 3. Rysunek na podstawie mapy opracowanej przez Amerykański Urząd Górnictwa (na podstawie [2])
Fig. 3. Diagram based on maps prepared by the Bureau of Mines [2]

W dalszym toku wypadków o godzinie 22:44 część mieszkańców okolic zdarzenia ewakuowała się ze swoich domów i zatrzymała się na skrzyżowaniu przy autostradzie „C". Miejsce to położone jest na wzniesieniu, dlatego też świadkowie obserwowali stamtąd dalszy przebieg wydarzeń. Najpierw zauważono rozprzestrzeniającą się chmurę gazu, która wypełniała pobliską dolinę. Chmura objęła swym zasięgiem budynki znajdujące się w okolicy punktu nr 1 w odległości około 300 m i 9–12 m poniżej źródła wycieku propanu. W dalszej części artykułu na ryc. 8 przedstawiono w przybliżeniu wymiary chmury gazu i rozpatrzono dwa rodzaje kształtu chmury. Domy w okolicach pkt 1. na ryc. 3 zarówno w pierwszym, jak i w drugim przypadku, znalazły się w zasięgu mieszaniny wybuchowej.

Według świadków wybuch nastąpił około godziny 22:44. Wszyscy przyznali, że nie wystąpiło zjawisko rozchodzenia się płomienia w mieszaninie, ale że był to nagły rozbłysk światła oraz nastąpił efekt fali nadciśnienia. Jeden ze świadków znajdujący się w odległości 800 m od centrum wybuchu został powalony na ziemię wskutek przejścia fali nadciśnienia. Policjant, który znajdował się w samochodzie około 24 km od miejsca zdarzenia, odczuł wstrząsy. Sejsmograf na Uniwersytecie St. Louis, znajdującym się około 96 km na wschód, zanotował 2,2 x 10^{-3} mm (poziomo) przesunięcia ziemi i podmuch powietrza o niemożliwej do określenia skali. Te zapisy pozwoliły oszacować czas wybuchu na 16 sekund po godzinie 22:44.

Zniszczenia budynków w sąsiedztwie wybuchu przedstawione są na ryc. 4–7. Ocena zniszczeń pozwala stwierdzić, że zjawiskiem zaobserwowanym przez świadków był silny wybuch gazu, który wygenerował falę ciśnienia.

Ryc. 4. Zniszczenia domu rodziny Hubenthal około 500 m od centrum wybuchu, pkt. 2 mapie (ryc. 3), (na podstawie [2])
Fig. 4. The destruction of the Hubenthal family house about 500 m from the centre of the explosion, item 2 on the map (fig. 3) [2]



Ryc. 5. Pozostałości po budynku nr 1, położonym najbliżej epicentrum wybuchu (na podstawie [2])
Fig. 5. The remains of building No. 1, closest to the epicentre of the explosion [2]

Ryc. 6. Zniszczenia budynku nr 5 położonego 610 m od epicentrum wybuchu (na podstawie [2])
Fig. 6. Destruction of building No. 5 located 610 meters from the epicentre of the explosion [2]

Ryc. 7. Zniszczenia ściany budynku nr 4, położonego około 600 m od epicentrum wybuchu, (na podstawie [2])
Fig. 7. Destruction of walls, of building No. 4, located about 600 meters from the epicentre of the explosion [2]

W kolejnych sekundach po wybuchu obserwowano rozchodzący się płomień, który spalał pozostałości mieszaniny propan-powietrze w kierunku zachodnim, w stronę autostrady „C". Większość obserwatorów zdarzenia niezwłocznie przejechało w kierunku północno-zachodnim. Po przybyciu na farmę oznaczoną nr 7 na ryc. 3, około 1,2 km od strony wydarzenia zaobserwowano szczątki budynków gospodarczych Mennera (oznaczonych na ryc. 3 jako nr 1).

W prowadzonych później pracach nad wyjaśnieniem przebiegu wydarzeń oszacowano, że w ciągu pierwszych 24 minut od rozerwania rurociągu wypłynęło 120 m^3 ciekłego propanu.

4. Możliwe źródła zapłonu

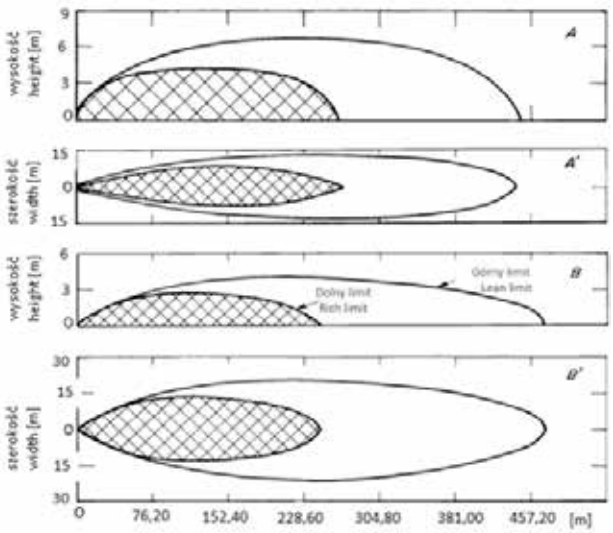
Rozważania na temat potencjalnych źródeł zapłonu rozpoczęto od najbardziej prawdopodobnej możliwości, czyli zapłonu w miejscu wycieku. W tym przypadku propan mógł zapalić się od elektryczności statycznej, poprzez wstrząsy spowodowane wysokim ciśnieniem rozpryskującego się propanu lub przez tarcie rozgrzanych cząstek, takich jak rdza oderwana od rurociągu. Jednakże po 24 minutach wypływu propanu wyrwa otaczająca uszkodzoną rurę musiała być niemalże całkowicie wypełniona czystym propanem, zatem prawdopodobnie stężenie byłoby kilkakrotnie większe niż górna granica wybuchowości propanu, co oznacza, że takie źródło zapłonu byłoby nieskuteczne. Niewykluczone, że elektryczność statyczna mogła zaistnieć wysoko w chmurze gazu. Jednak taki sposób zapłonu zostałby zauważony przez świadków.

Drugim potencjalnym źródłem zapłonu było otoczenie domu Mennera (ryc. 5). Budynek ten znajdował się nieznacznie wyżej niż pozostałe zabudowania gospodarcze i na podstawie dowodów wiadomo, że był poza zasięgiem łatwopalnej strefy chmury propanu. Zauważono, że trawa oraz rośliny wokół domu były prawie niespalone (brak pożaru przestrzennego).

Około 45 m na południowy wschód od domu Mennera stał murowany magazyn i to najprawdopodobniej w tym miejscu nastąpiło zainicjowanie zapłonu. Na parterze budynku znajdowały się cztery pomieszczenia, zawierające sześć zamrażarek, które pracowały w chwili zdarzenia. Ze względu na nieszczelności w przesuwanych drzwiach garażowych część gazu mogła przedostać się do wnętrza budynku i wytworzyć w środku mieszankę wybuchową. Zakłada się, że zapłon mieszanki mógł pojawić się w panelu kontrolnym chłodziarki. Gdy płomienie wypełniły wnętrze magazynu, turbulencje powstałe przy drzwiach znacznie przyspieszyły proces spalania i w całym budynku mogła skumulować się ogromna ilość energii. Powstałe ciśnienie wygenerowane w stałej objętości (wnętrze budynku) zostało skierowane na zewnątrz przez otwory budynku (okna, drzwi), wyzwalając energię wystarczającą do zapoczątkowania detonacji.

5. Tworzenie się mieszaniny wybuchowej

Na ryc. 8 przedstawione zostały rozmiary i przypuszczalny zasięg strefy wybuchowej obliczone przez autorów raportu. Zaprezentowano dwa modele obliczeń oznaczone jako A i B. W obu przypadkach założono jednostajny wyciek gazu, a obliczony przepływ propanu wyniósł 25,5 m^3/s. Za średnią prędkość wiatru przyjęto 3 m/s.



Ryc. 8. Przypuszczalne rozmiary chmury propanu, widok z boku i z góry – (A, A') metodą A i (B, B') metodą B, (na podstawie [2])
Fig. 8. Putative propane cloud dimensions, side and top views (A, A') by method A, and (B, B') by method B (based on [2])

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.13

Uzyskane maksymalne stężenia wahały się od 35% propanu na odległości 91 m do 2,8% propanu na odległości 448 m od źródła. Granice wybuchowości 7,0% (GGW) i 2,8% (DGW) propanu zostały podane na ryc. 8 (B, B'). Długość chmury wybuchowej jest wydłużona w stosunku do A z 448,06 m do 472,44 m i obszar zwiększony jest z 9712,5 m^2 do 15378,1 m^2. Jakkolwiek z powodu zmniejszenia maksymalnej wysokości chmury z 6,71 m do 4,27 m wielkość chmury detonacyjnej zwiększyła się jedynie z 31100 m^3 do 42500 m^3.

Objętość propanu w mieszaninie z powietrzem oszacowano w raporcie na około 1 529,1 m^3. Przy uwzględnieniu gęstości propanu w warunkach standardowych (1,882 kg/m^3) jego masa wynosiłaby 2877,8 kg.

W powyższych kalkulacjach nie ujęto cięższej od powietrza mieszaniny gazowej zalegającej przy powierzchni terenu, która powstała z uwagi na bardzo stabilne warunki pogodowe. Tabela nr 1 zawiera listę warunków meteorologicznych w miejscu i czasie zdarzenia oszacowane przez National Weather Service. Niska prędkość wiatru przy powierzchni, małe zachmurzenie, inwersja temperatury na poziomie 600 m sugerują stabilność atmosfery w kategorii F.

Tabela 1. Warunki pogodowe w czasie zdarzenia zarejestrowane przez stację meteorologiczną w Port Hudson (na podstawie [2])
Table 1. Weather conditions during the incident, recorded by the meteorological station at Port Hudson (based on [2])

Wysokość/ Height [m]	Temperatura/ Temperature [°C]	Prędkość wiatru/ Wind velocity [m/s]	Kierunek wiatru / Wind direction
0	1	2,5	60°
150	3	4,1	70°
300	7	5,2	90°
600	11	5,2	90°
900	9	5,2	193°
1500	6	6,2	228°

Nachylenie terenu, na którym miało miejsce przedstawione zdarzenie, wynosi około 2%. Stąd też należałoby oczekiwać, że warstwa propanu spłynie do niższych poziomów doliny.

Bardzo istotne dla charakteru dyspersji propanu miały warunki początkowe wycieku. Skoro propan został uwolniony do atmosfery jako ciecz pod wysokim ciśnieniem o temperaturze 1°C, to około ¼ z tego musiała być natychmiast odparowana, chłodząc jego pozostałą część i doprowadzając do punktu wrzenia wynoszącego –42°C. W tych warunkach gęstość propanu w fazie gazowej wynosi 2,417 kg/m^3. Według świadków propan w postaci skroplonej został rozproszony jako słup o wysokości od 15 do 24 m. Istotny jest fakt, że kropelki propanu pobierają ciepło do parowania raczej z otaczającego powietrza niż z ziemi. Daje to zapotrzebowanie ciepła zawartego w około 4,08 kg powietrza o temperaturze 1°C do przeprowadzenia w fazę gazową 0,45 kg propanu o temperaturze -42°C. Otrzymana mieszanka, która wynosi 10% wagowych lub 7% objętościowych propanu o temp. –42 °C, jest o 20% gęstsza niż otaczające ją powietrze.

6. Analiza zniszczeń

Podczas oględzin zniszczenia podzielono na dwie strefy. Na podstawie tych danych można odnieść się do masy TNT, która spowodowałaby zniszczenia równe tym, które powstały w wyniku eksplozji propanu.

1. Zniszczenia struktury domów i okolicznych zabudowań, gdzie nadciśnienie wynosiło około 6,9 kPa lub więcej.
2. Straty w odległym terenie, gdzie nadciśnienie mogło wynosić około 0,24 kPa.

Liczba zniszczonych posesji została podana w tabeli 2. Dane te zostały użyte do wygenerowania skumulowanych wartości procentowych zniszczeń. Zniszczenia zaobserwowano w promieniu 8047 m, najwięcej zniszczeń (97,3%) znalazło się w promieniu 1609 m od epicentrum wybuchu.

Tabela 2. Liczba zniszczonych obiektów (na podstawie [2])
Table 2. The number of destroyed buildings [2]

Odległość/ Distance [m]	Zniszczone obiekty liczba/ The number of destroyed buildings	Zniszczenia/ Destruction [%]
1609	36	97,3
3219	69	75
4828	97	57,7
6437	109	38,4
8047	126	30

- Zniszczenia w odległości 800 m od wybuchu.

Ryciny 4–7 pokazują następstwa wybuchu dla kilku obiektów znajdujących się w zasięgu obłoku propanu. Prawdopodobne centrum wybuchu zostało oznaczone na mapie na ryc. 3. Można założyć, że 3 z 5 budynków zostało zniszczonych siłą wybuchu odpowiadającej detonacji 45–68 ton TNT. Posesja Stotko (pozycja 6 na ryc. 3) została uszkodzona w takim stopniu, że żadne racjonalne umieszczenie centrum wybuchu nie mogło spowodować zniszczeń równych takiej sile, w porównaniu do skali zniszczeń pozostałych budynków. Przypuszcza się, że topografia terenu spowodowała skupienie impulsu ciśnienia na tym budynku. Ostatecznie można oczekiwać, że zniszczenia mogły być większe w bliższym obszarze w kierunku rozprzestrzeniania się detonacji. Pomimo tych ograniczeń twierdzenie, że domostwa w sąsiedztwie zostały zniszczone przez siłę równą detonacji 45–68 ton TNT umieszczonego w centrum wybuchu, pozostaje prawdziwe.

- Niewielkie zniszczenia w dalekiej odległości.

Przez wiele lat korzystano ze stopnia zniszczenia okien po wybuchu jako wyznacznika uwolnionej energii. Starsze opracowania podają krytyczne ciśnienie równe 3,4–6,9 kPa dla stłuczenia szyb. Odnosząc te wartości do opisywanego zdarzenia, można by wywnioskować, że takie zniszczenie powinno być ograniczone do małego terenu

wokół wybuchu. Jednakże w sytuacji, gdy w nowoczesnych budowlach powierzchnia okien jest większa, wartość krytycznego ciśnienia wymaganego do rozbicia szyb jest mniejsza. Obecnie akceptuje się ciśnienie rzędu 3,4 kPa jako wystarczające [3].

7. Analiza zdarzenia w RizEx

Program RizEx-2 został zaprojektowany, aby wspomagać procedury oceny ryzyka w obiektach, dla których istnieje duże prawdopodobieństwo wystąpienia awarii. W tym rozdziale przeanalizowana zostanie możliwość wykorzystania programu do odtworzenia wypadków z udziałem substancji niebezpiecznych w terenie innym niż przemysłowy.

Moduły numeryczne pakietu oprogramowania RizEx-2 służą do obrazowania procesów fizycznych, w przypadku wystąpienia zdarzenia awaryjnego, takich jak np. dyspersja gazów, parowanie cieczy, pożar czy wybuch. Każdy moduł obliczeniowy wykonuje także symulacje rozwoju tych procesów na podstawie modeli numerycznych odpowiadających charakterowi procesów i uwzględniających towarzyszące im warunki (np. warunki meteorologiczne, pokrycie terenu).

Poniżej zawarto listę modułów oferowanych przez pakiet RizEx-2 oraz krótki opis ich funkcji [5–7].

- Data Base (Baza właściwości substancji niebezpiecznych) – zawiera minimalny zestaw danych, potrzebnych do obliczeń przez poszczególne moduły. Bazę można edytować za pomocą programu Microsoft Access.
- Fault Tree (Drzewo błędów) – symulacja zdarzenia przy pomocy drzewa błędów, obliczanie prawdopodobieństwa zdarzenia w drzewie błędów, analiza minimalnego prawdopodobieństwa wypadku.
- Reliability Data Base (Baza danych niezawodnościowych) – zawiera bazę danych określającą prawdopodobieństwo awarii różnych typów urządzeń technologicznych.
- Accidents (Zdarzenia awaryjne) – moduł pozwala na uzyskanie ilościowej analizy prawdopodobieństwa zaistnienia zagrożeń fizycznych w wyniku awarii aparatury.
- Event Tree (Drzewo zdarzeń) – symulacja rozwoju warunków wypadku z użyciem drzewa zdarzeń, obliczanie prawdopodobieństwa zaistnienia awaryjnych zdarzeń, analiza efektywności i niezawodności środków ochronnych. Poszukiwanie rozwiązań w celu zwiększenia wydajności i niezawodności środków ochronnych.
- Liquid Discharge (Wypływ cieczy) – symulacja dynamiki wypływu fazy ciekłej ze zbiorników o różnych kształtach, uwzględniająca lokalne i hydrauliczne opory oraz określenie warunków powstania rozlewiska dla palnych, niebezpiecznych i toksycznych substancji.
- Gas Release (Uwolnienie gazu) – symulacja dynamiki wypływu gazu ze zbiorników o różnych kształtach, uwzględniająca lokalne i hydrauliczne opory oraz określenie warunków formowania mieszaniny gaz/powietrze.
- Evaporation (Odparowanie) – obliczenie przepływu fazy gazowej do atmosfery w przypadku uwolnienia podgrzanej mieszaniny wieloskładnikowej oraz odparowania z powierzchni rozlewiska.
- Dispersion Gaussian Model Neutral Gas (Dyspersja, Model Gaussa Gaz neutralny) – wyznaczenie zmiany stężenia substancji gazowych w czasie od momentu uwolnienia w każdym punkcie przestrzeni, z uwzględnieniem warunków atmosferycznych, kierunku oraz siły wiatru. Graniczna wartość toksycznej dawki substancji. Określenie szybkości ewakuacji i prawdopodobieństwa obrażeń osób jako rezultatu zatrucia. Zastosowanie modelu Gaussa.
- Formation of Explosion-Hazardous Cloud (Formowanie atmosfery wybuchowej) – określenie zmiany masy substancji, pomiędzy górną a dolną granicą palności, w czasie.
- Explosion: Calculation Based on Empirical Relationships (Wybuch: Obliczenie oparte na zależnościach empirycznych) – symulacja propagacji fali ciśnienia w mieszaninie palnej w przypadku wybuchu substancji w fazie skondensowanej. Zdefiniowanie wpływu fali ciśnienia na obiekty. Obszar zniszczeń oraz stopień zniszczenia budynków. Określenie stref rażenia o różnych stopniach nasilenia, uwzględniając przypadki śmiertelne, jak również prawdopodobieństwo narażenia zdrowia znajdujących się w tych strefach.
- Fire, Calculation by Empirical Relationships (Pożar, Obliczenia oparte na zależnościach empirycznych) – określenie prawdopodobieństwa oddziaływania promieniowania cieplnego na ludzi, jak również możliwości zapłonu materiałów narażonych na działanie strumienia ciepła.
- Fire, 3D Model (Pożar Model 3D) – natężenie przepływu cieplnego od płomieni do narażonych powierzchni, przedstawione w przestrzeni trójwymiarowej, określone poprzez całkowanie równań opisujących przepływy cieplne. Prawdopodobieństwo wypadków z udziałem ludzi na drogach ewakuacyjnych. Prawdopodobieństwo zapłonu materiałów znajdujących się w obiektach poddanych obciążeniom cieplnym,
- Torch (Pożar strumieniowy) – takie same charakterystyki jak w punkcie 13 są określane dla pożaru strumieniowego typu poziomego lub pionowego.
- Risk (Ryzyko) – wyznaczenie obszarów lokalnego ryzyka w badanym obiekcie przemysłowym opisanego i zdefiniowanego przez ekspertów. Pojedyncze ryzyko określane jest dla konkretnych obszarów (zakładu przemysłowego, obszaru wiejskiego, dzielnicy miasta itp.). Przypuszczalna liczba ofiar (ryzyko społeczne) określana jest z uwzględnieniem gęstości zaludnienia w analizowanym regionie.

  Fragment Dispersion (Odłamkowanie) – symulacja trajektorii lotu odłamków z uwzględnieniem warunków zniszczenia zbiornika, kąta trajektorii lotu oraz masy i kształtu fragmentów. Określenie prędkości przemieszczania się fragmentów w każdym punkcie trajektorii, z uwzględnieniem oporów powietrza i panujących warunków. Prawdopodobieństwo zderzenia z obiektami.

Do wykonania symulacji zdarzenia w Port Hudson skorzystano z modułów:

- Dispersion Gaussian Model – Neutral Gas – dyspersja substancji niebezpiecznej z użyciem modelu Gaussa.
- Formation of Explosion-Hazardous Cloud – formowanie strefy wybuchowej.

BiTP Vol. 38 Issue 2, 2015, pp. 143–155

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.13

- Explosion – oszacowanie nadciśnienia powstałego w wyniku eksplozji oraz obszaru objętego jego skutkami.

Aby uzyskać lepszy obraz tego, jak program poradzi sobie z odzwierciedleniem zdarzenia w Port Hudson, założono wystąpienie takich samych warunków pogodowych oraz prędkości wycieku propanu, które zostały podane w raporcie. Rozpatrzono dwa scenariusze rozwoju wydarzeń. W scenariuszu 1 przyjęto prędkość wiatru równą 3 m/s, a w scenariuszu 2 równą 4 m/s.

7.1. Formowanie strefy wybuchowej

Do symulacji dyspersji propanu w powietrzu zastosowano dwa moduły programu RizEx-2 – Formation of Explosion-Hazardous Cloud oraz Dispersion Gaussian Model – Neutral Gas.

Każdy z ww. modułów umożliwia wybór jednego z trzech scenariuszy:

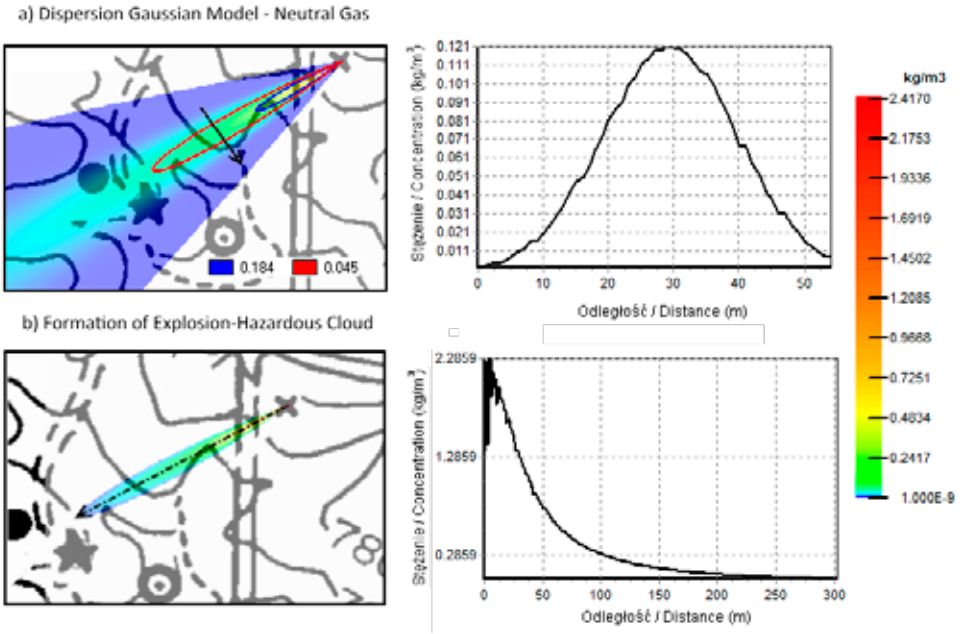
- natychmiastowy wyciek zawartości gazu z uszkodzonej aparatury,
- ciągły wyciek gazu z uszkodzonej aparatury,
- parowanie substancji po wycieku.

Wynikiem symulacji w omawianych modułach jest wartość stężenia substancji gazowej w określonej odległości od miejsca wycieku, jak również jej zasięg i wysokość nad ziemią. Innymi słowy powstaje rozkład stężenia w przestrzeni trójwymiarowej. Modele oparte są na technice polegającej na określeniu zmian stężenia substancji niebezpiecznej w czasie i przestrzeni, z uwzględnieniem prędkości i kierunku wiatru. Obliczenia wykonane są na podstawie zależności z rozkładu Gaussa.

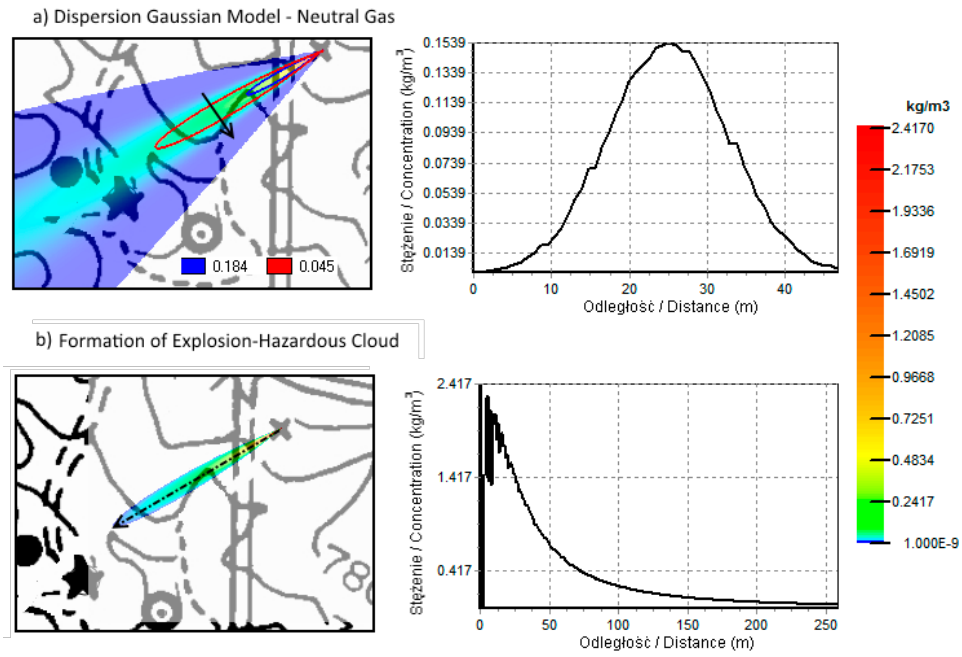
Możliwości obu modułów są podobne, jednak istnieją między nimi dwie istotne różnice. Pierwsza różnica polega na tym, że model Formation of Explosion-Hazardous Cloud przedstawia chmurę propanu o stężeniu wyższym niż dolna granica wybuchowości, natomiast Dispersion Gaussian Model – Neutral Gas obrazuje cały zakres rozkładu stężenia tej chmury.

Kolejna różnica dotyczy dodatkowej funkcji pierwszego z omawianych modułów. Za pomocą Formation of Explosion-Hazardous Cloud możliwe jest wyznaczenie masy propanu zawartej pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości. Nie jest to możliwe w przypadku zastosowania modułu Dispersion Gaussian Model – Neutral Gas.

Na potrzeby wykonania symulacji zdarzenia awaryjnego w Port Hudson wybrano scenariusz zakładający ciągły, jednostajny wyciek gazu z prędkością o wartości identycznej, jak ta podana w raporcie równej 25,5 m^3/s. Po wybraniu modelu i scenariusza, do programu wprowadzono niezbędne dane. Następnie uruchomiona została sekwencja obliczeniowa, której rezultat w postaci rozkładu stężenia utworzonej chmury program przedstawił w formie graficznej na mapie (ryc. 9 i 10). Na ryc. 9 przedstawiono wynik obliczeń dla scenariusza 1, a na ryc. 10 – dla scenariusza 2. Na rycinach w punkcie „a" zobrazowano rozkład stężenia uzyskany w modelu Dispersion Gaussian Model – Neutral Gas, a w punkcie „b" w modelu Formation of Explosion-Hazardous Cloud. Program umożliwia „przecięcie" wygenerowanej chmury w dowolnym miejscu. W tym przypadku wykonano tę operację: „a" w poprzek i „b" wzdłuż powstałej chmury propanu. Miejsca te oznaczono na rycinach 9 i 10 za pomocą strzałek. Po wybraniu miejsca przekroju program automatycznie wygenerował wykresy przedstawiające rozkład stężeń na wybranym odcinku, zgodnie z wartościami wskazanymi na rycinach 9 i 10. Z wygenerowanych wykresów wynika, że najwyższe stężenie propanu występuje w centralnej części chmury oraz przy źródle wycieku gazu, co w dużym stopniu jest zbieżne z tezą określoną w trakcie badań przez Urząd Górniczy Stanów Zjednoczonych (U.S. Bureau of Mines), o braku możliwości wystąpienia aktywnego źródła zapłonu w tym obszarze.



Ryc. 9. Dyspersja propanu w scenariuszu 1
Fig. 9. The dispersion of propane in scenario 1
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.



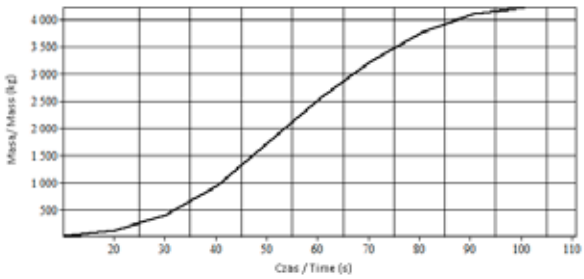
Ryc. 10. Dyspersja propanu w scenariuszu 2
Fig. 10. The dispersion of propane in scenario 2
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Po prawej stronie na rycinach 9 i 10 znajduje się skala gradientowa. Program automatycznie przyporządkowuje różnym kolorom wartości stężenia. Kolor czerwony reprezentuje maksymalną wartość stężenia w powstałej chmurze propanu, której wartość podaje użytkownik w oparciu o warunki zaistniałego zdarzenia. W tym przypadku wyniosła ona 2,417 kg/m^3. Jest to wartość równa gęstości propanu w temperaturze jego wrzenia, wynoszącej -42°C. Jak już wcześniej wspomniano, gaz ulatniał się z rurociągu pracującego pod ciśnieniem, dlatego w wyniku rozprężenia ochłodził się on w miejscu wycieku do takiej temperatury.

Bardzo użyteczną opcją w zastosowanym module jest możliwość naniesienia na otrzymaną mapę granic obszaru wybuchowego. Na rycinach 9 oraz 10 dolną granicę wybuchowości oznaczono linią czerwoną, natomiast górną granicę wybuchowości – linią niebieską. Granice te wyrażone są w kg/m^3.

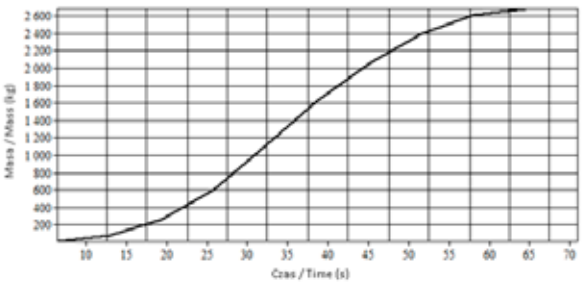
Zgodnie z raportem najbardziej prawdopodobnym miejscem inicjacji wybuchu był magazyn z chłodziarkami, oznaczony na rycinach 3, 9 i 10 symbolem gwiazdy. Jednak mieszanina propanu z powietrzem o stężeniu pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości wyznaczona w programie RizEx-2 nie objęła swoim zasięgiem ani miejsca wskazanego przez Urząd Górnictwa, ani innych budynków na mapie. Zatem na podstawie wniosków z obliczeń należałoby zaproponować inne źródło zapłonu oraz jego miejsce wystąpienia. Nawiązując do rozważań opisanych w raporcie opisanych w rozdziale 4 niniejszego artykułu, propan mógł zapalić się od elektryczności statycznej poprzez wstrząsy spowodowane wysokim ciśnieniem rozpryskującego się propanu lub przez tarcie rozgrzanych cząstek, takich jak rdza oderwana od rurociągu.

Następny etap stanowiło wyznaczenie masy propanu, który znajdował się w mieszaninie z powietrzem pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości oraz jego zasięgu. Wartość ta jest równa masie gazu, która wzięła udział w eksplozji. Na rycinach 11 i 12 znajdują się wykresy zależności masy propanu pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości od czasu, który upłynął od momentu przerwania rurociągu. Mimo że całkowity czas uwolnienia trwał 24 minuty (wartość tę uwzględnia program), RizEx-2 przedstawił wyniki tylko do momentu ustabilizowania się masy propanu. Dla scenariusza 1 masa propanu pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości ustabilizowała się po ok. 100 s, natomiast dla scenariusza 2 – po ok. 65 s. Wartość ta nie uległa zmianie przez cały czas wypływu gazu aż do momentu zainicjowania wybuchu w 24 minucie.



Ryc. 11. Zależność masy propanu w stężeniu pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości od czasu dla scenariusza 1
Fig. 11. The dependence of the mass of propane over time for scenario 1
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.13



Ryc. 12. Zależność masy propanu w stężeniu pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości od czasu dla scenariusza 2
Fig. 12. The dependence of the mass of propane over time for scenario 2
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Na podstawie wyżej opisanych wykresów można stwierdzić, że wzrost prędkości wiatru o 1 m/s zmniejsza masę propanu pomiędzy dolną, a górną granicą wybuchowości z 4205 kg przy wietrze o prędkości 3 m/s, na 2683 kg przy prędkości wiatru wynoszącej 4 m/s.

Program wyznaczył również zasięg oraz szerokość dolnej granicy wybuchowości propanu. Dla scenariusza 1 zasięg wyniósł 302 m, a szerokość 33 m. Z kolei dla scenariusza 2 – odpowiednio 256 m i 28 m. Wartości te odczytane zostały z raportu wygenerowanego w wyniku sekwencji obliczeniowej. Wartość ta została wykorzystana do wykonania symulacji dalszych skutków wydarzenia w module Explosion.

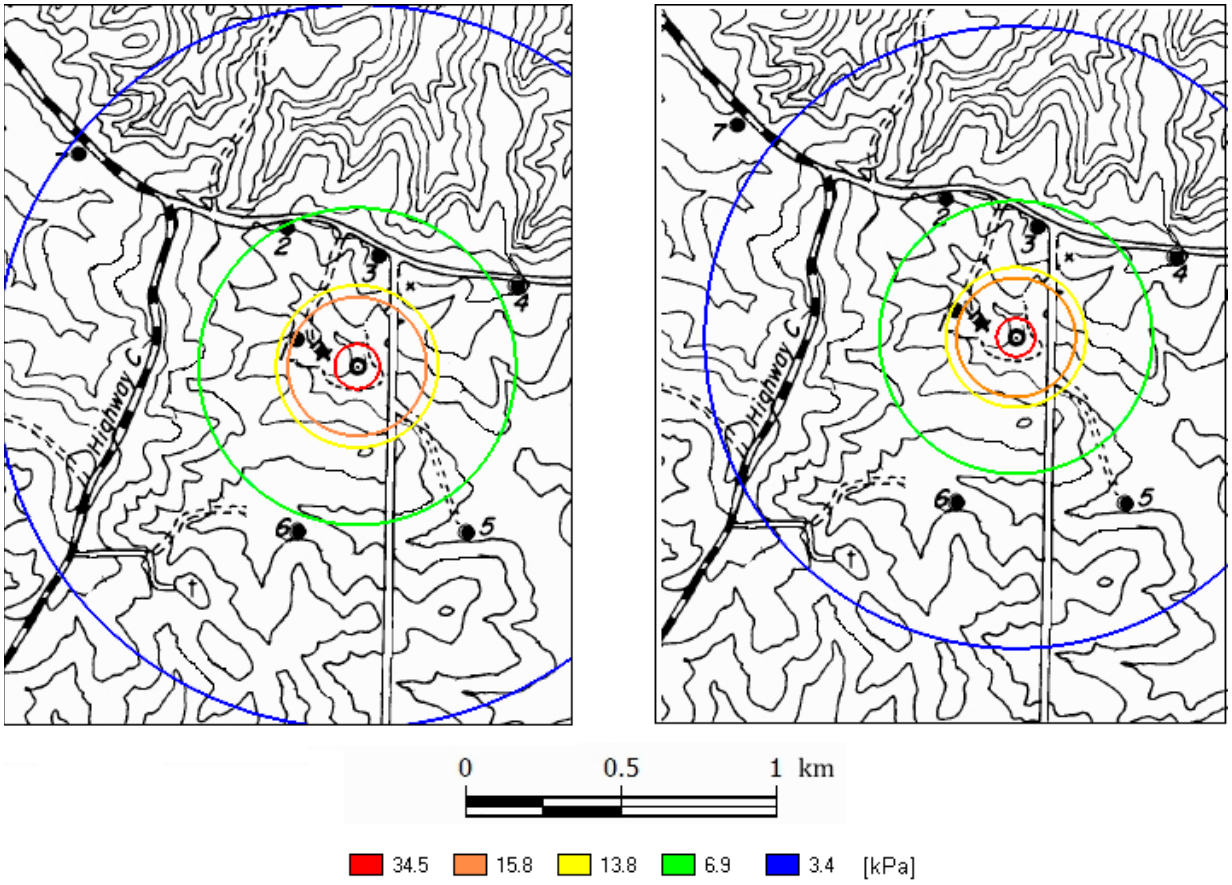
7.2. Analiza efektów eksplozji

Model eksplozji zaproponowany przez RizEx oblicza zakres i siłę eksplozji na podstawie masy substancji biorącej udział w wybuchu. Otrzymane wartości zakresu eksplozji przedstawione zostały na ryc. 13 w postaci stref z naniesionymi granicznymi wartościami nadciśnienia. Reprezentację tych wartości zestawiono w tabeli 3 w postaci opisu zniszczeń.

Tabela 3. Efekt działania nadciśnienia na konstrukcje (na podstawie [4])
Table 3. The effect of overpressure on the construction [4]

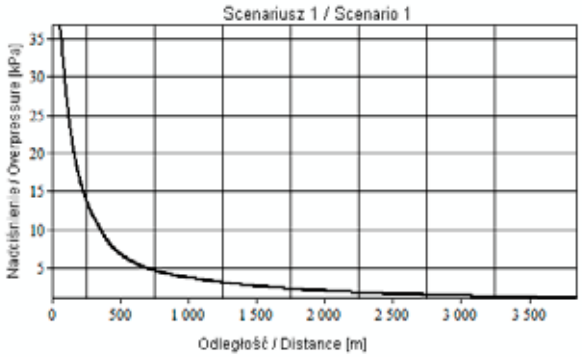
Nadciśnienie/ Overpressure [kPa]	Opis zniszczeń/ Description of damage
3,4	Małe i duże szklane okna zbite, możliwe uszkodzenia ram okiennych / Small and large glass window firm, possible damage to the window frames.
6,9	Częściowo uszkodzone domy, nie nadają się do dalszego zamieszkania / Partially damaged houses, not suitable for further residence.
13,8	Częściowe zawalenie ścian i dachów domów / Partial collapse of walls and roofs of the houses.
15,8	Dolny limit poważnych uszkodzeń konstrukcji budowlanych / The lower limit of serious structural damage.
34,5	Niemal całkowicie zniszczone domy / Almost completely destroyed houses.

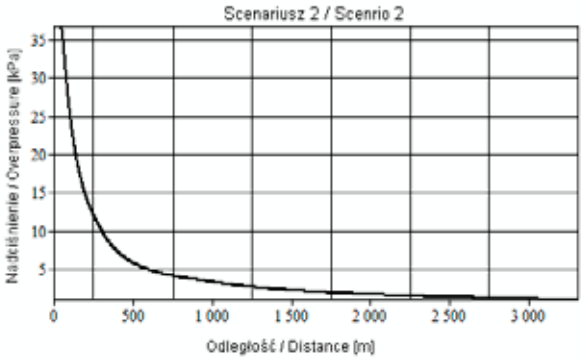
Wyniki modelu wybuchu obliczonego dla scenariusza 1 są bardziej zgodne z wynikami raportu i lepiej odzwierciedlają efekty zdarzenia. Widać to na podstawie otrzymanych zakresów stref dla poszczególnych wartości nadciśnienia. Przykładowo według scenariusza 1 dom oznaczony nr 1 znajdowałby się w strefie nadciśnienia do 15,8 kPa, co oznaczałoby na podstawie tabeli 3 poważne uszkodzenie jego konstrukcji. Znajduje to potwierdzenie w zebranej w raporcie dokumentacji (zob. zdjęcie domu nr 1 na ryc 5). Natomiast według scenariusza 2 dom ten znajdowałby się poza tym obszarem, co oznaczałoby mniejsze zniszczenia. Podobne wnioski można wysnuć na podstawie stanu domu nr 2. Zgodnie z założeniami scenariusza 1 dom ten znajdowałby się w strefie nadciśnienia do 6,9 kPa, a w scenariuszu 2 – poza tym obszarem. Na podstawie zdjęcia tego budynku (zob. ryc. 4), na którym widać wyraźnie uszkodzoną konstrukcję ścian, można stwierdzić, że nie nadawałby się on do dalszego zamieszkania. W związku z tym można jeszcze raz potwierdzić słuszność założeń scenariusza 1.



Ryc. 13. Strefy działania ciśnienia wybuchu z podziałem na wartości krytyczne dla od lewej: scenariusza 1 i scenariusza 2
Fig. 13. Explosion of the pressure zone divided into critical values. From the left: Scenario 1 and Scenario 2
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Program RizEx-2 umożliwia również oszacowanie promienia oddziaływania nadciśnienia wygenerowanego przez eksplozję. Na ryc. 14 znajdują się wykresy przedstawiające te wartości w zależności od odległości od miejsca wybuchu dla scenariusza 1 oraz scenariusza 2. Minimalna wartość nadciśnienia rejestrowana przez program wynosi 1 kPa, poniżej tej wartości program nie generuje wyników. Zasięg działania minimalnego nadciśnienia w przypadku pierwszym wynosi około 3500 m, natomiast w drugim przypadku – około 3000 m.





Ryc. 14. Zasięg działania minimalnego nadciśnienia rejestrowanego przez program RizEx (1 kPa) od miejsca eksplozji propanu w Port Hudson.
Fig. 14. The operating range of overpressure (min. 1 kPa) generated by a propane explosion at Port Hudson
Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

Ponadto w programie wyznaczone zostały wartości masy TNT odpowiadające energii wybuchu. Dla przypomnienia wartości podane w raporcie oszacowano na 45–68 t TNT. Na podstawie założeń scenariusza 1, program RizEx-2 obliczył tę wartość na 84,5 t TNT, natomiast w przypadku scenariusza 2 – na 54 t TNT.

DOI:10.12845/bitp.38.2.2015.13

8. Podsumowanie

Dokonano analizy możliwości odtworzenia sytuacji awaryjnej z wykorzystaniem programu RizEx-2 na podstawie zdarzenia, które miało miejsce w roku 1970 w Port Hudson (USA), w celu zbadania zasadności użycia tego programu do przeprowadzania oceny skutków wypadków z udziałem gazów wybuchowych. Wykorzystano do tego trzy moduły programu: dwa dotyczące dyspersji gazu (Dispersion Gaussian Model – Neutral Gas, Formation of Explosion-Hazardous Cloud) oraz model wybuchu (Explosion). Uzyskane w programie RizEx-2 wyniki porównano z raportem sporządzonym bezpośrednio po zdarzeniu przez Amerykański Urząd Górnictwa. Ich porównanie przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4. Zestawienie wyników uzyskanych w programie RizEx-2 oraz danych opisanych w raporcie wykonanym przez Amerykański Urząd Górnictwa
Table 4. Summary of the results obtained in the RizEx-2 and the data described in the report made by the U.S. Bureau of Mines

Parametr/Parameter	Wyniki raportu / The results of the report	RizEx-2 scenariusz 1 / scenario 1	RizEx-2 scenariusz 2 / scenario 2
Zasięg smugi / Range of the trail	Zasięg pewny / Sure range: 230–267 m Zasięg przypuszczalny / Supposed range: 438–460 m	302 m	256 m
Szerokość smugi / Width of the trail	Zasięg pewny / Sure range: 15–30 m Zasięg przypuszczalny/ Supposed range: 30–45 m	33 m	28 m
Masa propanu pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości / The mass of propane between the lower and the upper explosion limit	2877,8 kg	4205 kg	2683 kg
Zasięg nadciśnienia 6,9 kPa / Pressure range 6.9 kPa	600 m	483 m	428 m
Zasięg nadciśnienia 3,4 kPa / Pressure range 3.4 kPa	1025 m	1104 m	953 m
Masa TNT odpowiadająca energii wybuchu / The mass of TNT equivalent blast power	45–68 t TNT	84,5 t TNT	54 t TNT

Źródło: Opracowanie własne.
Source: Own elaboration.

W porównaniu z wynikami raportu sporządzonego bezpośrednio po awarii w Port Hudson (USA) przez Amerykański Urząd Górnictwa, symulacja w programie RizEx-2 w stopniu dobrym odwzorowuje to zdarzenie.

1. Obszar zajmowany przez mieszaninę propanu i powietrza wyznaczony przez program RizEx-2 jest zbliżony do wartości podanych jako „zasięg pewny" oraz „szerokość pewna" w raporcie i nie przekracza wartości „zasięgu przypuszczalnego" ani „szerokości przypuszczalnej".
2. Masa propanu pomiędzy dolną a górną granicą wybuchowości wyznaczona w scenariuszu 2 jest zbliżona do wartości opisanej w raporcie, jednak to scenariusz 1 powinien był lepiej odwzorować tę wartość, ze względu na identyczną wartość prędkości wiatru.
3. Zakresy nadciśnienia otrzymane w RizEx-2 są spójne jedynie dla wartości 3,4 kPa, natomiast dla wartości 6,9 kPa, są wyraźnie mniejsze. Dla scenariusza 1 różnica wynosi 117 m, a dla scenariusza 2 – 172 m w porównaniu do wartości wynikającej z raportu, tj. 600 m.
4. Wyznaczona masa TNT, która odpowiadałaby energii wybuchu, mieści się w zakresie podanym w raporcie jedynie dla scenariusza 2. W przypadku scenariusza 1 przekracza ona znacznie te wartości.
5. Program RizEx nie uwzględnia kształtu terenu ani faktu, że propan jest gazem cięższym od powietrza. Stąd wynikać mogą rozbieżności i nieścisłości przy analizie zaistniałych zdarzeń awaryjnych. Przykładem tego jest błędna ocena zniszczeń budynku oznaczonego numerem 5 na mapie (ryc. 3), który według programu uległby jedynie nieznacznym uszkodzeniom. W raporcie wyraźnie udokumentowane zostały większe uszkodzenia, co jednoznacznie można stwierdzić na

podstawie ryc. 6. Wynika to z faktu, że model Gaussa, który wykorzystywany jest przez RizEx-2 do obliczeń dyspersji, ma zastosowanie jedynie dla gazów o dodatnim i neutralnym współczynniku unoszenia. W związku z tym jego obliczenia dotyczące propanu, który jest cięższy od powietrza, są obarczone błędem.

6. Obszar między dolną a górną granicą wybuchowości wyznaczony przez program nie obejmował żadnego z obiektów na mapie, z czego można wnioskować, że budynek z chłodziarkami, na który wskazano w raporcie, nie mógłby stanowić skutecznego źródła zapłonu. Natomiast zgodnie z raportem propan ze względu na to, że jest gęstszy od powietrza oraz ze względu na słabe jego wymieszanie w związku ze słabym wiatrem, przemieszczałby się blisko nad ziemią. Dodatkowo z uwagi na to, że wspominany budynek znajdował się w dolinie, propan prawdopodobnie spłynąłby grawitacyjnie do tego miejsca, a następnie przedyfundował do wnętrza budynku i utworzył mieszankę o stężeniu wybuchowym. Jeszcze raz rozbieżności pomiędzy wynikami uzyskanymi z programy odbiegają od rzeczywistości w związku z tym, że program nie uwzględnił właściwości propanu oraz kształtu terenu.
7. Za pomocą programu nie można jednoznacznie ocenić, czy powstały wybuch nosił znamiona detonacji, ponieważ program nie wyznacza prędkości rozprzestrzeniania się fali ciśnienia ani prędkości spalania.

Na podstawie powyższych wnioskuje się, że program RizEx-2 może stanowić cenne narzędzie w analizie awarii z udziałem gazociągów oraz ich następstw. Jednakże należy uwzględnić ograniczenia programu i nie traktować otrzymanych wyników jako ostatecznych, a jako pomoc w interpretacji analizowanych zdarzeń. Dane wykorzystywane do obliczeń powinny być przede wszystkim uzyskane na podstawie dochodzenia ze zdarzenia, a wyniki programu zawsze ewaluowane w odniesieniu do rzeczywistych skutków.

Badanie zrealizowane w ramach projektu finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (NCBR) w ramach projektu nr DOB-BIO6/02/50/2014 pt. „Opracowanie metod neutralizacji zagrożenia wybuchu wytypowanych zbiorników z gazami technicznymi, w tym alternatywnymi źródłami zasilania w środowisku pożarowym na potrzeby ratowników biorących udział w akcjach ratowniczo-gaśniczych".

Literatura

[1] Pipeline Incident 20 Year Trends [dok. elektr.], http://www.phmsa.dot.gov/pipeline/library/datastatistics/pipelineincidenttrends, [Dostęp: 05.03.2015].
[2] Burgess D.S., Zabetakis M.G., Detonation of a flammable cloud following a propane pipeline break, Bureau of Mines, USA 1973.
[3] Saleev E., *Raschetnyy metod otsenki granits zon razrusheniy pri vzryve gazoparovozdushnykh smesey*, "Pozhary i chrezvychajnye situacii: predotvrashhenie, likvidacija" Issue 3, 2011, pp. 17–20.
[4] Mannan S., *Lees' Loss Prevention in the Process Industries*, Elsevier, 2012.
[5] Software Complex "RizEx-2" Description of Applied Analysis and Calculation Methods, Scientific Center Of Risk Investigations "Rizikon", Severodonetsk 2006.
[6] Expert Simulation Tools for Industrial Accidents and Risk Assessment "RizEx-2". User's Manual., Scientific Center Of Risk Investigations "Rizikon", Severodonetsk 2006.
[7] User's Manual (Functional Description) Of The Research Software Complex Of Risk Assessment And Accident Simulation "RizEx-2", Scientific Center Of Risk Investigations "Rizikon", Severodonetsk 2011.

* * *

mgr inż. Anna Dziechciarz w 2012 r. uzyskała dyplom inż. technologii chemicznej na Wydziale Technologii Chemicznej Politechniki Poznańskiej, a w 2013 dyplom mgr inż. inżynierii chemicznej tejże uczelni. Obecnie pracuje na stanowisku młodszego specjalisty w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej – PIB w Józefowie.

mł. bryg. inż. Piotr Lesiak w 2002 r. ukończył studia w Szkole Głównej Służby Pożarniczej w Warszawie. Absolwent studiów inżynierskich na kierunku chemia w Wojskowej Akademii Technicznej. Pełni służbę w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej PIB w Józefowie, na stanowisku starszego specjalisty w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości.

inż. Damian Bąk w roku 2013 ukończył studia na Wydziale Inżynierii Produkcji Politechniki Warszawskiej. Obecnie pracuje na stanowisku młodszego specjalisty w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwpożarowej – PIB w Józefowie.

Konferencja naukowo-techniczna „Ochrona Przeciwpożarowa Lasów”

W dniach 26-27 marca w Łysomicach k/Torunia odbyła się konferencja naukowo-techniczna w zakresie ochrony przeciwpożarowej lasów

Celem konferencji była prezentacja zagadnień, wymiana poglądów, opinii praktyków i naukowców na tematy obejmujące szerokie spektrum zagadnień dotyczących ochrony zasobów lasu przed pożarami. Konferencja objęła swoim zakresem tematykę związaną zarówno z działalnością zapobiegawczą, jak i gaśniczą, a także poruszono na niej kwestie zagospodarowania pogorzelisk, wykorzystania nowoczesnych technologii w ocenie i wykrywaniu zagrożenia. Nie pominięto również problemów dotyczących logistyki dużych akcji gaśniczych.

W konferencji wzięli udział przedstawiciele Lasów Państwowych, Państwowej Straży Pożarnej, Ochotniczej Straży Pożarnej, jednostek samorządowych, towarzystw ubezpieczeniowych. Obecni byli na niej także rzeczoznawcy ds. zabezpieczeń ppoż., członkowie SITP i SITLiD, producenci oraz dystrybutorzy sprzętu na potrzeby gospodarki leśnej oraz przedstawiciele biur projektowych przygotowujących dokumentację dla Lasów Państwowych.

Referaty wygłosili specjaliści i eksperci ze Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, Komendy Głównej Państwowej Straży Pożarnej, Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej – PIB, Instytutu Badawczego Leśnictwa, Wyższej Szkoły Zarządzania Środowiskiem w Tucholi, Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Toruniu.

Referaty objęły swoim zakresem materiał analityczno-informacyjny dotyczący prewencji pożarowej, wykrywania pożarów, gaszenia pożarów oraz ustalania ich przyczyn, czemu poświęcono pierwszy dzień konferencji.

Ewa Mes
Wojewoda Kujawsko-Pomorski

Drugi dzień konferencji został w całości przeznaczony na ćwiczenia z udziałem sił i środków krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego woj. kujawsko-pomorskiego. W ramach epizodów przedstawiono praktyczne wykorzystanie nowoczesnych technologii np. dronów, a także wskazano na priorytety wobec długotrwałych i skomplikowanych akcji ratowniczo-gaśniczych, tj. na zabezpieczenie logistyczne. Ćwiczenia przeprowadzono na obszarze leśnym administrowanym przez Regionalną Dyrekcję Lasów Państwowych w Toruniu.

st. bryg. Tomasz Leszczyński
Komendant Kujawsko-Pomorski PSP

Opracowanie:
KW PSP w Toruniu

Przedstawiciele CNBOP-PIB

Uczestnicy i prelegenci konferencji

Profil gotowości operacyjnej jednostek ratowniczych jako istotny element w projektowaniu systemu ratowniczego

27 maja br. w CNBOP-PIB odbyła się konferencja naukowa w ramach projektu pn. „Zaawansowane technologie teleinformatyczne wspomagające projektowanie systemu ratowniczego na poziomach: gmina, powiat, województwo" realizowanego przez konsorcjum naukowe ze środków finansowych Narodowego Centrum Badań i Rozwoju

Celem konferencji była prezentacja dotychczasowych wyników badań prowadzonych podczas realizacji projektu „Zaawansowane technologie teleinformatyczne wspomagające projektowanie systemu ratowniczego na poziomach: gmina, powiat, województwo" oraz koncepcji profilu gotowości operacyjnej jednostek ratowniczych.

Uczestnicy konferencji wymienili swoje doświadczenia i opinie, przedstawili wyniki prowadzonych badań oraz dokonali próby zidentyfikowania obszarów wymagających doskonalenia, jak również tych, w których zmiany są konieczne. W oparciu o wyniki badań naukowych, doświadczenia i praktykę w innych państwach, a także doświadczenia polskie dyskutowano o przyszłości i rozwoju krajowego systemu ratowniczo-gaśniczego, w tym o zintegrowanym systemie ratowniczym.

W konferencji uczestniczyli eksperci, teoretycy i praktycy oraz zaproszeni goście, w tym przedstawiciele konsorcjum naukowego realizującego ww. projekt: Szkoły Głównej Służby Pożarniczej, Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego — Państwowego Instytutu Badawczego, Uczelni Techniczno-Handlowej im. Heleny Chodkowskiej, Asseco Poland SA, ITTI Sp. z o.o., a także przedstawiciele uczelni wyższych, szkół i jednostek organizacyjnych PSP, jak również innych podmiotów.

Konferencję otworzył bryg. dr inż. Jacek Zboina, z-ca Dyrektora CNBOP-PIB, kierownik projektu „Zaawansowane technologie teleinformatyczne..." ze strony CNBOP-PIB.

W pierwszej części konferencji przedstawiono podstawowe założenia oraz wyniki analiz dotyczących udzielania pierwszej pomocy ratowniczej (PPR) przy zdarzeniach krytycznych na terenie województw: mazowieckiego, małopolskiego, świętokrzyskiego przez zespoły ratownicze złożone z dwóch i trzech zastępów.

Druga sesja poświęcona była tematyce związanej z realizacją ww. projektu. Podczas tej sesji zaprezentowane zostały zagadnienia dotyczące koncepcji profilu gotowości operacyjnej jednostek ratowniczych.

Dyskusja końcowa potwierdziła słuszność sformułowanych wniosków wynikających z badań realizowanych w ramach projektu odnośnie potrzeby stosowania zaawansowanych rozwiązań na rzecz projektowanego systemu ratowniczego w Polsce.

Prelegenci w swoich wystąpieniach skoncentrowali na propozycjach dotyczących potrzeby podejmowania systematycznych działań integrujących poszukiwania badawcze, służących wymianie wiedzy oraz doświadczeń w zakresie projektowania systemu ratowniczego. Celowe jest kontynuowanie prac i badań w tym zakresie, między innymi nad modelem matematycznym obrazującym funkcjonowanie systemu ratowniczego oraz nad możliwością wykorzystania sieci neuronowych przy projektowaniu systemu ratowniczego.

Więcej szczegółów dotyczących konferencji znajdą Państwo na stronie www.cnbop.pl w zakładce aktualności.

Opracowanie:
Beata Wojtasiak, Damian Bąk

Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Technika zabezpieczeń i komunikacji. Kierunki modernizacji jednostek organizacyjnych Służby Więziennej SECURITECH 2015

W Centralnym Ośrodku Szkolenia Służby Więziennej w Kaliszu w dniach 27–28 maja 2015 r. odbyła się międzynarodowa konferencja naukowo-techniczna

To pierwsze tego typu wydarzenie, podczas którego tak szeroko omawiano tematykę zabezpieczeń technicznych w więziennictwie. Była to również doskonała okazja do wymiany doświadczeń pomiędzy środowiskiem naukowym, inżynierami zatrudnionymi w innowacyjnych firmach branży security z kraju i zza granicy a funkcjonariuszami i pracownikami Służby Więziennej oraz innych służb państwowych. Program konferencji został tak ułożony, aby dawał możliwość bezpośredniego spotkania z prelegentami oraz ekspertami z zakresu prawa oraz zabezpieczeń elektronicznych i mechanicznych.

W trakcie konferencji przewidziano dwie główne sesje plenarne, jak również dziesięć paneli tematycznych, w ramach których rozmawiano o kwestiach stosowania rozwiązań technicznych w służbie. W każdym z paneli, pod okiem ekspertów z zaproszonych organizacji branżowych, omawiane były zagadnienia dotyczące różnych systemów zabezpieczenia technicznego. Pod koniec konferencji wystąpił również gość z norweskiego Ringerike Prison, Trond Jalland, z prezentacją, w której wskazał jak bardzo istotne jest w norweskich więzieniach stosowanie zabezpieczeń technicznych.

W trakcie konferencji odbyły się również pokazy sprawności działania Grup Interwencyjnych Służby Więziennej oraz pokaz użycia broni niepenetracyjnej firmy Cenzin Sp. z o.o., a także skuteczności barier podczerwieni firmy Optex Security Sp. z o.o. Z kolei w specjalnym pawilonie wystawienniczym producenci zaprezentowali swoje urządzenia, wyposażenie oraz całe rozwiązania – istotne z punktu widzenia modernizacji Służby Więziennej.

Partnerzy techniczni zademonstrowali urządzenia, które zostały już sprawdzone w warunkach typowych dla zakładów karnych, ale także innowacyjne rozwiązania, takie jak systemy zintegrowane łączące zabezpieczenia mechaniczne i elektroniczne. Prezentowane były najnowsze modele kamer IP wyposażenia indywidualnego funkcjonariuszy oraz wizualizacja zabezpieczeń. Uczestnicy, w jednym miejscu, nie tylko uzyskali informacje na temat najnowszych zabezpieczeń technicznych, ale mogli je zobaczyć w działaniu.

Konferencję objęli patronatem honorowym m.in. Szef Biura Bezpieczeństwa Narodowego oraz Minister Sprawiedliwości.

Organizatorzy wyrażają nadzieję, że konferencje pod hasłem SECURITECH wkrótce będą postrzegane jako szansa na wymianę doświadczeń, wiedzy technicznej i efektywnych rozwiązań z zakresu bezpieczeństwa publicznego.

Więcej informacji znajdą Państwo na stronie www.securitech-sw.pl.

Opracowanie:
Euro-Media Sp. z o.o.

Pokaz sprawności działania Grup Interwencyjnych Służby Więziennej

W pawilonie wystawienniczym producenci prezentowali ofertę skierowaną do Służby Więziennej

Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego Państwowy Instytut Badawczy
Wydział Bezpieczeństwa Narodowego Akademii Obrony Narodowej
Szkoła Główna Służby Pożarniczej
Związek Ochotniczych Straży Pożarnych RP
Asseco Poland SA

zapraszają na

KONFERENCJĘ NAUKOWĄ

RISKO
Zintegrowany system budowy planów zarządzania kryzysowego w oparciu o nowoczesne technologie

ZAKRES TEMATYCZNY

Zintegrowany system RISKO - wyniki i uwarunkowania wdrożenia

Zarządzanie ryzykiem - teoria i praktyka

Plany zarządzania kryzysowego - teoria i praktyka

Szkolenia na rzecz zarządzania kryzysowego - potrzeby i narzędzia

Więcej informacji o konferencji na stronie www.cnbop.pl

Konferencja organizowana w ramach projektu nr DOBR/0016/R/ID2/2012/03 realizowanego przez konsorcjum naukowo-przemysłowe ze środków finansowych Narodowego Centrum Badań i Rozwoju

Grafiki: made by freepik.com

18 listopada 2015 r.

Józefów k/Otwocka,
CNBOP-PIB, ul. Nadwiślańska 213

Kontakt i zgłoszenia

Dorota Gajownik
dgajownik@cnbop.pl
tel. +48 22 76 93 221
Maria Kędzierska
mkedzierska@cnbop.pl
tel. +48 22 76 93 260

Wytyczne dla Autorów

Maszynopis
Artykuły prosimy przesyłać w wersji elektronicznej w formacie Word. Redakcja przyjmuje do druku oryginalne artykuły naukowe, doniesienia wstępne, artykuły przeglądowe, studia przypadków oraz z praktyki dla praktyki. Maszynopis w języku polskim, angielskim lub rosyjskim nie powinien przekraczać 22 stron (format A4, Times New Roman 12 pkt., interlinia 1,5), pisany bez podziału na kolumny (łącznie 40 000 znaków razem ze spacjami).

Definicje typów artykułów
A. Oryginalny artykuł naukowy – opisane są w nim wyniki dotychczas niepublikowanych badań i eksperymentów naukowych autora lub bezpośrednio mu podlegającego zespołu naukowego, nowych w stosunku do dotychczasowej wiedzy i dorobku w danej dziedzinie, stanowiących oryginalny wkład w światową naukę. Publikacje naukowe są zazwyczaj naukowym źródłem pierwotnym.
B. Doniesienie wstępne (komunikat z badań) – opisane są w nim wstępne, ale już na tym etapie obiecujące wyniki prowadzonych, lecz jeszcze nieukończonych badań;
C. Artykuł przeglądowy – opisuje obecny stan wiedzy w danym obszarze tematycznym, czasem przy uwzględnieniu kontrowersyjnych lub spornych kwestii, zawiera opis zarówno teoretyczny, aktualną i właściwie dobraną literaturę źródłową, jak i praktyczny aspekt zagadnienia; autor powinien uwzględnić nierozwiązane w danej kwestii problemy.
D. Studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych – artykuł zawiera opis zdarzenia lub przypadku (jednego lub kilku), ciekawego z naukowego lub praktycznego punktu widzenia; analizę tego zdarzenia, dyskusję opartą na najnowszym piśmiennictwie oraz wnioski wynikające z przeprowadzonej analizy.
E. Z praktyki dla praktyki – podstawą tego artykułu są doświadczenia związane z prowadzonymi akcjami ratowniczym lub innymi praktykami stosowanymi w ochronię przeciwpożarowej, z których wnioski mogą mieć zastosowanie praktyczne w innych tego typu przypadkach.

Abstrakty ustrukturyzowane
Artykuł zgłaszany do redakcji musi być poprzedzony dwujęzycznym abstraktem ustrukturyzowanym według jednego z poniższych przykładów. Artykuły z abstraktem nieustrukturyzowanym krótsze niż 2400 znaków ze spacjami nie będą kwalifikowane przez redakcję do procesu recenzyjnego.

1. Struktura abstraktu dla oryginalnego artykułu naukowego/doniesienia wstępnego
• **Cel** – powinien jasno przedstawiać hipotezę postawioną w artykule;
• **Projekt i metody** – narzędzia i metody użyte w badaniach;
• **Wyniki** – rezultaty badań;
• **Wnioski** – w odniesieniu do hipotezy oraz możliwe kierunki przyszłych badań.

2. Struktura abstraktu dla artykułu przeglądowego/studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych
• **Cel** – główne pytania postawione w artykule
• **Wprowadzenie** – kontekst/tło przedstawionego w artykule zagadnienia/problemu/zdarzenia
• **Metodologia** – użyte do omówienia/analizy tematu metody/narzędzia
• **Wnioski** – główne wnioski wynikające z analizy przeglądowej/analizy zdarzenia rzeczywistego

3. Struktura abstraktu dla artykułu z praktyki dla praktyki
• **Cel** – główne pytania postawione w artykule
• **Wprowadzenie** – kontekst/tło przedstawionego w artykule zagadnienia/problemu
• **Wnioski** – główne wnioski wynikające z artykułu i ich znaczenie dla dziedziny
• **Znaczenie dla praktyki** – przedstawienie sugerowanego wykorzystania dla praktyki

Jeśli artykuł nie pasuje do żadnej z powyższych struktur, należy użyć odpowiednio podobnej struktury. Autorzy mają obowiązek podania informacji, jaki rodzaj artykułu przesyłają do redakcji (oryginalny artykuł naukowy, artykuł przeglądowy, doniesienie naukowe, studium przypadku – analiza zdarzeń rzeczywistych lub z praktyki dla praktyki), oraz wstępnie kwalifikują artykuł do jednego z działów:
1. Rozdział autorski*
2. Postacie pożarnictwa
3. Organizacja i zarządzanie strategiczne
4. Nauki humanistyczne i społeczne na rzecz bezpieczeństwa
5. Partnerstwo dla innowacyjności na rzecz bezpieczeństwa
6. Badania i rozwój
7. Certyfikaty, aprobaty i rekomendacje
8. Technika i technologia
9. Szkolenia i propagowanie wiedzy
10. Z praktyki dla praktyki
11. Studium przypadku – Analiza zdarzeń rzeczywistych
12. Ratownictwo i medycyna katastrof
**Do tego rozdziału Komitet Redakcyjny kwalifikuje artykuły szczególnej wagi*

Struktura artykułu
A. **Struktura oryginalnego artykułu naukowego/doniesienia wstępnego:**
1) Tytuł – w jęz. polskim lub w jęz. rosyjskim (Times New Roman 16 pkt., WERSALIKI) oraz w języku angielskim (Times New Roman 14 pkt., tekst zwykły)
2) Abstrakt ustrukturyzowany – cztery akapity z nagłówkami zapisanymi pogrubioną czcionką, **około 2500 znaków ze spacjami w jęz. polskim lub rosyjskim** (jednak nie krótsze niż 2400) oraz **około 2500 znaków ze spacjami w jęz. angielskim (jednak nie krótsze niż 2400 znaków)**; Times New Roman 10 pkt. (W przypadku autorów anglojęzycznych wymagany jest tylko abstrakt w jęz. angielskim).
3) Słowa kluczowe (w jęz. polskim i angielskim lub w jęz. rosyjskim i jęz. angielskim lub tylko w jęz. angielskim w przypadku autorów anglojęzycznych, łącznie do 10 wyrazów; Times New Roman 10 pkt.)
4) Wprowadzenie
5) Metody
6) Wyniki
7) Dyskusja nad metodami i wynikami
8) Podsumowanie/Wnioski
9) Literatura
10) Nota biograficzna o autorze/autorach
B. **Struktura artykułu przeglądowego/studium przypadku/z praktyki dla praktyki:**
1) Tytuł – w jęz. polskim lub w jęz. narodowym autora (Times New Roman 16 pkt., DRUKOWANY) oraz w języku angielskim (Times New Roman 14 pkt., tekst zwykły)
2) Abstrakt ustrukturyzowany – cztery akapity z nagłówkami zapisanymi pogrubioną czcionką, **około 2500 znaków ze spacjami w jęz. polskim lub rosyjskim** (jednak nie krótsze niż

2400) oraz **około 2500 znaków ze spacjami w jęz. angielskim (jednak nie krótsze niż 2400 znaków)**; Times New Roman 10 pkt. (W przypadku autorów anglojęzycznych wymagany jest tylko abstrakt w jęz. angielskim).
3) Słowa kluczowe (w jęz. polskim i angielskim lub w jęz. rosyjskim i jęz. angielskim lub tylko w jęz. angielskim w przypadku autorów anglojęzycznych, łącznie do 10 wyrazów; Times New Roman 10 pkt.)
4) Wprowadzenie
5) Rozdziały zatytułowane przez autora
6) Podsumowanie
7) Wnioski
8) Literatura
9) Nota biograficzna o autorach

Literatura
Odwołania do literatury umieszcza się na końcu artykułu w kolejności pojawiania się w tekście. Przypisy bibliograficzne należy podawać w jednolitej wersji. **Nazwiska i tytuły pisane cyrylicą powinny być podane w transliteracji zgodnie z normą BGN/PCGN**. Zalecane jest odwoływanie się głównie do publikacji recenzowanych. W przypadku dokładnego cytowania w tekście obok numeru przyporządkowanego publikacji zamieszczonej w spisie Literatury podaje się również numer strony, z której pochodzi cytat – np. [2, s. 234]. Cytaty polskojęzyczne należy umieszczać w cudzysłowach, cytaty obcojęzyczne należy pisać kursywą.

Przykłady tworzenia odsyłaczy bibliograficznych w spisie literatury (oparte o system cytowania Chicago):
Cytowanie książek:
Szczerba K., *Bezpieczny dom*, Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2012.

Rozdział pracy zbiorowej
Suchorab P., *Wpływ produktów pochodzenia naftowego na cechy fizyczno-mechaniczne betonu*, w: *Usuwanie substancji ropopochodnych z dróg i gruntów*, J. Rakowska (red.), Wydawnictwo CNBOP-PIB, Józefów 2012, 37–44.

Cytowanie czasopism
Mizerski A., *Piany jako nośniki chemicznych środków neutralizacji skażeń*, BiTP Vol. 29 Issue 1, 2013, pp. 87–93.

Cytowanie publikacji ze źródeł cyfrowych:
Ciekanowski Z., *Motywacja a system ocen*, BiTP Vol. 29 Issue 1, 2013, pp. 29–33 [dok. elektr.] ***http://czytelnia.cnbop.pl/czytelnia/31/348*** [dostęp 2 maja 2013].

Cytowanie materiałów pokonferencyjnych:
Adamiec P., *Problemy przy spawaniu i napawaniu części maszyn*, w: *Technologia maszyn. Zbiór referatów: III Naukowe Warsztaty Profesorskie – TM '97, II Forum Prac Badawczych '96 – Kształtowanie części maszyn przez usuwanie materiału*, T. Karpiński (red.), Wydaw. Uczelniane Politechniki Koszalińskiej, Koszalin 1997, 23–31.

Cytowanie komunikatów z badań
Centrum Badania Opinii Społecznej, Komunikat z badań: Aktualne problemy i wydarzenia, [dok. elektr.] ***http://badanie.cbos.pl/details.asp?q=a1&id=4809***, [dostęp 06.05.2013].

Cytowanie ustaw, norm, dyrektyw unijnych:
1) Ustawa z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej (Dz. U. 2009 r. Nr 12 poz. 68).
2) PN-EN 54-4:2001 Systemy sygnalizacji pożarowej – Część 4: Zasilacze.
3) Dyrektywa Komisji 2009/149/WE z dnia 27 listopada 2009 r. dotycząca dyrektywy 2004/49/WE Parlamentu Europejskiego i Rady w odniesieniu do wspólnych wskaźników bezpieczeństwa oraz wspólnych metod obliczania kosztów wypadków.

Tabele, ryciny, ilustracje
Podpisy do tabel, rycin i ilustracji oraz treść w tabelach, rycinach i ilustracjach należy podawać w języku, w którym został napisany artykuł, oraz w języku angielskim.
Tabele należy dodatkowo przygotować w oddzielnym załączniku. Rysunki należy nadsyłać w formie gotowej do druku jako oddzielne pliki w formacie jpg, png lub tiff (min. 300 dpi, wielkość około 1 MB). Wykresy tworzone w programie Excel (lub w jego odpowiedniku) należy przesyłać w formacie .xls (format programu Excel).
Artykuły bez elementów graficznych odpowiedniej jakości nie będą przyjmowane do druku.
Przy wszystkich tabelach, rycinach, wykresach, zdjęciach itd. należy podać źródło, z którego pochodzą, lub umieścić informację „Opracowanie własne".

Skróty
Rozwinięcia wszystkich użytych w artykule skrótów należy podać w formie wykazu na końcu artykułu.

Autor
W przypisie do nazwiska autora należy podać pełną nazwę instytucji oraz adres korespondencyjny (jak również adres e-mailowy). Autorzy proszeni są o załączenie krótkiej noty biograficznej (ok. 50 słów). Jeśli artykuł ma więcej niż jednego autora, należy podać udział procentowy poszczególnych osób w powstaniu artykułu oraz zakres wkładu merytorycznego (zob. **współautorstwo artykułu**)
Redakcja zobowiązuje się do zachowania poufności informacji dotyczących szczegółowych danych osobowych autorów i recenzentów.

Współautorstwo artykułu
Zgodnie z definicją współautorstwa zawartą w publikacji Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego pt. „Rzetelność w badaniach naukowych oraz poszanowanie własności intelektualnej" to pojęcie należy rozumieć w następujący sposób: Współautor to każdy, kto napisał niewielki nawet jego fragment, wniósł twórczy wkład w jego koncepcję lub układ, brał udział w projektowaniu badań naukowych, których wynikiem jest dany utwór. Współautorem nie jest osoba, która wykonywała czynności administracyjne związane z pracą nad stworzeniem dzieła naukowego (np. szef placówki naukowej, osoba pozyskująca środki do badań, osoba zbierająca dane lub wykonująca obliczenia statystyczne). Prawa do współautorstwa nie nabywa również konsultant, dzielący się swą wiedzą. W związku z powyższym Redakcja zobowiązuje autorów do podawania w artykułach wkładu procentowego oraz wykazywanie zakresu wkładu poszczególnych współautorów w powstanie artykułu, czyli tzw. atrybucji (autor koncepcji, założeń, metod) – tę informację należy umieścić w Deklaracji wkładu autorskiego, którą autor załącza do artykułu przesyłanego do redakcji.

Deklaracja wkładu autorskiego oraz informacja o źródle finansowania znajduje się na stronie internetowej: http://czytelnia.cnbop.pl/wytyczne-dla-autorow.
Redakcja zobowiązuje również autora/autorów do podania informacji o źródle finansowania badań. Odpowiedzialność za prawdziwość powyższych danych ponosi osoba przedkładająca artykuł do druku.

Zapora *ghostwriting* i *guest autorship*
Mając na uwadze prawdziwość publikowanych danych o wkładzie autorskim w powstanie zgłaszanych do druku artykułów i by uniknąć zjawisk typu *ghostwriting* i *guest autorship*, Redakcja kwartalnika „BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" zobowiązuje autorów do rzetelnego wykazywania udziału osób trzecich w procesie powstawania artykułu.
1) *Ghostwriting* ma miejsce wtedy, gdy wkład w powstanie artykułu wniosła osoba niewymieniona w wykazie autorów lub w podziękowaniach.
2) *Guest autorship* zachodzi wtedy, gdy artykuł powstał bez udziału osoby wymienionej w wykazie autorów lub wniosła ona znikomy wkład w powstanie danej publikacji.
Zgodnie z wytycznymi Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego Redakcja prosi autorów o ujawnianie wkładu poszczególnych osób w powstanie artykułu przez podawanie udziału procentowego w przypisie do tytułu artykułu.
W przypadku stwierdzenia zjawisk typu *ghostwriting* lub *guest autorship* Redakcja będzie informowała o tym jednostkę naukową zatrudniającą autora, inne stowarzyszenia, których jest on członkiem, inne ośrodki naukowe i redakcje czasopism.

Etyka
Dane opublikowane w kwartalniku „Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza" powinny być oryginalne. Nie należy przesyłać tekstów, które zostały wcześniej opublikowane w innym czasopiśmie lub monografii. Podawanie fałszywych danych, plagiaty oraz inne działania, które mogą prowadzić do fałszywych wniosków, są nieetyczne. Więcej na temat obowiązującej etyki wydawniczej można przeczytać na stronie internetowej: http://czytelnia.cnbop.pl/wytyczne-dla-autorow.

System antyplagiatowy
Artykuły nadsyłane do redakcji są poddawane ocenie przez internetowy system antyplagiatowy (Plagiat.pl). Nadesłanie artykułu jest równoznaczne z akceptacją faktu, że artykuł może zostać poddany takiej ocenie. Wszystkie wykryte przypadki nierzetelności naukowej redakcja będzie zgłaszać do odpowiednich organów instytucjonalnych.

Copyright
Autor przesyła do Wydawcy pocztą tradycyjną oświadczenie, w którym przekazuje zbywalne prawa autorskie na rzecz CNBOP-PIB na wszelkich polach eksploatacji umożliwiających publikowanie i powielanie w wersji drukowanej i elektronicznej (w tym również na stronie internetowej CNBOP-PIB) oraz na jego publikowanie w innych zintegrowanych naukowych źródłach informacyjnych z możliwością wglądu, pobierania i zwielokrotniania. Autor poświadcza również, że praca nie była wcześniej publikowana, a także nie narusza ona praw autorskich innych osób.
Oświadczenie o oryginalności artykułu oraz o przekazaniu praw autorskich znajduje się na stronie internetowej: http://czytelnia.cnbop.pl/wytyczne-dla-autorow.

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

Procedura recenzyjna
Wszystkie napływające do Redakcji teksty przechodzą następującą procedurę zgodnie z wytycznymi Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego:
1. Wstępna ocena formalna
Nadesłany artykuł jest poddawany ocenie formalnej przez Redakcję (zgodność z profilem czasopisma oraz z wymogami technicznymi), a następnie kierowany do redaktora działu tematycznego.
2. Kwalifikacja przez Komitet Redakcyjny
Po zaakceptowaniu artykułu przez redaktora działu Redakcja konsultuje poprawność stylistyczną z redaktorami językowymi oraz obliczenia statystyczne z redaktorem statystycznym, jeżeli istnieje taka potrzeba. Artykuł trafia na listę artykułów oczekujących na publikację w Kwartalniku oraz pod obrady Komitetu Redakcyjnego i po akceptacji kierowany jest do recenzentów.
3. Proces recenzji
Artykuł przesyłany jest do dwóch niezależnych recenzentów, którzy są specjalistami w danej dziedzinie (wyższych lub równych stopniem naukowym z autorem), i nie są powiązani z autorem/autorami. **Zarówno autor, jak i recenzenci nie znają swoich tożsamości zgodnie z zasadą *double-blind review* (podwójnie ślepa recenzja).** Po otrzymaniu przez Redakcję dwóch arkuszy recenzji autor informowany jest o ewentualnych uwagach i poprawkach recenzenckich, które powinien nanieść na tekst.
4. Decyzja o publikacji artykułu
Jeżeli jeden z recenzentów dopuści tekst do druku, a drugi odrzuci, redaktor działu, do którego zakwalifikowano artykuł, oraz Redakcja na podstawie analizy uwag zawartych w recenzjach i ostatecznej wersji artykułu podejmują decyzję o skierowaniu go do trzeciego recenzenta. W sytuacji, gdy trzeci recenzent odrzuci artykuł, Redakcja wycofuje tekst z listy oczekujących na publikację w Kwartalniku oraz informuje o swojej decyzji autora artykułu.
5. Konsultacja z Radą Naukową
Po pomyślnym przejściu procedury recenzyjnej tytuł i abstrakt artykułu jest konsultowany z członkami Rady Naukowej kwartalnika – organem opiniującym naukowy kierunek czasopisma.
6. Wybór artykułu numeru
Komitet Redakcyjny po uwzględnieniu opinii recenzenckich wybiera artykuł rekomendowany uwadze Czytelników w danym numerze kwartalnika.

Zapraszamy Autorów, niezależnie od afiliacji, do nadsyłania swoich prac.

Artykuły należy przesyłać na adres:
Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej
im. Józefa Tuliszkowskiego
Państwowy Instytut Badawczy
ul. Nadwiślańska 213
05-420 Józefów k/Otwocka
Kwartalnik CNBOP-PIB
e-mail: kwartalnik@cnbop.pl

Guide for Authors

Typescript
Articles should be submitted electronically in Word format. Editors will accept for publication original research material, short scientific report, review articles, case studies – analysis of actual events and best practice in action articles. The script in Polish or Russian or English should not exceed 22 pages (A4 format, Times New Roman 12 pts., 1.5 interspaced), written without a division into columns (Total 40,000 symbols, including spaces).

Types of articles
A. Original scientific article – describes the results of not yet published research and scientific experiments carried out by the author, or a team of scientists directly subordinated to him/her. The results are new in relation to the foregoing knowledge and achievements in the particular field, and constitute original contribution to the world's science. Such publications are usually scientific primary sources.
B. Short scientific report (initial report; survey report) – describes initial but at this stage promising results of conducted, but still unfinished research;
C. Review article – describes the current state of knowledge in the particular thematic field, sometimes providing controversial issues and contentions; involves both theoretical (current and properly chosen literature) and practical description of the topic; the author should include into the article unresolved problems related to the issue.
D. Case study – analysis of actual events – an article of this type includes: description of the untypical event / case (one or more), difficult from the scientific and practical point of view; the analysis of this event, discussion based on the up-to-date literature and conclusions derived from the conducted analysis.
E. The best practice in action – the basis for this type of article are experiences related to carried out rescue actions and other fire protection operations, conclusions of which can have practical application in other similar cases.

Structured abstracts
An article submitted for publication shall have a structured abstract written in two languages in accordance with one of the following examples. Articles without structured abstracts and with less than 2400 symbols including spaces will not be qualified for the reviewing process.

1)Abstract structure of an original scientific article/short scientific report
• **Objective** – should clearly state the hypothesis which is formulated in the article
• **Project and methods** – tools and methods used in the research
• **Results** – the outcome of the study
• **Conclusions** – the outcome in relation to the hypothesis and possible directions for future research

2)Abstract structure of a review article/case study – analysis of actual events
• **Objective** – main questions made in the article
• **Introduction** – context / background of the issue/problem introduced in the article
• **Methodology** – methods or tools used in the analysis
• **Conclusions** – main conclusions derived from a review article/analysis of actual events

3) Abstract structure of an article best practice in action
• **Objective** – main questions made in the article
• **Introduction** – context/background of the issue/problem introduced in the article
• **Conclusions** – main conclusions derived from the review article/analysis of actual events
• **Importance for practice** – presentation of suggested application for practice

If the article does not fit none of the aforementioned structures, a most adequate structure shall be applied.
Authors are obliged to inform the editorial office about the type of article they are sending (an original scientific article, a review article, a scientific report, a case study – analysis of actual events or best practice in action article). Moreover, they shall qualify tentatively the article into one of the following chapters:
1. Author's Chapter*
2. People Involved in Firefighting
3. Organization and Strategic Management
4. Humanities and Social Sciences in the Context of Safety
5. Partnership for Safety Innovation
6. Research and Development
7. Certification, Approvals and Recommendations
8. Technique and Technology
9. Training and Knowledge Promotion
10. Best practice in action
11. Case Study – Analysis of Actual Events
12. Rescue and Disaster Medicine
**Editorial Committee qualifies here particularly important articles.*

Article's structure
A. Structure of an original scientific article/short scientific report:
1) Title – in Polish or Russian (Times New Roman 16 pts., uppercase CAPITALS) and in English (Times New Roman 14 pts., lowercase)
2) Structured Abstract – four paragraphs with headings in boldface type, **about 2500 symbols – including spaces in Polish or Russian** (but not less than 2400) and **about 2500 symbols – including spaces in English (but not less than 2400)**; Times New Roman 10 pts. (Native English-speaking authors are requested to provide the abstract only in English language)
3) Keywords (in Polish and English or Russian and English, or only in English in case of native English-speaking authors, a total of 10 phrases; Times New Roman 10 pts.)
4) Introduction
5) Methods
6) Results
7) Discussion about methods and results
8) Summing-up/Conclusions
9) Literature
10) Biographical note about the author(s)
B. Structure of a review article/case study – analysis of actual events / best practice in action article:
1) Title – in Polish or Russian (Times New Roman 16 pts., uppercase CAPITALS) and in English (Times New Roman 14 pts., lowercase)
2) Structured Abstract – four paragraphs with headings in boldface type, **about 2500 symbols – including spaces in Polish or Russian** (but not less than 2400) and **about 2500 symbols – including spaces in English (but not less than 2400)**; Times New Roman 10 pts. (Native English-speaking authors are requested to provide the abstract only in English language)
3) Keywords (in Polish and English or Russian and English, or only in English in case of native English-speaking authors, a total of 10 phrases; Times New Roman 10 pts.)

4) Introduction
5) Chapters titled by the author
6) Summing-up
7) Conclusions
8) Literature
9) Biographical note about the author(s)

Literature
Literature references are identified at the end of the article in a sequence as they appear in the text. Bibliographic commentary should be in a uniform version. **Names and titles, written in Cyrillic should appear in the transliteration in accordance with the standard BGN/PCGN.** It is recommended that, in the main, referenced material should be publications, which have been reviewed. In the case of precise quotations in the text against the number of an assigned publication located in the literature index, one should also include the page number, of the quotation source e.g. [12, p. 234]. Polish quotations should be inserted within quotation marks. Quotations in other languages should be written in italics.

Examples of bibliographic references in the literature index (based on the Chicago Citation Style):
Book references
Szczerba K., *Safe Home*, Publisher CNBOP-PIB, Józefów 2012.

Chapter from joint sources
Suchorab P., *The impact of crude oil based products on the physical and mechanical properties of concrete*, in: *Removal of oil derived substances from roads and the soil,* J. Rakowska (ed.), Publisher CNBOP-PIB, Józefów 2012, 37-44.

Journal article
Mizerski A., *Foams as carriers of chemicals for neutralizing contamination*, BiTP Vol. 29 Issue 1, 2013, pp. 87–93.

Article in an online journal
Ciekanowski Z., *Motivation and system of periodic assessment*, BiTP, Vol. 29 Issue 1, 2013, 29-33 [dok. elektr.] http://czytelnia.cnbop.pl/czytelnia/31/348 [accessed: May 2 2013].

Material from conferences
Adamiec P., *Problems encountered during welding and repair of machinery*, in: *Machine Technology. Collection of papers: III Professorial Scientific Workshops – TM '97, II Research Work Forum '96 – Shaping of machine parts by the removal of substances*, T. Karpiński (ed.), Publisher Politechnika Koszalińska, Koszalin 1997, 23–31.

Research communications
Centre for Research of Public Opinion, Research communication: Actual problems and incidents, [doc. elektr] http://badanie.cbos.pl/details.asp?q=a1&id=4809, [accessed: 06.05.2013].

Statute, standards and EU Directives
1) Statute dated 24 August 1991 concerning The Polish State Fire Service (Dz. U. [Journal of Laws] 2009 No. 12 item 68)
2) PN-EN 54-4:2001 Fire alarm systems – Part 4: Power supply.
3) Commission Directive 2009/149/WE dated 27 November 2009 concerning directive 2004/49/WE of the European Parliament dealing with community safety indicators and community methods of calculating costs of incidents.

Tables, figures and illustrations
Captions for tables, figures and illustrations as well **as texts in tables, figures and illustrations** should be in the language in which the article was written **and in English**. Tables should be incorporated in the text and, additionally, produced in a separate file and submitted as an enclosure to the article. As a rule, figures should be submitted in a form ready for printing, in separate files (jpg or tiff format – minimum 300 dpi, about 1MB). Diagrams made in Excel (or its analogue) should be sent in .xls format. Articles without graphic elements of appropriate quality will not be printed. Authors shall always indicate sources while presenting tables, figures, diagrams and photographs or inform about own elaboration using caption: "Author's own elaboration".

Abbreviations
At the end to the article the author should draw up the list of abbreviations used in the paper with the information what they stand for.

Author
The authors name should be accompanied by a note reflecting the full name of the institution, and the address for correspondence (e-mail address). Authors are requested to enclose a short biographical note (about 50 words). If an article has more than one author, it is necessary to indicate the percentage contribution of each individual to the creation of the article as well as the scope of authors' contribution **(see Co-authorship)**
Editors are obliged to preserve the confidentiality of personal in- formation about authors and reviewers.

Co-authorship
Co-authorship, as defined by the Polish Ministry of Science and Higher Education in the publication **'Reliability in research and respect for intellectual property rights'** should be understood in the following way:
A co-author is a person who has: written even a small fragment, made a creative contribution to the concept or format, participated in the design of a research project, from which a given piece of work represents the outcome. A co-author is not a person who performs administrative tasks related to a research project (e.g. head of a research establishment, a person raising research funding, a person engaged with data collection or someone performing statistical calculations). The right to co-authorship is not acquired by a consultant who shares his/her knowledge. Accordingly, authors are obliged to identify, in percentage terms, co-author contributions and reveal the actual input of an individual co-author to original scientific papers, i.e. attribution (author of the concept, assumptions, methods). Such information should be included as the Declaration of author's contribution which should send as a form of an attachment with the article.
Declaration of the author's contribution and information of funding source is available at the website: http://czytelnia.cnbop.pl/en/node/6.

Authors are also requested to provide information about funding sources supporting the work described in an article. Responsibility for veracity of the above mentioned information rests with the person submitting the script for publication.

Ghost-writing and guest authorship boundaries
In scientific research articles, ghost-writing and guest authorship is considered a misconduct.

1) *Ghost-writing* occurs when the input to an article is by a person who is not named in the list of authors or excluded from ac- knowledgements.
2) *Guest authorship* describes a situation where an article is created without participation or with a negligible contribution of a person named in the list of authors.In accordance with direc- tions from the Minister of Science and Higher Education, the Editorial Board requires authors to disclose individual contri- butions to articles in percentage terms, by an annotation to the title of an article.

With due regard to the need for integrity of information concerning authors and to avoid situations known as ghost-writing and guest authorship, the BiTP Editorial Board requires authors to disclose honest information about third parties who participate in the creation of submitted articles. Where ghost-writing or guest authorship is identified, the Editorial Board will inform the author's Research Establishment, associations of which the author is a member, other Research Centres and Editorial Boards of different publications about the incident.

Ethics
Material published in BiTP should be original. Articles reproduced previously in other journals and specialist study publications should not be submitted. Falsified data, plagiarism and any other inappropriate act, which could lead to false conclusions, is unethical. More about publication ethics can be found on our webstie: http://czytelnia.cnbop.pl/en/guide_for_authors.

Anti-plagiarism system
The articles sent to the editing office are checked by Internet anti-plagiarism system (Plagiat.pl). If an author sends his/her article to the editing office he or she automatically accepts the fact that the article can be assessed in such a context. All cases of author's unreliability in research will be reported by the editing staff to appropriate administrative authorities.

Copyright
The author of the article sends the Publisher via traditional post a declaration, by means of which he or she transfers his or her all copyright to the Publisher so that the Publisher can make use of the article in any way, including publishing, copying in print and electronic version (including CNBOP-PIB website) and publishing in other integrated scientific resources with the possibility for reading, downloading and copying. The author also confirms that the work has not been published previously and that the article does not infringe other persons' copyright. Declaration of originality and copyright transfer is available at our website: http://czytelnia.cnbop.pl/en/node/6

Open access policy
The Quarterly "Safety & Fire Technique" is published in free and open access, i.e., each user can read, copy, print, spread, cite and search open resources, including full texts of articles, **respecting** the copyright of its authors. A user can take advantage of articles published in the Quarterly in accordance with binding law on permitted use, indicating on the copy of the material information about the source and authors.

Review Procedure
All incoming texts to the Editorial Board undergo the following procedure in accordance with the guidelines set by the Ministry of Science and Higher Education:
1. Initial formal evaluation
Received article is subjected to a formal evaluation by the Editorial Board (compatibility with magazine profile and technical requirements) and then sent to the editor of the thematic section.
2. Qualification by the Editorial Committee
Once the article is accepted by the editor, the editorial department will consult the style with the language editors and the statistics with the statistical editor, if necessary. The article is placed on the waiting list of articles to be published in the Quarterly and is simultaneously discussed by the Editorial Board. Then, once the article is approved, it is sent to the reviewers.
3. Review procedure
The article is sent to two independent reviewers who are experts in the field (with a higher or equal degree as the author), and are not affiliated with the author / authors. **Both the author and the reviewers do not know each other's identities which is in accordance with the principle of double-blind review.** Upon receipt of two reviews, the author is informed of any possible comments and revisions which should be included in the text.
4. The decision to publish the article
If one of the reviewers allowed to print the article and the other rejects it, the Editor, who is in charge of the article and the Editorial Board, based on the observations made in the reviews and the final version of the article, make the decision to send the article to a third reviewer. In a situation where the third reviewer rejects the article, the Editorial Board withdraws the article from the waiting list of articles to be published in the Quarterly and informs the author of the article about the decision.
5. Consultation with the Scientific Committee
Once the review procedure is successfully completed, the title and abstract of the article are consulted with the members of the Scientific Committee of the Quarterly – consultative body of the scientific path of the magazine.
6. Selection of recommended article
Editorial Committee, after taking into account the opinion of the reviewers, selects an article recommended to the readers in a given Quarterly.

We invite Authors, regardless of their affiliation, to submit their papers.

The papers should be sent to:
CNBOP-PIB Scientific and Research Centre for Fire Protection National Research Institute
Nadwiślańska Street 213
05-420 Józefów near Otwock
Poland
CNBOP-PIB's Quarterly
e-mail: kwartalnik@cnbop.pl

Правила для авторов

Машинопись
Статьи должны быть отправлены в электронном виде в фор- мате Word. Редакция принимает к печати оригинальные научные статьи, предварительные отчёты, обзорные статьи, тематические исследования, а также статьи с практики для практики. Машинопись на польском, английском или русском языке не должна превышать 22 страниц (формат A4, шрифт Times New Roman 12 пунктов, межстрочный интервал 1,5), написан без разделения на столбцы (вместе 40 000 знаков, включая пробелы).

Определения видов статей
А. Оригинальная научная статья - описывает результаты ещё неопубликованных исследований и научных экспериментов автора или непосредственно подчинённой ему исследовательской группы, новые в отношении к существующим знаниям и достижениям в данной области, составляющие оригинальный вклад в мировую науку. Научные публикации обычно являются первичным научным источником.
Б. Предварительный отчёт – описывает предварительные, но на данном этапе обещающие результаты проведённых, но ещё неоконченных научных исследований.
В. Обзорная статья – описывает актуальное состояние знаний в данной тематической области, время от времени при учтении спорных вопросов; в статье находятся теоретическое описание, актуальная и правильно выбранная литература, практический аспект вопроса; автор должен учесть неразрешенные проблемы, касающиеся этого вопроса.
Г. Тематическое исследование – анализ реальных случаев –статья включает описание события или случая (одного или нескольких), интересного с научной или практической точки зрения; анализ этого события, дискуссию, основанную актуальной литературой, а также выводы, вытекающие из проведенного анализа.
Д. С практики для практики – основой этой статьи является опыт связанный с проведенными спасательными операциями или другими практиками, применяемыми в противопожарной охране; выводы из этих практик могут иметь практическое применение в других похожих случаях.

Структурированные аннотации
Статья направленная в редакцию должна содержать двуязычную структурированную аннотацию оформленную согласно одному из нижеприведённых образцов. Статьи без структурированной аннотации содержащей минимум 2400 знаков с пробелами не будут допущены редакционным советом в рецензионный процесс.

1) Структура аннотации оригинальной научной статьи / научного отчёта
• **Цель** – должна ясно представлять гипотезу, поставленную в статье;
• **Проект и методы** – инструменты и методы, использованные в исследованиях;
• **Результаты** – результаты исследований;
• **Выводы** – относительно гипотезы, а также возможные направления будущих исследований.

2) Структура аннотации обзорной статьи / тематического исследования – анализа реальных событий
• **Цель** – главные вопросы заданы в статье;
• **Введение** – контекст / общий план представленного в статье вопроса / проблемы / события;
• **Методология** – инструменты и методы, использованные в исследованиях;
• **Выводы** – главные выводы, вытекающие из обзорного анализа / анализа реальных событий

3. Структура аннотации статьи с практики для практики
• **Цель** – главные вопросы заданы в статье;
• **Введение** – контекст / общий план, представленного в статье вопроса / проблемы;
• **Выводы** – главные выводы, вытекающие из статьи и их значение для данной области
• **Значение для практики** – представление суггестии предлагаемого использования в практике

Если статья не отвечает ни одной из вышеприведённых структур, автор должен применить наиболее похожую структуру. Авторы обязаны передать информацию, какой вид статьи они направляют в редакцию (оригинальная научная статья, предварительный отчёт, обзорная статья, тематическое исследование, статья с практики для практики), а также предварительно определить в который из нижеприведенных разделов редакция должна поместить статью:
1. Авторская глава*
2. Лица пожарной охраны
3. Организация и стратегическое руководство
4. Гуманистические и общественные науки на благо безопасности
5. Партнерство для развития в целях безопасности
6. Исследования и развитие
7. Сертификация, одобрения и рекомендации
8. Техника и технология
9. Обучение и пропагандирование знаний
10. С практики для практики
11. Тематическое исследование – анализ реальных событий
12. Служба спасения и медицина катастроф
** К этому разделу Редакционный Совет пририс*ует особенно интересные статьи

Структура статьи
А. Структура оригинальной научной статьи/предварительного отчёта:
1) Заглавие - на польском или русском языке (Times New Roman 16 пунктов, ЗАГЛАВНЫЕ), **а также на английском языке** (Times New Roman 14 пунктов, строчные)
2) Структурированная аннотация (резюме) – четыре абзаца с заглавиями, записанные жирным шрифтом, около **2500 знаков с пробелами на польском языке либо** русском **языке** и (но мин. 2400 знаков с пробелами) **около 2500 знаков с пробелами на английском языке (но мин. 2400 знаков с пробелами)**; Times New Roman 10 пунктов. (От англоязычных авторов (родным языком которых является английский требуют аннотацию только на английском).
3) Ключевые слова (на польском и английском языках или русском и английском, либо только на английском (в случае англоязычных авторов) в общем до 10 выражений; Times New Roman, 10 пунктов)
4) Введение
5) Методы
6) Результаты

7) Дискуссия над методами и результатами
8) Подведение итогов/Выводы
9) Литература
10) Биографическая справка об авторе/авторах

B. Структура обзорной статьи, тематического исследования и статьи с практики для практики

1) Заглавие – на польском или русском языке (Times New Roman 16 пунктов, ЗАГЛАВНЫЕ), **а также на английском языке** (Times New Roman 14 пунктов, строчные)
2) Структурированная аннотация (резюме) – четыре абзаца с заглавиями, записанные жирным шрифтом, **около 2500 знаков с пробелами на польском языке либо** русском **языке** и (но мин. 2400 знаков с пробелами) **около 2500 знаков с пробелами на английском языке (но мин. 2400 знаков с пробелами)**; Times New Roman 10 пунктов. (От англоязычных авторов (родным языком которых является английский требуют аннотацию только на английском).
3) Ключевые слова (на польском и английском языках или русском и английском, либо только на английском (в случае англоязычных авторов) в общем до 10 выражений; Times New Roman, 10 пунктов)
4) Введение
5) Разделы, озаглавленные автором
6) Подведение итогов
7) Выводы
8) Литература
9) Биографическая справка об авторах

Литература

Литературные ссылки размещаются в конце статьи в порядке их появления в тексте. Библиографические ссылки следует подавать в одиночной версии. **Фамилии и заглавия написанные кириллицей должны быть поданы в транслитерации в соответствии со стандартом BGN/PCGN**. Рекомендуется обратить внимание в первую очередь на рецензированные публикации. В случае подробного цитирования, в тексте около номера приписанного статье, размещенной в списке Литературы, представляется также номер страницы, с которой происходит цитата, – напр. [2, s. 234]. Цитаты в национальном языке автора следует помещать в кавычках, иноязычные цитаты следует писать курсивом.

Примеры создания библиографических ссылок в списке литературы (основаны на системе цитирования Chicago):

Цитирование книг:
Landsberg G.S., *Optika*, Nauka, Moscow 1976.

Раздел групповой работы:
Suchorab P., *Vliyaniye nefteproduktov na fiziko-mekhanicheskiye kharakteristiki betona*, in: *Udaleniye neftyanykh veshchestv s dorog i pochv*, J. Rakowska (ed.), CNBOP-PIB, Józefów 2012, 37–44.

Цитирование журналов:
Neplokhov I.G., *Razvitiye dymovykh pozharnykh izveshchateley*, „Grani bezopasnosti" Issue 5, 2008, pp. 22-25.

Цитирование публикации из цифровых источников:
Ciekanowski Z., Motivatsiya i sistema otsenok, BiTP Vol. 29, Issue 1, 2013, pp. 29-33 [electr. doc.] *http://czytelnia.cnbop.pl/czytelnia/31/348* [accessed: 2.05.2013].

Цитирование послеконференционных материалов:
Adamiec P., *Problemy przy spawaniu i napawaniu części maszyn*, in: T*echnologia maszyn. Zbiór referatów: III Naukowe Warsztaty Profesorskie – TM ,97, II Forum Prac Badawczych, 96 – Kształtowanie części maszyn przez usuwanie materiału,* Karpiński T. (ed.), Politechnika Koszalińska, Koszalin 1997, 23–31.

Цитирование сообщений с исследований:
Tsentr Issledovaniya Obshchestvennogo Mneniya, Soobshcheniye s issledovaniy: Aktual'nyye problemy i sobytiya [electr. doc.] http://badanie.cbos.pl/details.asp?q=a1&id=4809 [accessed: 06.05.2013].

Цитирование законов, стандартов, директив Евросоюза :
1) Zakon ot 24 avgusta 1991 goda o Gosudarstvennoy Protivopozharnoy Sluzhbe (Zakonodatel'nyy vestnik 2009 No. 12, st. 68).
2) PN-EN 54-4:2001 Sistemy pozharnoy signalizatsii – Chast' 4: Pitaniye.
3) Direktiva Komissii 2009/149/EC ot 27 noyabrya 2009 g. kasayushchayasya direktivy 2004/49/ES Evropeyskogo parlamenta i Soveta otnositel'no obshchikh pokazateley bezopasnosti i obshchikh metodov rascheta zatrat avarii.

Таблицы, рисунки, иллюстрации

Подписи к таблицам, рисункам и иллюстрациям, а также содержание в таблицах, рисунках и иллюстрациях должны быть поданы на языке статьи, а также на английском языке. Таблицы следует дополнительно подготовить в отдельном приложении. Рисунки следует присылать в готовой форме к печати в виде отдельных файлов в формате jpg или tiff (мин. 300 dpi, весом около 1Мб).

Диаграммы созданные в программе Excel (или её аналогах) надо передавать в формате .xls (формат программы Excel). Статьи с графическими изображениями плохого качества не будут приняты в печать. На все таблицы, рисунки, диаграммы, фотографии и др. обязательно должны быть ссылки. Изображения разработанные автором обозначаются подписью «Собственная разработка».

Аббревиатуры

В конце статьи следует представить список всех использованных в тексте аббревиатур.

Автор

В сноске к фамилии автора следует подать полное название и адрес учреждения (также электронный), а в случае ведущего автора, также корреспонденционный адрес (адрес е-маил). Авторов просят о привлечении короткой биографической справки (около 50 слов). Если статья имеет больше чем одного автора, следует подать процентное участие отдельных личностей в возникновении статьи и описание способа участия в её подготовке **(смотри Соавторство статьи)** Редакция обязывается к соблюдению конфиденциальности информации, касающейся персональных данных авторов и рецензентов.

Соавторство статьи

Согласно определению о соавторстве, содержащемуся в публикации Министерства Науки и Высшего Образования под заглавием **„Тщательность в научных исследованиях и уважение к правам интеллектуальной собственности"** этот термин следует понимать в следующий способ:

Соавтор это каждый, кто даже написал небольшой фрагмент, внес творческий вклад в концепцию или системы,

принимал участие в проектировании научных исследований, которые являются результатом данной работы. Соавтором не является лицо, которое выполняет административную деятельность, связанную с работой над созданием научного дела (напр. шеф научного учреждения, лицо, добывающее средства на исследования, лицо, собирающее данные или выполняющее статистические расчёты). Права на соавторство также не приобретает консультант, который делится своими знаниями.

В связи с вышеупомянутым Редакция обязывает авторов к подаче в статьях процентного вклада отдельных соавторов в возникновение статьи, то есть так называемой атрибуции (автор концепции, оснований, методов) – эту информацию следует поместить в **Объявлении о соавторстве**, прилагаемым к статьи представленной в редакцию.

Объявление о соавторстве и источниках финансирования находится на интернет-сайте: http://czytelnia.cnbop.pl/ru/node/49.

Редакция обязывает также автора/авторов предоставить ин- формацию об источниках финансирования исследований. Ответственность за подлинность вышеупомянутых данных несет лицо, представляющее статью к печати.

Препятствие ghostwriting и guest autorship

Имея в виду подлинность публикуемых данных об автор- ском вкладе в возникновение статей, которые предъявля- ются к печати, и, чтобы избежать явлений типа ghostwriting и guest autorship, Редакция ежеквартального журнала BiTP
«Безопасность и Пожарная Техника» обязывает авторов к тщательному подходу представления вклада третьих лиц в процессе возникновения статьи.

1) *Ghostwriting* имеет место тогда, когда вклад в возникновение статьи внесло лицо, неупомянутое в списке авторов или в благодарностях.
2) *Guest autorship* происходит тогда, когда статья была напи сана без участия лица, указанного в списке авторов или она сделала незначительный вклад в возникновение данной публикации.
Согласно поставлениям Министерства Науки и Высшего Образования Редакция просит авторов о предъявлении вклада отдельных лиц в создании статьи путём подачи процентного участия в сноске к заглавию статьи.
В случае подтверждения явлений типа ghostwriting или guest autorship Редакция будет информировать об этом научную организацию, трудоустраивающую автора, другие общества, в которых является он членом, другие научные центры и редакции журналов.

Этика

Данные, опубликованные в ежеквартальном журнале «Безопасность и Пожарная Техника», должны быть оригинальны. Не следует посылать текстов, которые были ранее опубликованы в другом журнале или монографии. Предоставление ложных данных, плагиатов и иной деятельности, которая может привести к ложным выводам, являются неэтичными. Больше информации об издательской этике можно найти на интернет-странице: http://czytelnia.cnbop.pl/ru/node/49.

Антиплагиатная система

Статьи поступающие в редакцию подвергаются оценке в анитплагиатной программе, работающей в режиме онлайн (Plagiat.pl). Отправление статей в редакцию означает акцептацию факта, что статья может быть подана такой оценке.
О всех обнаруженных случаях научной нечестности редакция будет информировать соответствующие институциональные органы.

Авторское право

Автор отправляет Издателю по традиционной почте заявление, в котором передает авторские права для CNBOP-PIB и в это время разрешает любое использование, в том числе публикацию и воспроизведение данной статьи в печатной и электронной версиях, в том числе на сайте CNBOP-PIB и других научных электронных ресурсах с возможностей просмотра, скачивания и копирования. Автор удостоверяет, что работа не была опубликована раньше и не нарушает она авторских прав других лиц.

Объявление об оригинальности и передачи авторских прав находится на интернет-сайте: http://czytelnia.cnbop.pl/ru/node/49.

Политика открытый доступ

Ежеквартальник BiTP „Безопасность и Пожарная Техника" публикуется в открытом и бесплатном доступе т.е. каждый пользователь в праве читать, копировать, печатать, распространять, цитировать и пересматривать открытые ресурсы, в том полные тексты статей с сохранением авторских прав их создателей.
Пользователь использует помещенные в Ежеквартальнике статьи согласно действующим правилам допустимого использования, указывая на копии произведения информацию об источнике и авторе/авторах.

Рецензийный процесс

Все поступающие в Редакцию статьи проходят следующую процедуру согласно с указаниями Министерства Науки и Высшего Образования

1. Вступительная формальная оценка

Отправленная статья поддается формальной оценке Редакции (совместимость с профилем журнала и техническими требованиями), а затем направляется к редактору тематического отдела.

2. Квалификация Редакционным Комитетом

По одобрению статьи редактором отдела, Редакция консультирует стилистическую корректность с языковыми редакторами, а также статистические вычисления со статистическим редактором, если существует такая потребность. Статья попадает в список статей ожидающих публикацию в ежеквартальном Журнале, а также на обсуждение Редакционного Комитета и по одобрению направляется к рецензентам.

3. Процесс рецензии

Статья отправляется к двум независимым рецензентам, которые являются специалистами в данной отрасли (больше или ровных научной степенью с автором), и не связаны с автором/авторами. Одинаково автор, как и рецензенты не знают своих тождественности согласно принципу doubleblind review (вдвойне слепая рецензия). После получения Редакцией двух листов рецензии автор информируется о возможных замечаниях и поправках рецензентов, которые должен нанести в тексте.

4. Решение о публикации статьи

Если один из рецензентов допустит текст к печати, а другой отвергнет, редактор отдела, к которому квалифицирована статья, а также Редакция на основании анализа замечаний, составленных в рецензиях и окончательной версии

статьи, принимают решение о её направлении к третьему рецензенту. В ситуации, когда третий рецензент отбросит статью, Редакция изымает текст из списка ожидающих на опубликование в ежеквартальном Журнале и также сообщает о своем решении автора статьи.

5. Консультация с Научным Советом

После успешного завершения процедуры рецензии, заглавие и абстракт статьи консультируется с членами Научного Совета ежеквартальника – консультативным органом научного направления журнала.

6. Выбор номера статьи

Редакционный Комитет, учитывая мнение рецензентов выбирает статью, рекомендованную вниманию Читателей в данном номере ежеквартальника.

Приглашаем Авторов, независимо от принадлежности, представить свои работы.

Статьи следует направлять по адресу:
Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны им. Иосифа Тулишковскего – **Государственный Исследовательский Институт**
ул. Надвисьляньска 213
05-420 Юзефув около Отвоцка, Польша
Ежеквартальный журнал CNBOP-PIB
Электронная почта:
kwartalnik@cnbop.pl;
jpinkiewicz@cnbop.pl

BiTP. Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza

MISJA

Uczestnictwo w procesie poprawy bezpieczeństwa państwa oraz skutecznej walki z zagrożeniami dzięki rozwiązaniom innowacyjnym.

WIZJA

Status cenionego w Polsce oraz na międzynarodowej arenie naukowej czasopisma – agory wymiany informacji w obszarze bezpieczeństwa powszechnego, a w szczególności w zakresie ochrony przeciwpożarowej, ochrony ludności i zarządzania kryzysowego.

PRIORYTETY

1. Wspieranie transferu wiedzy w Polsce i za granicą
2. Promowanie wyników badań oraz przedsięwzięć innowacyjnych
3. Edukacja na rzecz bezpieczeństwa

GDZIE MOŻNA NAS ZNALEŹĆ

Kierując się przedstawioną wizją, redakcja podejmuje działania mające na celu zwiększenie zasięgu czasopisma poprzez udostępnianie materiałów w polskich oraz zagranicznych bazach i bibliotekach. Jesteśmy dostępni w następujących źródłach elektronicznych:

BAZY CZASOPISM NAUKOWYCH:

- EBSCO
- BazTech
- Index Copernicus
- RINC
- J-Gate
- VINITI

PLATFORMY KSIĘGARSKIE I BIBLIOTEKI:

- Centralna Biblioteka Naukowa Narodowej Akademii Nauk Białorusi, Mińsk
- Biblioteka Narodowa Ukrainy im. W.I. Wiernadskiego, Kijów
- Biblioteka Czasopism Elektronicznych (tzw. lista regensburska), Uniwersytet w Regensburgu
- Federacja Bibliotek Cyfrowych
- CEON Biblioteka Nauki
- e-publikacje Nauki Polskiej
- ibuk.pl

Safety & Fire Technique

MISSION

Participation in the process of improving the state security and effective way of combating threats using innovative solutions.

VISION

Status of the scientific journal recognized in Poland and on the international scene – agora for information exchange in the area of public safety, especially in the field of fire protection, civil protection and crisis management.

PRIORITIES

1. Supporting the knowledge transfer in Poland and abroad
2. Promotion of research results and innovative projects
3. Safety Education

WHERE TO FIND US

Following presented vision, the editing staff of the Quarterly takes actions aimed at expanding the magazine's audience. One of the ways to achieve this consists in providing our materials in national and foreign bases and libraries. You can find us in the following e-sources:

JOURNAL DATABASES:

- EBSCO
- BazTech
- Index Copernicus
- RINC
- J-Gate
- VINITI

BOOKSTORE PLATFORMS AND LIBRARIES:

- The Yakub Kolas Central Scientific Library of National Academy of Sciences of Belarus
- Vernadsky National Library of Ukraine
- Electronic Journals Library, University of Regensburg
- CEON The Library of Science
- Digital Libraries Federation
- e-publications of Polish Science
- ibuk.pl

Безопасность и Пожарная Техника

МИССИЯ

Участие в процессе повышения безопасности государства и эффективной борьбы с угрозами благодаря инновационным решениям

ВИДЕНИЕ

Статус уважаемого журнала в Польше, а также на международной научной арене – агоры обмена информации в области общественной безопасности, а именно в сфере противопожарной охраны, охраны населения и кризисного управления.

ПРИОРИТЕТЫ

1. Поддержка трансфера знаний в Польше и за рубежом
2. Содействие результатам исследований и инновационным мероприятиям
3. Образование для безопасности

МЕСТА, ГДЕ МОЖНО НАС НАЙТИ

Руководствуясь представленным видением, редакция проводит деятельность, направленную на расширение круга читателей журнала. Примером таких действий является включение наших материалов в народные и заграничные базы и библиотеки. Журнал можно найти в следующих электронных ресурсах:

БАЗЫ ЖУРНАЛОВ:

- EBSCO
- BazTech
- Index Copernicus
- РИНЦ
- J-Gate
- ВИНИТИ

КНИЖНЫЕ ПЛАТФОРМЫ И БИБЛИОТЕКИ:

- Центральная научная библиотека имени Якуба Коласа Национальной академии наук Беларуси
- Национальная библиотека Украины имени В. И. Вернадского
- Библиотека электронных журналов в г. Регенсбург (Германия)
- Федерация цифровых библиотек
- CEON Библиотека Науки
- Электронные издания Польской науки
- ibuk.pl

CNBOP-PIB

Zapraszamy na szkolenia z zakresu ochrony przeciwpożarowej i ochrony ludności

SZKOLENIA CNBOP-PIB

NOWOŚĆ Instalacje pianotwórcze w ochronie przeciwpożarowej

Obowiązki właścicieli, zarządców i użytkowników obiektów budowlanych z zakresu ochrony przeciwpożarowej

NOWOŚĆ Szkolenie z zakresu ochrony ppoż. dotyczące drzwi i innych zamknięć przeciwpożarowych. Dobór, montaż, przegląd i konserwacja

Przygotowanie obiektów budowlanych w zakresie ochrony przeciwpożarowej do odbioru przez Państwową Straż Pożarną

Szkolenie aktualizacyjne dla inspektorów ochrony przeciwpożarowej

Oświetlenie awaryjne — projektowanie, instalacja i konserwacja

Stałe urządzenia gaśnicze gazowe w ochronie przeciwpożarowej

Pełną ofertę szkoleń znajdą Państwo na naszej stronie **www.cnbop.pl**

DZIAŁ SZKOLEŃ CNBOP-PIB
Ilona Masna — Kierownik Działu Szkoleń

imasna@cnbop.pl

+48 22 769 33 04

Zapisy na www.cnbop.pl

Osiągnięcia Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej *im. Józefa Tuliszkowskiego* Państwowego Instytutu Badawczego na targach, wystawach i konkursach krajowych i międzynarodowych w 2014 roku. Nagrody dla projektów

Achievements of the Scientific and Research Centre for Fire Protection National Research Institute at fairs, exhibitions, national and international competitions in 2014. Awards for projects

Достижения Научно-Исследовательского Центра Противопожарной Охраны им. Иосифа Тулишковского – Государственного Исследовательского Института на международных и национальных выставках, ярмарках и конкурсах в 2014 году. Награждение проектов

Projekt pt. „Zaawansowane technologie teleinformatyczne wspomagające projektowanie systemu ratowniczego na poziomach: gmina, powiat, województwo" realizowany w konsorcjum naukowo-przemysłowym w składzie: Szkoła Główna Służby Pożarniczej – lider, Uczelnia Techniczno-Handlowa im. Heleny Chodkowskiej, Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, ITTI Sp. z o.o., Asseco Poland S.A.

- Nagroda pierwszego stopnia w kategorii e-technologie, e-usługi podczas konkursu „Jurajski Produkt Roku 2014";
- Nagroda specjalna podczas 66. Międzynarodowych Targów „Pomysły, Wynalazki, Nowe Produkty iENA 2014";
- Złoty medal na X Międzynarodowych Targach Wynalazków i Technologii INST 2014;

Project „ Advanced IT technologies supporting the process of designing rescue system on the levels of commune, district, province" run by a scientific and industrial consortium of: the Main School of Fire Service (leader), Helena Chodkowska University of Technology and Economics in Warsaw, Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, ITTI Sp. Z o.o., Asseco Poland S.A.

- First Degree Award in the category e-technologies, e-services in a "Jurassic Product of the Year 2014"
- Special award at the 66th international trade fair "Ideas, Inventions, New products iENA 2014"
- Gold medal at the Xth International Fair of Inventions and Technologies INST 2014;

Проект „Передовые теле-информационные технологии, поддерживающие проектировку спасательной системы на уровнях: гмина, повят**, воеводство"** реализован в научно-промышленном консорциуме: Главная Школа Пожарной Службы – лидер, Техническо-Торговая Высшая школа им. Елены Ходковской, Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны - Государственный Исследовательский Институт, ITTI Sp. z o.o., Asseco Poland S.A.

- Награда первой степени в категории электронные технологии и электронные услуги во время конкурса „Юрайский продукт 2014 года"
- Специальная награда во время 66 Международной ярмарки „Идеи, изобретения, новые продукты iENA 2014"
- Золотая медаль на 10 Международной ярмарке изобретений и технологий INST 2014

Projekt pt. „Zintegrowany system budowy planów zarządzania kryzysowego w oparciu o nowoczesne technologie informatyczne" realizowany w konsorcjum naukowo-przemysłowym w składzie: Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej Państwowy Instytut Badawczy**,** Akademia Obrony Narodowej – Wydział Bezpieczeństwa Narodowego**,** Szkoła Główna Służby Pożarniczej**,** Związek Ochotniczych Straży Pożarnych Rzeczpospolitej Polskiej**,** ASSECO Poland S.A.

- Nagroda pierwszego stopnia w kategorii e-technologie, e-usługi „Jurajski Produkt Roku 2014"
- Brązowy „Laur Innowacyjności 2014 w ogólnopolskim konkursie im. Stanisława Staszica na najlepsze produkty innowacyjne „Laur Innowacyjności 2014"
- Złoty medal podczas 63. Targów Wynalazczości, Badań Naukowych i Nowych Technologii „BRUSSELS INNOVA 2014"

Project "Integrated system of creating emergency management plans based on modern information technologies" run by a scientific and industrial consortium of: Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, National Defense University – National Safety Department, the Main School of Fire Service, Union of Volunteer Fire Departments of the Republic of Poland, ASSECO Poland S.A.

- First Degree Award in the category e-technologies, e-services in a "Jurassic Product of the Year 2014"
- Bronze "Laurel of Innovation 2014" in the Polish national competition for best innovative products "Laurel of Innovation 2014"
- Gold medal at the 63rd edition of International Exhibition of Invention, Research and New Technologies "BRUSSELS INNOVA 2014"

Проект „Интегрированная система подготовки планов кризисного управления на основе современных информационных технологий, реализован в составе консорциума: Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт (CNBOP-PIB), Академия Национальной Обороны – WBN, Главная Школа Пожарной Службы, Союз Добровольной Пожарной Службы Республики Польша, Asseco Poland S.A.

- Награда первой степени в категории электронные технологии и электронные услуги во время конкурса „Юрайский продукт 2014 года"
- Бронзовый „Лавр инновации 2014" в общепольском конкурсе имени Станислава Сташица за лучшие инновационные продукты „Лавр Инновации 2014"
- Золотая медаль во время 63 ярмарки изобретений, научных исследований и новых технологий „BRUSSELS INNOVA 2014"

- 2 złote medale i dyplom podczas 39. edycji Międzynarodowych Targów Wynalazczości „INOVA CROATIA 2014”
- Two gold medals and a diploma at the 39th edition of International Innovation Show “INOVA CROATIA 2014”
- 2 золотые медали и диплом во время 39-й Международной выставки изобретений „INOVA CROATIA 2014”

- Złoty medal podczas 14 edycji Międzynarodowych Targów Wynalazczości „The British Invention Show BIS 2014”
- Złoty medal i nagroda specjalna od „Taiwan Prominent Inventor League” podczas 66. Międzynarodowych Targów „Pomysły, Wynalazki, Nowe Produkty iENA 2014”
- Gold medal at the 14th edition of “The British Invention Show BIS 2014”
- Gold medal and a special award from “Taiwan Prominent Inventor League” at the 66h edition of the International trade fair “Ideas, Inventions, New products iENA 2014”
- Золотая медаль во время 14-й Международной выставки изобретений „British Invention Show (BIS) – 2014”
- Золотая медаль и специальная награда от „Taiwan Prominent Inventor League” во время 66-й Международной ярмарки „Идеи, изобретения, новые продукты iENA 2014”

- Złoty medal z wyróżnieniem podczas „VIII Międzynarodowej Warszawskiej Wystawy Wynalazków IWIS 2014”
- Medal podczas Międzynarodowej Wystawy Wynalazków i Innowacji: Międzynarodowej Konferencji i Targów Nafta i Gaz 2014 oraz Expochem 2014
- Diamentowa Statuetka „Lider Bezpieczeństwa Państwa 2014”
- Gold medal and a diploma at the “VIIth International Warsaw Invention Show IWIS 2014”
- Medal at the International Fair of Inventions: International Conference and Exhibition Oil & Gas 2014 and Expochem 2014
- Diamond statuette “National Safety Leader 2014”
- Золотая медаль с отличием во время VII Международного варшавского салона изобретений IWIS 2014
- Медаль во время Международной выставки изобретений и инноваций: Международной конференции и ярмарки „Нефть и Газ 2014” и „Expochem 2014”
- Алмазная статуэтка „Лидер государственной безопасности 2014”

- Złoty medal od Uniwersytetu Technicznego z Mołdawii oraz srebrny medal za udział w Targach EUROINVENT
- Złoty medal z wyróżnieniem podczas II Międzynarodowych Targów Wynalazczości TUNIS'INNOV 2014
- Gold medal and a diploma from Technical University in Moldova, Silver medal and a diploma for participation in EUROINVENT Fair
- Gold medal with a distinction at the 2nd International Innovation Fair TUNIS'INNOV 2014
- Золотая медаль от Технического Университета в Молдавии и серебряная медаль за участие в ярмарке EUROINVENT
- Золотая медаль с отличием во время II Международной ярмарки изобретений TUNIS'INNOV 2014

- Srebrny medal i dyplom dla zespołu (kierowników merytorycznych) oraz specjalne wyróżnienie od Stowarzyszenia Wynalazców z Tajwanu podczas XVII Moskiewskiego Międzynarodowego Salonu Wynalazków i Innowacyjnych Technologii „Archimedes 2014"
- Silver medal and a diploma for the group of functional managers and a special distinction from the Association of Taiwan Inventors at the XVIIth edition of Moscow International Salon of Inventions and Innovation Technologies "Archimedes 2014"
- Серебряная медаль и диплом для группы (основные руководители) и специальный отзыв от Ассоциации Изобретателей из Тайвана во время XVII Московского Международного Салона Изобретений и Инновационных Технологий „Архимед 2014"

- Srebrny medal oraz dyplomy dla wszystkich członków konsorcjum i dla zespołu projektowego (kierowników merytorycznych) podczas 42. Międzynarodowej Wystawy Wynalazczości, Nowoczesnej Techniki i Wyrobów w Genewie
- Silver medal and diplomas for all consortium members and a project group (functional managers) at the 42nd International Exhibition of Inventions, New Techniques and Products in Geneva
- Серебряная медаль и дипломы для всех членов консорциума и для проектной группы (основные руководители) во время 42 Международной Выставки Изобретений, Современной Техники и Продуктов в Женеве

Projekt pt. „Opracowanie metodologii stałego nadzoru eksploatacji wybranych obszarów wyposażenia Straży Pożarnej w zakresie niezawodności i skuteczności działania" realizowany ze środków finansowych NCBR w konsorcjum naukowo-przemysłowym w składzie: Szkoła Główna Służby Pożarniczej (lider), Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy, MLabs, TELDAT, CMGI

- Srebrny medal podczas „X Międzynarodowych Targów Wynalazków i Technologii INST 2014"

Project "Development of methodology for continuous monitoring of selected areas of fire service equipment, in the framework of reliability and effectiveness of action" funded by NCBR and run by a scientific and industrial consortium of: the Main School of Fire Service, Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, MLAbs, TELDAT, CMGI

- Silver medal at the Xth "International Fair of Invention and Technologies INMST 2014"

Проект „Разработка методологии непрерывного надзора эксплуатации отрасли оснащения Пожарной Службы в сфере надёжности и эффективности проводимых действий" реализован с помощью финансовых ресурсов NCBR в научно-промышленном консорциуме: Главная Школа Пожарной Службы, Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт (CNBOP-PIB), MLabs, TELDAT, CMGI

- Серебряная медаль во время X Международной Выставки Изобретений и Технологии INST 2014

Projekt „Opracowanie innowacyjnego systemu stanowisk do badań ochron osobistych" realizowanego ze środków finansowych NCBR w składzie: Szkoła Główna Służby Pożarniczej, Centrum Naukowo Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy**,** Politechnika Warszawska**,** Szkoła Aspirantów Państwowej Straży Pożarnej w Krakowie, Thermolab

- Srebrny medal oraz nagroda specjalna International Intellectual Property Network Forum, Taipei/Tajwan

Projekt pt. „Opracowanie innowacyjnego Środka przeznaczonego do usuwania zanieczyszczeń i skażeń z infrastr**uktury drogowej i przemysłowej" realizowany w konsorcjum z Instytutem Ciężkiej Syntezy Organicznej Blachownia oraz P.P.H. Chemkonfekt.**

- Godło Promocyjne „Teraz Polska" dla przedsięwzięć innowacyjnych
- Nagroda I stopnia „Lider Bezpieczeństwa Państwa 2014"
- XXI Giełda Wynalazków – nagroda

Project "Development of innovative system of posts for examination of personal protections" funded by NCBR, run by a consortium of: the Main School of Fire Service, Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Warsaw University of Technology, SA PSP in Cracow, Thermolab

- Silver medal and a special award International Intellectual Property Network Forum, Taipei

Project "Development of innovative agent designed to remove pollution and contamination from road and industrial infrastructure" realized in consortium with the Institute of Heavy Organic Synthesis and P.P.H. Chemkonfekt.

- Promotional emblem "Poland Now" for innovative projects
- First degree award "National Safety Leader 2014"
- Award at XXIth Invention Fair

Проект „Разработка инновационной системы (установок) для исследования средств индивидуальной защиты" реализован с помощью финансовых ресурсов NCBR в консорциуме: Главная Школа Пожарной Службы, Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт (CNBOP-PIB), Варшавская Политехника, Школа Аспирантов Государственной Пожарной Службы в Кракове, Thermolab

- Серебряная медаль и специальная награда Intellectual Property Network Forum, Тайвань

Проект „Разработка инновационного вещества для удаления загрязнений и заражений с дорожной и промышленной инфраструктуры» реализован в консорциуме с Институтом тяжелого органического синтеза Блаховня и Хемконфект

- Рекламная эмблема „Польша Сегодня" для инновационных мероприятий
- Награда первой степени „Лидер государственной безопасности 2014"
- XXI Биржа изобретений – награда

Projekt pt. „Nowoczesne ochrony osobiste służb ratowniczych KSRG w oparciu o potrzeby użytkowników końcowych" – „FIREGUARD" realizowany w latach 2012–2015 przez konsorcjum w składzie: Szkoła Główna Służby Pożarniczej (lider), Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – PIB, Instytut Technologii Bezpieczeństwa – MORATEX, Politechnika Łódzka, Uniwersytet Medyczny w Łodzi - Centralny Instytut Ochrony Pracy – PIB, ZOSP RP – Wytwórnia Umundurowania Strażackiego, ARLEN S.A., TEXA s.c., Kaliskie Zakłady Przemysłu Terenowego Sp. z o.o.

- Nagroda I stopnia podczas II Edycji Ogólnopolskiego Konkursu „Lider bezpieczeństwa państwa 2014".

Project "Modern personal protections of rescue services of the National Firefighting and Rescue System on the basis on the end users' needs" – "FIREGUARD" realized in 2012-2015 run by a consortium of: the Main School of Fire Service, Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute, Safety Technology Institute – MORATEX, Łódź University of Technology, Medical University of Lodz, Central Institute for Labour Protection, Union of Volunteer Fire Departments of the Republic of Poland (ZOSP RP), ARLEN S.A., TEXA s.c., Kaliskie Zakłady Przemysłu Terenowego Sp. z o.o.

- First degree award at the 2nd edition of national competition "National Safety Leader 2014"

Проект „Современные средства индивидуальной защиты спасательных служб Национальной Спасательно-гасящей Системы на основе потребностей конечных потребителей" „FIREGUARD" реализован в 2012–2014 гг. консорциумом: Главная Школа Пожарной Службы, Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны – Государственный Исследовательский Институт (CNBOP-PIB), Институт Технологии Безопасности – MORATEX, Лодзинский технический университет, Лодзинский медицинский университет , Союз Добровольной Пожарной Службы Республики Польша – Производитель Пожарной Одежды, ARLEN S.A., TEXA s.c., Завод внедорожной техники в г. Калиш Sp, z.o.o.

- Награда первой степени во время II выпуска Общепольского конкурса „Лидер государственной безопасности 2014»

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

Najważniejsze wydarzenia

1972

Utworzenie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Ochrony Przeciwpożarowej (OBROP) w Józefowie-Dębince na podstawie zarządzenia Nr 81 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 14 sierpnia 1972 r. (Dz. Urz. MSW Nr 7, poz. 24).

1974

Ustanowienie OBROP jako ośrodka normalizacyjnego w resorcie spraw wewnętrznych na podstawie zarządzenia Nr 66/67 Ministra Spraw Wewnętrznych.

1984

Przekształcenie OBROP w Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej (CNBOP), na podstawie zarządzenia Nr 9/84 Ministra Spraw Wewnętrznych z dnia 28 stycznia 1984 r. (Dz. ZiR KG SP Nr 1–2, poz. 3).

1992

Włączenie CNBOP w poczet jednostek organizacyjnych Państwowej Straży Pożarnej w rozumieniu ustawy z dnia 24 sierpnia 1991 r. o Państwowej Straży Pożarnej.

1996

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez:

Laboratorium Badań Właściwości Pożarowych Materiałów, numer certyfikatu L 60/1/96 (następnie Zakład Laboratorium Badań Właściwości Pożarowych Materiałów, certyfikat akredytacji Nr **AB 060** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji),
Laboratorium Pomp i Armatury Wodno-Pianowej, numer certyfikatu L 59/1/96 (następnie Zakład Laboratorium Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej, certyfikat akredytacji Nr **AB 059** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).

1997

Nadanie CNBOP imienia Józefa Tuliszkowskiego na podstawie zarządzenia Nr 4 Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 23 stycznia 1997 r. (Dz. Urz. MSWiA Nr 2. poz. 22).

1998

Utworzenie w CNBOP **Jednostki Certyfikującej** w celu prowadzenia oceny zgodności wyrobów wprowadzanych do obrotu i stosowanych w ochronie przeciwpożarowej.

1999

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez **Jednostkę Certyfikującą**, numer certyfikatu 63/Cw-69/99 (obecnie **certyfikat akredytacji Nr AC 063** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).

2001

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Badań i Certyfikacji przez kolejne 3 laboratoria badawcze:
Zakład-Laboratorium Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpożarowych otrzymuje certyfikat akredytacji Nr L 305/1/2000 (następnie certyfikat akredytacji Nr **AB 305** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji),
Laboratorium Środków Gaśniczych i Sprzętu Podręcznego, Nr certyfikatu L 306/1/2000 (następnie Zakład-Laboratorium Technicznych Zabezpieczeń Przeciwpożarowych, certyfikat akredytacji Nr **AB 305** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji),
Laboratorium Pojazdów i Wyposażenia otrzymuje certyfikat akredytacji Nr L 307/1/2000 (następnie Zakład-Laboratorium Technicznego Wyposażenia Straży Pożarnej, certyfikat akredytacji Nr **AB 059; AB060** wydany przez Polskie Centrum Akredytacji).

2003

Przekształcenie CNBOP z państwowej jednostki budżetowej w **jednostkę badawczo-rozwojową**, w rozumieniu ustawy z dnia 25 lipca 1985 r. o jednostkach badawczo-rozwojowych. Wpisanie CNBOP do Krajowego Rejestru Sądowego. Uzyskanie przez CNBOP **autoryzacji Ministra Gospodarki**, **Pracy i Polityki Społecznej** w zakresie dyrektywy 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej.

2004

Uzyskanie przez CNBOP **autoryzacji Ministra Infrastruktury** w zakresie dyrektywy 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych.

Uzyskanie przez CNBOP **notyfikacji Komisji Europejskiej** (**numer identyfikacji 1438**) w zakresie dyrektyw: 89/686/EWG z dnia 21 grudnia 1989 r. w sprawie ujednolicenia przepisów prawnych Państw Członkowskich dotyczących środków ochrony indywidualnej, 89/106/EWG z dnia 21 grudnia 1988 r. w sprawie zbliżenia ustaw i aktów wykonawczych Państw Członkowskich dotyczących wyrobów budowlanych.

Utworzenie **Zakładu Aprobat Technicznych**, realizującego zadania CNBOP w zakresie regulacji rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 8 listopada 2004 r. w prawie aprobat technicznych oraz jednostek organizacyjnych upoważnionych do ich wydawania (Dz. U. Nr 249, poz. 2497).

Rozpoczęcie przez CNBOP prowadzenia oceny zgodności wyrobów budowlanych – w europejskim systemie oceny zgodności – oznakowanie CE, i w krajowym systemie oceny zgodności – znak budowlany B.

2010

Nadanie przez Radę Ministrów Centrum Naukowo-Badawczemu Ochrony Przeciwpożarowej im. Józefa Tuliszkowskiego w Józefowie **statusu państwowego instytutu badawczego** (Dz. U. Nr 181, poz. 1219), a tym samym wejście CNBOP do prestiżowego grona kilkunastu państwowych instytutów badawczych.

2011

Uzyskanie akredytacji Polskiego Centrum Akredytacji przez **Zespół Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości**, certyfikat akredytacji **Nr AB 1280**.

2013

Utrzymanie kategorii B w ocenie parametrycznej Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Objęcie 4 pozycji w grupie wspólnej oceny.

2014

22 grudnia 2014 roku Komenda Główna Obrony Cywilnej Ministerstwa Spraw Wewnętrznych Zjednoczonych Emiratów Arabskich (ang. *General Headquarters of Civil Defence, Ministry of Interior UAE*) uznała działalność Jednostki Certyfikującej i Laboratorium badawczego BA CNBOP-PIB w zakresie urządzeń sygnalizacji alarmu pożaru i automatyki pożarniczej. W związku z tym faktem, CNBOP-PIB może wydawać certyfikaty zgodności, które są uznawane na rynku ZEA, w oparciu o posiadane przez Klientów i wydane przez CNBOP-PIB certyfikaty stałości właściwości użytkowych (CPR).

The Scientific and Research Centre for Fire Protection National Research Institute

Major events

1972

Establishment of the Research and Development Centre for Fire Protection (OBROP) in Józefów-Dębnice on the basis of Regulation No. 81 of 14 August 1972 issued by the Ministry of International Affairs (Dz. Urz. [Official Journal of the Ministry of Foreign Affairs] No. 7, item 24).

1974

Granting OBROP the standardization centre status in the Home Affairs Department on the basis of Regulation No. 66/67 of the Mini- ster of Home Affairs.

1984

The transformation of OBROP into the Scientific and Research Centre for Fire Protection (CNBOP) on the basis of Regulation No. 9/84 of the Minister of Home Affairs of 28 January 1984 (Dz. ZiR KG SP [Official Journal of the National Headquarters of the State Fire Service of Poland No. 1–2, item 3).

1992

Inclusion of CNBOP into State Fire Service organizational units in reference to the State Fire Service Act of 24 August 1991.

1996

The following departments obtained Accreditation of the Polish Centre for Testing and Accreditation:
Laboratory for Testing Fire Properties of Materials, Accreditation Certificate number L 60/1/96 (then called Department – Laboratory for Testing Fire Properties of Materials; Accreditation Certificate No. **AB 060** issued by the *Polish* Centre for Accreditation),
Laboratory of Pumps and Water-foam fittings, Accreditation Certificate No. L 59/1/96 (then called Department – Laboratory of Technical Equipment for Fire Service and Technical Fire Protection, Accreditation Certificate No**. AB 059** issued by the Polish Centre for Accreditation).

1997

CNBOP was named after Józef Tuliszkowski under Regulation No. 4 of the Minster of Interior and Administration of 23 January 1997 (Dz. Urz. MSWiA [Official Journal of the Ministry of Interior and Administration] No. 2, item 22).

1998

Establishment of **CNBOP Certification Department** aimed at assessment of the compliance of marketed products used in fire protection.

1999

CNBOP Certification Department obtained accreditation of the Polish Centre for Testing and Accreditation No. 62/Cw-69/99 (currently **Accreditation Certificate No. AC 063** issued by the Polish Centre for Accreditation).

2001

Another three laboratories obtained accreditation of the Polish Centre for Testing and Accreditation:

Department – Laboratory of Technical Fire Protection was granted Accreditation Certificate No. L: 305/1/2000 (then accreditation certificate **No. AB 305** issued by the Polish Centre for Accreditation);
Laboratory of Extinguishing Media and Portable Equipment, certificate No. L 306/1/200 (then Department-Laboratory of Technical Fire Protection, accreditation certificate No. **AB 305** issued by the Polish Centre for Accreditation);
Laboratory of Vehicles and Equipment was granted accreditation certificate No. 307/1/2000 (then Department-Laboratory of Technical Equipment of Fire Service, accreditation certificate No. **AB 059**; **AB060** issued by the Polish Centre for Accreditation).

2003

Transformation of CNBOP from a state administrative entity into a **research and development entity** understood in accordance with the Act of 25 July 1985 on Research and Development Entities. CNBOP entered into the National Court Register and obtained **authorization of the Ministry of Labour and Social Policy** within the scope of Council Directive 89/686/EEC of 21 December 1989 on the approximation of the laws of the Member States relating to personal protective equipment.

2004

CNBOP obtained authorization of **the Minister of Infrastructure** within the scope of Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products.

CNBOP obtained **notification of the European Commission (notification No. 1438)** within the scope of Council Directive 89/686/ EEC of 21 December 1989 on the approximation of the laws of the Member States relating to personal protective equipment, and Council Directive 89/106/EEC of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Mem- ber States relating to construction products.

Establishment **of Technical Approval Department**, aimed at realizing the tasks of CNBOP within the scope of the control of Regu- lation of the Minister of Infrastructure of 8 November 2004 on technical approvals and organizational units entitled to issue them (Dz. U. [Journal of Laws] No. 249, item 2497).

CNBOP started carrying out conformity assessment of construction products – in the European conformity assessment system – the CE marking, and in the national conformity assessment system – B construction mark.

2010

Scientific and Research Centre for Fire Protection (CNBOP) was granted by the Council of Ministers of the Republic of Poland the status of a National Research Institute (Dz. U [Journal of Laws], No. 181, item 1219) thus joining the elite group of few national research institutes in Poland.

2011

CNBOP-PIB Combustion Processes and Explosion Laboratories were granted accreditation by the Polish Centre for Accreditation, Accreditation Certificate No. **AB 1280.**

2013

CNBOP-PIB maintained B category in the parametric assessment carried by the Ministry of Science and Higher Education of Poland. CNBOP-PIB was classified on the fourth position within the common assessment group.

2014

On the 22th of December 2014 the General Headquarters of Civil Defence, Ministry of Interior of the United Arab Emirates recognized CNBOP-PIB Certification Department and BA Research Laboratory activities in the scope of fire alarm equipment. Consequently, CNBOP-PIB can issue certificates of conformity, which are respected in the UAE market, based on constancy of performance certificates (CPR) held by the Clients and issued by CNBOP-PIB.

Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны им. Иосифа Тулишковского – Государственный Исследовательский Институт

Самые важные события

1972

Образование Исследовательно-экспериментальной организации противопожарной охраны (OBROP) в городе Юзефов-Дембнице на основе распоряжения № 81 Министра внутренних дел от 14 августа 1972 года (официальный журнал МВД Польши № 7, поз. 24).

1974

OBROP установлен центром стандартизации в ведомстве внутренних дел на основе распоряжения № 66/67 Министра внутренних дел Польши.

1984

Преобразование OBROP в Научно-Исследовательский Центр Противопожарной Охраны (CNBOP), na основе распоряжения № 9/84 Министра Внутренних Дел от 28 января 1984.

1992

Включение CNBOP в группу организационных единиц Государственной пожарной службы в понятии закона от 24 августа 1991 о Государственной пожарной службе.

1996

Получение аккредитации Польского центра исследований и сертификации:
Лабораторией исследований пожароопасных свойств материалов, номер сертификата L/60/1/96 (позже Отдел Лаборатория исследований пожароопасных свойств материалов, сертификат аккредитации № **AB 060** выдан Польским Центром Аккредитации),
Лабораторией насосов и водно-пенной арматуры, номер сертификата L59/1/96 (позже: Отдел Лаборатория технического оборудования Пожарной службы, сертификат аккредитации № **AB 059** выдан Польским Центром Аккредитации.

1997

CNBOP назван в честь Иосифа Тулишковскего на основе распоряжения № 4 Министра внутренних дел и администрации от 23 января 1997 года (Официальный журнал Министерства внутренних дел и администрации № 2 поз. 22).

1998

Образование в CNBOP сертификационного отдела с целью проведения оценки соответствия изделий, выпускаемых на рынок и используемых в противопожарной охране.

1999

Получение аккредитации Польского центра исследований и сертификации **Сертификационным департаментом**, номер сертификата 63/Cw-69/99 (теперь **сертификат аккредитации № AC 063** выдан Польским Центром Аккредитации).

2001

Получение аккредитации Польского центра исследований и сертификации тремя следующими исследовательскими лабораториями:
Отдел лабораотрия технической противопожарной защиты получил сертификат аккредитации № L 305/1/2000 (позже сертификат аккредитации № **AB 305** выдан Польским Центром Аккредитации),
Лаборатория огнетушительных средств и подручного оборудования, № L 306/1/2000 (позже Отдел лабораотрия технической противопожарной защиты, сертификат аккредитации № **AB 305** выдан Польским Центром Аккредитации),
Лаборатория автомобилей и оборудования получила сертификат аккредитации № L307/1/2000 (позже Отдел лабораотрия технического оборудования противопожарной службы, сертификат аккредитации № **AB 059; AB060** выдан Польским Центром Аккредитации).

2003

Преобразование CNBOP из государственного бюджетного учреждения в **исследовательно-экспериментальное учреждение** соответственно Закона от 25 июля 1985 года о исследовательно-развивательных учреждениях. Включение CNBOP в Государственный судебный реестр (KRS). CNBOP получил **авторизацию Министра экономики**, труда и социальной политики в области директивы 89/686/EWG от 21 декабря 1989 года по унифицированию правовых норм Стран-Членов ЕС, касающихся средств индивидуальной защиты.

2004

Получение Центром (CNBOP) авторизации **Министра инфраструктуры** в области директивы 89/106/EWG от 21 декабря 1988 года по сближению законов и исполнительных актов Стран-Членов, касающихся строительных изделий.

CNBOP получил нотификацию **Европейской комиссии (номер идентификации 1438)** в области директив: 89/686/EWG от 21 декабря 1989 года по унифицированию правовых норм Стран-Членов ЕС, касающихся средств индивидуальной защиты, 89/106/EWG от 21 декабря 1988 года по сближению законов и исполнительных актов Стран-Членов, касающихся строительных изделий.

Образование **Департамента технических одобрений**, выполнаяющего задачи CNBOP в области регулирования распоряжения Министра инфраструктуры от 8 ноября 2004 года относительно технических одобрений и организационных единиц уполно- моченных к их выдаче (Дневник законов № 249, поз. 2497).

CNBOP начал проводить оценку соответствия строительных изделий – в европейской системе оценки соответствия – маркировка CE, и в национальной систем оценки соответствия – строительная маркировка B.

2010

Совет министров дал Научно-Исследовательскому Центру Противопожарной Охраны им. Иосифа Тулишковского **статус государственного исследовательского института** (Дневник законов № 181, поз. 1291). Одновременно CNBOP-PIB вошёл в небольшую престижную группу государственных исследовательских институтов**.**

2011

Получение аккредитации Польского центра аккредитации **Отделом Лабораторией процессов горения и взрывчатости**, сертификат аккредитации № **AB 1280**.
Введение нового логотипа CNBOP-PIB.

2013

CNBOP-PIB сохранил категорию B в параметрической оценке, проведённой Министерством Науки и Высшего Образования Польши. Институт находится на четвёртом месте в группе общей оценки.

2014

22 декабря 2014 г. Главная Комендатура Гражданской Защиты МВД Объединённых Арабских Эмират (ang. *General Headquarters of Civil Defence, Ministry of Interior UAE*) признала деятельность Сертификационного Департамента и Исследовательской Лаборатории BA CNBOP-PIB в сфере устройств сигнализации пожара и пожарной автоматики. В связи с этим фактом CNBOP-PIB может выдавать сертификаты соответствия, которые признаются на рынке Объединённых Арабских Эмират, на основе полученных клиентами выдаваемых CNBOP-PIB сертификатов постоянства эксплуатационных характеристик (CPR).

Zeskanuj kod i wejdź na naszą stronę

Czytelnia.cnbop.pl