

Anna Dąbrowska, Grażyna Bartkowiak, Agnieszka Greszta

Systemy sygnalizacji zagrożeń do zastosowania w inteligentnej odzieży ochronnej dla strażaków



Materiały informacyjne CIOP-PIB

Systemy sygnalizacji zagrożeń do zastosowania w inteligentnej odzieży ochronnej dla strażaków

Opracowano na podstawie wyników IV etapu program wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, sfinansowanego w latach 2017-2019 finansowanego w latach 2017-2019 w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego/Narodowego Centrum Badań i Rozwoju.

Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Projekt III.N.16: Opracowanie i ocena funkcjonalności modelu systemu sygnalizacji zagrożeń do zastosowania w inteligentnej odzieży ochronnej z uwzględnieniem przewidywanych warunków jej stosowania

Autor:

Anna Dąbrowska, Grażyna Bartkowiak, Agnieszka Greszta – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Ochrony Osobistych

Zdjęcie na okładce: bigstock/sanchairat

© Copyright by

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Warszawa 2019

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

tel. (48-22) 623 36 98, www.ciop.pl

Wprowadzenie

Akcje straży pożarnej często są związane z narażeniem strażaków na działanie takich różnorodnych czynników, jak: promieniowanie cieplne, wysoka temperatura otoczenia i dym pożarowy. Działaniom tym towarzyszy duży wysiłek fizyczny, spowodowany m.in. dużą masą wyposażenia osobistego (około 40 kg), (Gaura et al., 2009), ciemnością, słabą widocznością, utrudnioną lokalizacją, jak również zagrożenia fizyczne: potknięcia, upadki i miażdżenia (Grant et al., 2015). Strażacy narażeni są również na długotrwały stres psychiczny, co w połączeniu z zagrożeniami fizycznymi ma ogromny wpływ na stan ich zdrowia oraz wypadki podczas akcji ratowniczych (Fahy et al., 2017). Wyniki badań potwierdzają, że narażenia strażaków na wyczerpującą aktywność fizyczną, stresy emocjonalne i zanieczyszczenia środowiska mogą wpływać na układ sercowo-naczyniowy i w konsekwencji mogą prowadzić do zatrzymania krążenia. Nagłe zgony sercowe najczęściej występują podczas tłumienia pożaru, a także u strażaków z miażdżycą tętnic i/lub strukturalną chorobą serca (Smith et al., 2013).

W związku z tym w ostatnich latach zaobserwowano szczególne zainteresowanie monitorowaniem zarówno stanu fizjologicznego strażaków (Ghosh et al., 2013), jak i zagrożeń, na które są oni narażeni podczas akcji. Czujniki i sygnalizatory zagrożeń mogą być umieszczone bezpośrednio w odzieży, jak również w elementach noszone na odzieży. Nowy rodzaj odzieży z aktywną funkcją monitorowania zagrożeń istotnych z punktu widzenia zdrowia i życia strażaków nazwany jest odzieżą inteligentną. Zagrożenia wynikające ze stanu zdrowia, strażaka jak i warunków środowiskowych podczas akcji, są analizowane za pomocą specjalnych, uczących się algorytmów, a sytuacje krytyczne – sygnalizowane.

W kontekście inteligentnych systemów zintegrowanych z odzieżą ochronną przeprowadzono już wiele prac badawczych, a szczególnie w zakresie rozwiązań dla strażaków. Należy jednakże podkreślić, iż dotychczas nie zostały opracowane wymagania i metody badań, które w sposób jednolity umożliwiłyby na rynku europejskim potwierdzenie bezpieczeństwa i funkcjonalności stosowania tego rodzaju systemów w specyficznych warunkach użytkowania. Rozwiązania elektroniczne nie mogą powodować dodatkowego zagrożenia dla strażaków, więc istotna jest ich niezawodności. W przypadku odzieży strażackiej, w szczególności należy wziąć pod uwagę możliwe oddziaływanie czynników gorących (tj. płomień, promieniowanie cieplne, ciepło konwekcyjne) na prawidłowe funkcjonowanie systemów elektronicznych, jak również – inne warunki środowiskowe podczas akcji

przeciwpożarowych (tj. zadymienie, ciemność, hałas) i ich wpływ na możliwość współpracy użytkownika inteligentnej odzieży z wbudowanymi systemami elektronicznymi. Podobne problemy napotykają systemy komunikacji i lokalizacji stosowane w akcjach przeciwpożarowych. Wysoka temperatura, hałas, gęsty dym, podmuchy powietrza, przeszkody i spadający gruz utrudniają rozprzestrzenianie się sygnałów radiowych, ultradźwiękowych i laserowych, co z kolei prowadzi do przerwania łączności i w efekcie do ograniczenia kontroli nad przebiegiem akcji.

Systemy sygnalizacji do zastosowania z odzieżą ochronną dla strażaków




Obecnie systemy komunikacji, w tym informowania o zagrożeniach w straży pożarnej opierają się na łączności radiowej, którą gwarantują specjalnie dedykowane dla straży pożarnej radiotelefony działające w paśmie UKF. Uzupełnieniem do komunikacji radiowej mogą być systemy sygnalizacji zagrożeń, które najczęściej montowane są na wyposażeniu osobistym strażaka lub mogą być zespolone ze środkami ochrony indywidualnej.

Biorąc pod uwagę preferencje strażaków (Dąbrowska et al., 2019), w CIOP-PIB we współpracy z Katedrą Mikroelektroniki i Technik Informatycznych Politechniki Łódzkiej oraz firmą ILED sp. z o.o., opracowano trzy warianty systemów sygnalizacji zagrożeń (SSZ):

- system sygnalizacji zagrożeń z wyświetlaczem LCD,
- system sygnalizacji zagrożeń z diodami LED,
- system sygnalizacji zagrożeń z elementem wibracyjnym.

Konstrukcję opracowanych SSZ przedstawiono w tabeli 1. Moduły sygnalizacyjne poszczególnych wariantów SSZ zostały umieszczone w specjalnie zaprojektowanych do tego celu osłonach tekstylnych, mających formę opasek, wykonanych z materiałów charakteryzujących się trudnopalnością i odpornością na ciepło.

Tabela 1. Systemy sygnalizacji zagrożeń

| Opis SSZ | Widok SSZ |
|--|--|
| System sygnalizacji zagrożeń z wyświetlaczem LCD | |
| <p>SSZ składa się z płytki z 2,4" wyświetlaczem LCD, która jednocześnie pełni funkcję programowalnego procesora (mikrosterownika), modułu komunikacji Wi-Fi oraz wyświetlacza LCD. System ten zasilany jest przez złącze USB za pomocą powerbanka. W wyniku konsultacji ze strażakami, wykonany w ramach projektu SSZ umożliwia przekazanie trzech komunikatów: brak zagrożenia („OK”), alarm temperaturowy, alarm chemiczny</p> |  |
| System sygnalizacji zagrożeń z diodami LED | |
| <p>System ten składa się z dwóch elastycznych linii diod RGB (po 6 szt. w każdej linii), mikrosterownika oraz akumulatora LiPo. Umożliwia regulację barwy światła (model RGB), jasności oraz częstotliwości impulsów świetlnych przekazywanych przez diody poprzez określenie oczekiwanego czasu stanu wysokiego (załączenia diod) i czasu stanu niskiego (wyłączenia diod)</p> |  |
| System sygnalizacji zagrożeń z elementem wibracyjnym | |
| <p>SSZ zbudowany jest z układu połączonych równolegle 5 sztuk mikrosilniczków wibracyjnych, mikrosterownika oraz skumulatora LiPo. Zapewnia on możliwość regulacji w zakresie sposobu wibracji (przebieg trójkątny lub prostokątny) oraz natężenia wibracji w funkcji czasu</p> |  |

Systemy sygnalizacji zostały rozmieszczone w sposób zapewniający najłatwiejszy odbiór sygnałów przez strażaka: systemy wizualne zostały umieszczone na rękawach kurtki, system wibracyjny na tyłce, zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 1.



Rys. 1. Lokalizacja systemów sygnalizacji zagrożeń podczas badań użytkowych: a) SSZ z wyświetlaczem LCD, b) SSZ z diodami LED, c) SSZ z elementem wibracyjnym

Ocena funkcjonalności opracowanych systemów sygnalizacji zagrożeń

Opracowane systemy sygnalizacji zostały poddane badaniom z udziałem strażaków w symulowanych warunkach użytkowania w Laboratorium Badawczo-Demonstracyjnym do oceny funkcjonalności zaawansowanych technologicznie środków ochrony indywidualnej w Zakładzie Ochron Osobistych CIOP-PIB.

Metodyka badań zakładała symulację warunków użytkowania SSZ podczas pożaru w kamienicy. W związku z tym uwzględniała zróżnicowane aktywności fizyczne: marsz na bieżni, dojście do miejsca zdarzenia, ćwiczenie na trenażerze wspinaczkowym, wejście po schodach i przejście z obciążeniem (rys. 2).

Podczas badań zastosowano następujące warunki środowiskowe: temperatura – 25° C, wilgotność względna – 50%, prędkość ruchu powietrza – 0,24 m/s, natężenie światła – 1450 lux i 10 lux, barwa światła – 6500 K i 2700 K oraz zadymienie i hałas.



Rys. 2. Strażacy uczestniczących w badaniach użytkowych

Podczas ćwiczeń strażacy mieli przekazywane za pomocą aplikacji komputerowej sygnały zagrożeń na poszczególne warianty SSZ. Odbiór sygnału strażacy potwierdzali za pomocą bezprzewodowej komunikacji głosowej. Dodatkowo, podczas badań użytkowych monitorowano parametry fizjologiczne uczestników (częstość skurczów serca i oddechów, reakcję skórno-galwaniczną). Przed i po eksperymencie wykonano również badania psychologiczne oraz badanie ankietowe.

Na podstawie wyników przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

- Najlepiej ocenianym sposobem sygnalizacji pod kątem funkcjonalności niezależnie od warunków środowiskowych jest SSZ bazujący na sygnalizacji wibracyjnej. Strażacy wskazali jako preferowany sposób wibracji narastająco-opadający (przebieg trójkątny) o najwyższym poziomie natężenia.
- W odniesieniu do SSZ z diodami LED, spośród analizowanych możliwości świecenia diod preferowany był kolor czerwony o częstotliwości świecenia 100 ms stan wysoki i 100 ms stan niski, o najwyższym poziomie natężenia.

- Wyświetlacz LCD może być wykorzystywany do sygnalizacji zagrożeń w celu przekazywania bardzo określonych i złożonych komunikatów. Bodziec związany z samym wyświetleniem komunikatu może być za mało intensywny. Aby zwracał uwagę strażaków powinien być wyświetlany pulsująco.
- Najbardziej skuteczne sygnalizowanie zagrożeń może zapewnić metoda wibracyjna w połączeniu z metodą sygnalizacji zagrożeń za pomocą wyświetlacza LCD lub diod LED.

Ponadto, z punktu widzenia bezpieczeństwa strażaka, systemy sygnalizacji zagrożeń przeznaczone do stosowania na odzieży ochronnej powinny spełniać określone wymagania w aspekcie odporności na działanie płomienia i wysokiej temperatury. Systemy sygnalizacji zagrożeń, wraz z modułami zasilającymi, powinny być umieszczone w odpowiednio do nich skonstruowanych osłonach tekstylnych (patrz tabela 1), w których wszystkie materiały spełniają wymagania dla akcesoriów w zakresie: rozprzestrzeniania płomienia i odporności na ciepło zgodnie z PN-EN 469.

SSZ nasobne powinny spełniać wymagania w zakresie odporności na wysoką temperaturę – zgodnie z normą wojskową MIL-STD, metoda 501 i odporności na wilgotność – zgodnie z normą wojskową MIL-STD, metoda 507. SSZ, a jako urządzenia elektryczne powinny być zgodne z założeniami Dyrektywy nr 2006/95/WE (tzw. dyrektywa niskonapięciowa) oraz Dyrektywy nr 2004/108/WE (kompatybilność elektromagnetyczna) i w konsekwencji powinny być znakowane znakiem CE.

Bibliografia

Dąbrowska A., Bartkowiak G., Szmeczyk T., 2019. Potrzeby i oczekiwania strażaków wobec inteligentnej odzieży ochronnej z systemem sygnalizacji zagrożeń - wyniki badań ankietowych. *Bezpieczeństwo Pracy - Nauka i Praktyka*, 4: 22-25

Dyrektywa 2004/108/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 15 grudnia 2004 r. w sprawie zbliżenia ustawodawstw Państw Członkowskich odnoszących się do kompatybilności elektromagnetycznej oraz uchylająca dyrektywę 89/336/EWG

Dyrektywa 2006/95/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 12 grudnia 2006 r. w sprawie harmonizacji ustawodawstw państw członkowskich odnoszących się do sprzętu elektrycznego przewidzianego do stosowania w określonych granicach napięcia

Fahy, R. F., LeBlanc, P. R. & Molis, J. L., 2017. *Firefighters Fatalities in the United States – 2016*. Quincy, Massachusetts : NFPA.

Gaura, E. I., Brusey, J., Kemp, J., & Thake, C. D., 2009. Increasing safety of bomb disposal missions: a body sensor network approach. *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, 39(6), pp. 621-636.

Ghosh, S. K., Chakraborty, S., Jamthe, A. & Agrawal, D. P., 2013. Comprehensive monitoring of fire-fighters by a wireless body area sensor network. Bhopal, IEEE.

Grant, C. et al., 2015. *Research Roadmap for Smart Fire Fighting*, Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology.

PN-EN 469:2008. *Odzież ochronna dla strażaków – Wymagania użytkowe dotyczące odzieży ochronnej przeznaczonej do akcji przeciwpożarowej*.

Smith, D. L., Barr, D. A. & Kales, S. N., 2013. Extreme sacrifice: sudden cardiac death in the US fire service. *Extreme Physiology and Medicine*, 2(6).

Literatura uzupełniająca:

Dąbrowska A., 2019, Smart firefighting clothing, In: Song G. & Wang F. (ed.), *Firefighter's Clothing and Equipment: Performance, Protection and Comfort*. Boca Raton: Taylor & Francis (CRC Press), pp. 307- 328.

Dąbrowska A., Bartkowiak G., Szmeczyk T., 2019. Potrzeby i oczekiwania strażaków wobec inteligentnej odzieży ochronnej z systemem sygnalizacji zagrożeń - wyniki badań ankietowych. *Bezpieczeństwo Pracy – Nauka i Praktyka*, 4: 22-25.