

Artur Ankowski
Mariusz Basiak
Dawid Kręciwilk
Arkadiusz Omazda
Halina Korkus

*Centralna Szkoła PSP w Częstochowie
ul. Sabinowska 62/64; 42-200 Częstochowa*

DOI: 10.32039/WSZOP/1895-3794-2019-01

Poprawa warunków BHP strażaków podczas gaszenia pożarów przy wykorzystaniu innowacyjnego hełmu strażackiego

Improvement of safety conditions of firefighters during fire fighting with the use of innovative firefighter helmet

Streszczenie

Rozwój cywilizacyjny niesie za sobą wzrost poziomu zagrożenia oraz złożoności prowadzonych działań ratowniczo-gaśniczych. W celu jak najlepszego zabezpieczenia oraz zachowania BHP na najwyższym poziomie zachodzi konieczność wprowadzanie nowoczesnych rozwiązań umożliwiających jeszcze bardziej efektywne wykonywanie działań przez strażaków-ratowników działających w strefie objętej pożarem. Wielokrotnie strażacy-ratownicy prowadzący działania przy pożarach muszą zabierać ze sobą bardzo dużo dodatkowego sprzętu, który jest im niezbędny m.in. do działań gaśniczych, uzyskiwania dostępu do pomieszczeń, poruszania się w przestrzeni zadymionej i zaciemnionej czy szybkiej lokalizacji osób poszkodowanych i ogniska pożaru. Sprzęt ten choć jest niezbędny powoduje dodatkowe obciążenie dla strażaków pracujących w zagrożonej strefie i może spowodować np. obniżenie czasu reakcji ratownika co może przekładać się na obniżenie poziomu BHP. Fakt ten determinują do poszukiwania nowoczesnych rozwiązań technicznych usprawniających i ułatwiających pracę strażaków działających podczas różnego typu zagrożeń przyczyniających się do podniesienia poziomu bezpieczeństwa oraz zwiększenia efektywności ich działań.

W artykule przedstawione zostały główne założenia dotyczące podniesienia poziomu BHP poprzez zastosowanie innowacyjnego hełmu strażackiego zintegrowanego z obserwacyjnym systemem termowizyjnym, systemem umożliwiającym monitorowanie funkcji życiowych strażaka-ratownika oraz wyjściem do transmisji obrazów i danych do urządzeń zewnętrznych, którego najważniejszym zadaniem będzie ograniczenie wpływu oddziaływania termicznego oraz zagrożeń dynamicznych niesionych przez pożar na strażaka działającego na miejscu akcji.

Słowa kluczowe: *straż pożarna, hełm strażacki, BHP, zagrożenie pożarowe*

Abstract

Civilization development entails an increase in the level of danger and the complexity of rescue and fire-fighting operations. In order to provide the best protection and maintain health and safety at the highest level, it is necessary to introduce modern solutions enabling even more effective performance of actions by firefighters-rescuers operating in the fire zone. Repeatedly firefighters-rescuers conducting actions at fires must take with them a lot of additional equipment, which they need, among others for firefighting, access to rooms, moving in a smoky and darkened space or rapid location of injured persons and fire. Although this equipment is necessary, it causes an additional burden for firefighters working in the danger zone and may, for example, reduce the response time of the rescuer, which may result in the reduction in OHS level. This fact determines the search for modern technical solutions to streamline and facilitate the work of firefighters operating during various types of threat contributions of threats contributing to increasing the level of safety and increasing the efficiency of their activities.

The article presents the main assumptions about raising the level of health and safety through the use of an innovative firefighter helmet integrated with the thermal imaging observation system, a system that allows monitoring the vital functions of the fireman-rescuer and an output for the transmission of images and data to external devices, whose most important task will be to reduce the impact of thermal impact and threats dynamic carried by the fire to the firefighter operating on the spot.

Key words: *firebrigade, firehelmet, OHS, fire hazard*

Wprowadzenie

Strażacy podczas prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych polegających na gaszeniu pożarów mają za główne zadanie przeszukiwanie zadymionych pomieszczeń w celu lokalizacji osób poszkodowanych oraz ogniska pożaru. Narażeni są przy tym na działanie wielu czynników niebezpiecznych powodujących zagrożenie dla ich życia i zdrowia, do czynników tych należą przede wszystkim: wysoka temperatura, toksyczne produkty spalania, niedoboru tlenu oraz znaczne ograniczenie widoczności. Część z wymienionych zagrożeń można ograniczyć, np. poprzez pracę ratowników w sprzęcie ochrony układu oddechowego czy zastosowanie specjalnego umundurowania oraz hełmu strażackiego. Jednak wraz z rozwojem cywilizacyjnym wzrasta poziom zagrożenia oraz złożoność prowadzonych działań ratowniczo-gaśniczych. Stąd też zachodzi konieczność wprowadzania nowoczesnych rozwiązań umożliwiających jeszcze bardziej efektywne wykonywanie działań przez strażaków-ratowników działających w strefie objętej pożarem. Między innymi do tego celu powstaje innowacyjny hełm strażacki zintegrowany z obserwacyjnym systemem termowizyjnym, systemem umożliwiającym monitorowanie funkcji życiowych strażaka-ratownika oraz wyjściem do transmisji obrazów i danych do urządzeń zewnętrznych.

1. Zagrożenia dla strażaków powodowane przez pożar

Zgodnie z normą PN-ISO 8421-1 dotyczącą terminologii pożar to proces spalania o niekontrolowanym przebiegu w czasie i przestrzeni charakteryzujący się emisją ciepłą, któremu towarzyszy dym i/lub płomień. Spalanie natomiast to egzotermiczna reakcja substancji palnej z utleniaczem, której zwykle towarzyszą płomień i/lub żarzenie i/lub wydzielanie dymu. Aby proces spalania (zwłaszcza płomieniowy) mógł zaistnieć i być podtrzymywany, muszą wystąpić cztery czynniki:

- obecność paliwa w odpowiedniej ilości;
- obecność utleniacza o odpowiednim stężeniu;
- wystąpienie bodźca zapłonu o odpowiedniej (minimalnej) energii;
- obecność rozgałęzionych reakcji łańcuchowych, warunkujących ciągłość procesu spalania.

Współlistnienie czterech czynników warunkujących podtrzymanie procesu spalania przedstawia się za pomocą tzw. czworościanu spalania (rys. 1). Zapoczątkowanie reakcji spalania następuje, gdy do współlistniającego układu paliwo-utleniacz, doprowadzimy bodziec energetyczny o odpowiedniej (minimalnej dla tego układu) energii cieplnej. Bodziec energetyczny jest czynnikiem występującym warunkowo i dopełniającym możliwość powstania reakcji spalania. Obecność czwartego elementu tzw. czworościanu spalania, czyli rozgałęzionych reakcji łańcuchowych, wiąże się z podtrzymywaniem i ciągłością procesu spalania, a nie z jego powstaniem. Reakcje te wpływają na tworzenie się produktów rozkładu termicznego i wolnych rodników, co pozwala na podtrzymanie procesu spalania.



Rys. 1. Czworoscian spalania.

Fig. 1. Combustion tetrahedron.

Źródło: Opracowanie własne.

Source: ownresearch.

Pożar jest zjawiskiem trudnym do przewidzenia i określenia dokładnych zmian parametrów w trakcie jego trwania. Przebieg ma zazwyczaj charakter bardzo dynamiczny, na który wpływają parametry często wynikające jeden z drugiego. Istotne znaczenie mają parametry pożaru np. takie, jak kubatura, jaki jest rodzaj materiału palnego oraz utleniacza, w jakim stopniu występuje ograniczenie przestrzeni, czy wentylacja występująca w strefach pożaru. Powyżej wymienione elementy będą warunkowały rodzaj spalania, który będzie wpływał bezpośrednio, na jakość i ilość gazowych produktów spalania np.: produkty całkowitego i niecałkowitego spalania, produkty pirolizy, cząstki stałe i ciekłe zawieszane w dymie. Dodatkowo istotne będą jeszcze ograniczenie widoczności, czy bilans tlenowy. Należy pamiętać, że ingerencja w środowisko pożaru również zmienia parametry w strefie spalania i strefach sąsiednich (np. poprzez podanie prądu wody zmienia się np.: wilgotność, ciśnienie, temperatura).

Środowisko pożaru generuje wiele różnorodnych zagrożeń często od siebie współzależnych. Do najważniejszych z nich należą:

- ograniczenie widoczności;
- oddziaływanie substancji toksycznych oraz niedobór tlenu;
- działanie termiczne;
- zjawiska dynamiczne jak np.: wsteczny ciąg płomienia czy zapłon gazów pożarowych.

Ograniczenie widoczności generować będzie przede wszystkim dym powstający w środowisku pożaru. Istotne będzie ilość jak i dynamika jego rozprzestrzeniania się oraz fakt, że będzie to „nośnik” największej porcji energii. Oddziaływanie substancji toksycznych oraz niedobór tlenu generować będą gazy pożarowe wydzielające się w trakcie trwania pożaru. W zależności od materiału palnego środowisko pożaru będzie bogate w gazy takie jak m.in.: tlenki węgla, tlenki siarki, tlenki azotu, cyjanowodór, chlorowodór. W trakcie trwania pożaru mogą wystąpić różnorodne zjawiska generujące zagrożenia dla ratowników znajdujących się na terenie działań. Najważniejsze z nich to: **Rozgorgzenie (flashover)** – jest to przejście do pożaru w pełni rozwiniętego. Polega na szybkim rozprzestrzenieniu się płomieni z obszaru miejscowego spalania do spalania w całej objętości wszystkich materiałów palnych znajdujących się w pomieszczeniu. Czas tego przejścia jest krótki w porównaniu z czasem trwania pożaru całościowo. **Wsteczny ciąg płomieni (backdraft)** – jest gwałtownym spalaniem połączonym z wyrzuceniem płomieni na zewnątrz spowodowanym napływem powietrza do pomieszczenia, gdzie miało miejsce spalanie przy niedoborze tlenu. Zjawisko występuje na ogół w warunkach niecałkowitego spalania, przy małej objętości płomieni lub wręcz ich braku, podczas żarzenia w słabo wentylowanych pomieszczeniach. Po otwarciu np. drzwi gorąca, bogata w paliwo objętość gazowa górną wypływa na zewnątrz pomieszczenia, a zimny, bogaty w tlen prąd powietrza wpływa dolną częścią otworu. Następuje mieszanie się gazów pożarowych z powietrzem. Tworzy się palna mieszanka od drzwi w głąb pomieszczenia. W momencie, gdy znajdzie się ona w strefie oddziaływania cieplnego źródła pożaru ulega zapłonowi (rys. 2). **Zapłon gazów**

pożarowych (firegasignition) – grupa zjawisk związanych z występowaniem gazów pożarowych w stanie zdolnym do spalania lub możliwością potencjalnego przejścia w taki stan poprzez np.: wymieszanie z powietrzem; ogrzanie ich lub pojawieniem się źródła zapłonu (rollover, wybuch dymu). **Wodna pułapka** - podczas pożaru przestrzeń o najwyższej temperaturze, jest strefa spalania. W strefie podsufitowej gromadzą się gorące gazy, których temperatura jest nieznacznie niższa od temperatury płomieni. Wraz ze spadkiem wysokości temperatura w pomieszczeniu maleje. Jednak podczas spalania następuje ciągle wydzielanie gazów pożarowych, co powoduje obniżanie się gorącej strefy podsufitowej. Jest to jednak zjawisko przebiegające zazwyczaj z prędkością umożliwiającą odpowiednią reakcję dla strażaka. Sytuacja wygląda nieco inaczej, gdy do pomieszczenia zostaje podany prąd wodny. Część wody podawanej na pożar ulega odparowaniu (1 litr wody w stanie ciekłym = około 1720 litrów pary wodnej). Powoduje to przeniesienie pary wodnej w strefę podsufitową. Następstwem tego dym i gazy pożarowe błyskawicznie obniżają się do poziomu podłogi, co stanowi niebezpieczeństwo dla strażaka. [2]



Rys. 2. Fazy rozwoju pożaru wraz z zaznaczeniem momentu wystąpienia zjawiska rozgorzenia oraz backdraft (wykres za punktem C).

Fig. 2. Phases of fire development with marking the moment of occurrence of flashover and backdraft (chart after point C).

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [1].

Source: ovmresearchbased on [1].

Jak wynika z powyższych definicji jednym z najważniejszych parametrów charakteryzujących pożar jest temperatura i powiązana z nią ilość wydzielanego ciepła. Rozkład temperatury, intensywność promieniowania cieplnego w bezpośrednim sąsiedztwie pożaru oraz dynamika zmian tych parametrów w miejscach przebywania ratowników, będą kluczowe dla bezpieczeństwa strażaków i właściwej eksploatacji stosowanego sprzętu. W związku z tym bardzo ważne jest, aby strażak pracujący w strefie zagrożenia miał możliwość w sposób ciągły uzyskiwania informacji na temat warunków panujących w otaczającym

go środowisku – co nie zawsze obecnie ze względu na ograniczenia sprzętowe jest możliwe do realizacji.

2. BHP przy prowadzeniu działań ratowniczo-gaśniczych

Zawód strażaka zakwalifikowany jest do grupy o bardzo wysokim poziomie ryzyka ponieważ wiąże się z pracą, w której występuje duża różnorodność zagrożeń. Można się z nimi spotkać zarówno podczas akcji ratowniczo-gaśniczych jak i podczas szkoleń czy ćwiczeń doskonalących. Najważniejszymi zagrożeniami, z którymi strażacy mogą się spotkać podczas wykonywania działań są:

- wysoka oraz niska temperatura;
- zadymienie oraz ograniczenie widoczności;
- występowanie atmosfery wybuchowej;
- uszkodzenia i zawalenia konstrukcji budowlanych lub ich elementów;
- kontakt z substancjami chemicznymi, toksycznymi i żrącymi;
- występowanie promieniowania jonizującego lub elektromagnetycznego;
- kontakt z materiałem zakaźnym;
- ukąszenia przez owady, kleszcze, gady.

Do podstawowych obowiązków w pracy strażaka należy organizowanie, kierowanie oraz prowadzenie bezpośrednich działań ratowniczych, które mają na celu ratowanie zdrowia, życia i mienia, a także likwidacji źródła pożaru, klęski żywiołowej lub innego miejscowego zagrożenia (katastrofy budowlane i chemiczne, wypadki komunikacyjne, zdarzenia na wodzie i pod wodą, na wysokości i poniżej poziomu terenu, itp.). Służba wymaga od strażaków przytomności umysłu i rozwagi, szybkiej reakcji, dużej wytrzymałości psychofizycznej i odpowiedzialności, a przede wszystkim właściwego zachowania wobec osób poszkodowanych. W związku z tym, iż działania ratowniczo-gaśnicze trwają zazwyczaj kilka godzin, a czasem nawet dni, strażacy podczas wykonywania swoich obowiązków służbowych narażeni są na znaczne obciążenie zawodowe, które ma niekorzystny wpływ na ich zdrowie a niejednokrotnie zagraża także ich życiu.

Oczywiście na efektywność wykonywanych działań strażaka bardzo duży wpływ ma środowisko pracy i panujące w nim warunki. Ogromne obciążenie stanowi prowadzenie działań w środowisku gorącym – podczas pożarów. Skutkiem przebywania w takim środowisku pracy mogą być poparzenia oraz zespół przegrzania prowadzący do udaru cieplnego. Skrajne temperatury, dochodzące do 1000°C, powodują przeciążenie organizmu strażaka w warunkach ciężkiego wysiłku fizycznego powodując obciążenie układu krążenia i układu ruchu. Wysiłek fizyczny jest nieodzowną częścią każdej akcji ratowniczej, podczas pożaru w odzieży izolującej i z użyciem sprzętu ochrony dróg oddechowych dodatkowo powoduje stres cieplny poprzez kumulację ciepła w organizmie. Odzież specjalna strażaka posiada właściwości izolujące od czynników zewnętrznych, ale w związku z nadmiernym poceniem się może dojść do odwodnienia i znacz-

nego osłabienia funkcjonariusza. Odzież termoizolująca zaś sprzyja gromadzeniu się wilgoci wewnątrz kombinezonu, upośledzając w ten sposób chłodzący efekt działania potu.

Przepisy prawne regulują kwestie związane z bezpieczeństwem i higieną służby strażaka, a Komendant Główny i podlegli mu Komendanci Wojewódzcy, Komendanci Miejscy i Powiatowi oraz Komendanci Szkół Pożarniczych są odpowiedzialni za stosowanie i przestrzeganie przepisów BHP w swoich jednostkach. Reguluje to Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 września 2008 roku w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej, [4] które precyzyjnie wskazuje w jaki sposób bezpiecznie działać podczas poszczególnych rodzajów zdarzeń. Wszelkie zabezpieczenia i daleko idąca profilaktyka w tym zakresie jest niezmiernie istotna. Skupiając się na bezpieczeństwie strażaków podczas prowadzenia akcji ratowniczych w czasie gaszenia pożarów należy zwrócić szczególną uwagę na konieczność stosowania środków ochrony indywidualnej i wykorzystywaniu naturalnych i sztucznych zasłon, w tym wodnych w celu zmniejszenia zagrożenia związanego z działaniem płomieni, promieniowania cieplnego, dymu i gazów. Każdy strażak przed wejściem do strefy zagrożenia (strefy objętej pożarem) powinien sprawdzić funkcjonowanie sprzętu ochrony dróg oddechowych, a w szczególności urządzeń do otwierania dopływu powietrza, tlenu lub innego czynnika oddechowego, szczelność przylegania maski, szczelność połączeń i złącz oraz wskazania przyrządów określających stan ciśnienia. Powinien również uruchomić sygnalizator bezruchu, przygotować ewentualne drogi ewakuacji oraz potwierdzić swoją gotowość dowódcy, w tym sprawność systemu łączności, a sprzętu specjalistycznego używać zgodnie z instrukcją obsługi. Poza tym strażak musi każdorazowo meldować dowódcy nadzorującemu odcinek akcji ratowniczej o oddaleniu się i powrocie na teren danego odcinka. Wszelkimi działaniami ratowniczymi dowodzi kierujący akcją ratowniczą, który utrzymuje łączność i kontroluje czas przebywania strażaka w strefie zagrożenia zapewniając bezpieczny odwrót lub ewakuację.

3. Wymagania bezpieczeństwa dla hełmów strażackich

Jak można wywnioskować z opisanych w poprzednim rozdziale informacji zapewnienie bezpieczeństwa strażaków podczas działań ratowniczo-gaśniczych jest procesem ciągłym, rozpoczynającym się już podczas wyjazdu do zdarzenia i kontynuowane przy prowadzeniu akcji. Zagrożenia powodowane przez pożary stanowią nieodzowny element pracy strażaka. które w czasie długoletniej służby mogą powodować poważne konsekwencje zdrowotne. Oczywiście istnieją możliwości wyeliminowania lub ograniczenia skutków oddziaływania części z tych zagrożeń poprzez:

- zastosowanie niezbędnego i kompletnego wyposażenia ochronnego, odpowiedniego do występującego lub spodziewanego zagrożenia;
- prowadzenie działań ratowniczo-gaśniczych w sposób prawidłowy i zgodny ze sztuką pożarniczą;

- opuszczenie zagrożonego terenu bądź obiektu w chwili stwierdzenia grożącego niebezpieczeństwa.

W związku z powyższym właściwą profilaktyką jest zatem stosowanie w środowisku pożaru wszelkich ochron osobistych, w tym hełmu chroniącego głowę strażaka zarówno przed urazami spowodowanymi uderzeniem lub przebicciem od elementów konstrukcji jak i przed narażeniem na promieniowanie termiczne. Środki ochrony indywidualnej zgodnie z rozporządzeniem Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 roku w sprawie wymagań zasadniczych dla środków ochrony indywidualnej (Dz.U. 2005r. nr 259, poz. 2173) [3] to urządzenia lub wyposażenie przewidziane do noszenia bądź trzymania przez użytkownika w celu jego ochrony przed jednym lub większą liczbą zagrożeń, które mogą mieć wpływ na jego bezpieczeństwo lub zdrowie. Zalicza się do nich odzież ochronną oraz środki ochrony:

- kończyn dolnych i górnych;
- głowy, twarzy i oczu;
- układu oddechowego, słuchu;
- sprzęt chroniący przed upadkiem pracownika z wysokości oraz
- środki izolujące cały organizm.

Biorąc pod uwagę bezwzględną konieczność stosowania ochrony głowy, twarzy i oczu w postaci hełmu strażackiego powinno się uwzględnić minimalne wymagania jakie powinien on spełniać dla środowiska pożaru. Reguluje to norma PN-EN 443:2008 - wersja angielska „Hełmy stosowane podczas walki z ogniem w budynkach i innych obiektach” [5]. Niemniej jednak zagrożenia związane z promieniowaniem termicznym i podwyższoną temperaturą podczas pożaru determinują konieczność wprowadzania nowoczesnych metod zabezpieczania strażaka. Dlatego też obecnie stosowane hełmy mają konstrukcję bardzo zaawansowaną technologicznie, z zastosowaniem materiałów o bardzo wysokiej wytrzymałości mechanicznej i termicznej. Same skorupy hełmów zbudowane są techniką wtrysku ciśnieniowego z termoplastycznych tworzyw lub z laminatów z tkanin z włókna szklanego, bądź włókien typu kevlar, które nasączone są dodatkowo żywicami syntetycznymi. Amortyzacja uderzenia zapewniana jest poprzez wkład z pianki poliuretanowej lub ze styropianu. Więźba hełmów to zazwyczaj tworzywo sztuczne, taśmy z włókien aramidowych i naturalna skóra. Zwykle producenci oferują w sprzedaży jeden rozmiar hełmów dopasowując do rozmiaru głowy regulowaną więźbę. Hełm najczęściej wyposażony jest w wizjer, który może być pokryty warstwą odbijającą promieniowanie cieplne lub jest przezroczysty. Osłona twarzy, mocowana do hełmu na zewnątrz lub wewnątrz skorupy, po opuszczeniu powinna sięgać co najmniej do linii dolnej krawędzi ust strażaka. Wizjer, który jest wygrzewany łącznie z hełmem powinien wytrzymać w temp. 150°C w czasie 60 min. bez deformacji, która powoduje utratę widoczności. Jeżeli natomiast wizjer mocowany jest na zewnątrz skorupy, nie powinien on po wygrzaniu w temperaturze 150°C w czasie 60 min. ulec samoczynnemu odłączeniu od skorupy hełmu. Każdy hełm strażacki używany w środowisku pożaru powinien posiadać osłonę karku, która może być wykonana ze skóry, z tkaniny wełnianej lub aramidowej, bądź

z tkaniny aramidowej pokrytej folią aluminiową.

Strażacy jednocześnie powinni zostać przeszkoleni w zakresie użytkowania, konserwowania i utrzymywania hełmów, które są określone przez producenta, włączając w to zrozumienie wszelkich ograniczeń stosowania. Szczególną uwagę należy zwrócić na dopasowanie hełmu do rozmiaru głowy poprzez właściwą regulację pasa regulacyjnego, powinien on pozostawać na głowie przy próbach jego zrzucenia gwałtownym ruchem. Jest to niezmiernie istotne, ponieważ źle dopasowany hełm może utrudniać wykonywanie działań operacyjnych oraz zachodzi niebezpieczeństwo spadnięcia hełmu z głowy strażaka podczas przyjmowania przez niego różnych pozycji pracy. W związku z tym, iż hełm pochłania energię uderzenia powodując częściowe zniszczenie lub uszkodzenie jego elementów, hełm uszkodzony w wyniku silnego uderzenia powinien być wycofany z użytkowania i wymieniony na nowy. Jego przechowywanie powinno odbywać się w opakowaniu w pomieszczeniach suchych, przewiewnych i nie nasłonecznionych, w warunkach zabezpieczających go przed zamoczeniem, uszkodzeniami mechanicznymi i chemicznymi. Należy także pamiętać o utrzymywaniu hełmu w czystości poprzez zmywanie miękką szmatką nasączoną wodą z mydłem lub wybranym łagodnym środkiem myjącym skorupy hełmu, wizjera, paska regulacyjnego z potnikiem i pasków podbródkowych. Do wykonywania tych czynności nie wolno stosować gąbek z nakładką do szorowania oraz rozpuszczalników takich jak aceton, benzyna, benzen czy ksylen do czyszczenia wizjera.

4. Rozwiązania zastosowane w innowacyjnym hełmie strażackim

Bezwzględny warunkiem bezpiecznego wykonywania wszelkich czynności przez strażaka podczas gaszenia pożarów jest praca w sprzęcie ochrony układu oddechowego, specjalnym ubraniu ochronnym oraz hełmie strażackim. Niejednokrotnie strażacy-ratownicy prowadzący działania przy pożarach muszą zabierać ze sobą bardzo dużo dodatkowego sprzętu, który jest im niezbędny m.in. do działań gaśniczych, uzyskiwania dostępu do pomieszczeń, poruszania się w przestrzeni zadymionej i zaciemnionej czy szybkiej lokalizacji osób poszkodowanych i ogniska pożaru. Sprzęt ten choć jest niezbędny powoduje dodatkowe obciążenie dla strażaków pracujących w zagrożonej strefie. Dodatkowo rozwój technologiczny w każdym aspekcie naszego życia powoduje pojawianie się nowych rodzajów zagrożeń, co przekłada się na prowadzenie coraz bardziej skomplikowanych i wymagających działań ratowniczo-gaśniczych.

Wszystkie te elementy determinują konieczność poszukiwania nowoczesnych rozwiązań technicznych usprawniających i ułatwiających pracę strażaków działających podczas różnego typu zagrożeń. Jednym z projektów badawczych przyczyniającym się do podniesienia poziomu bezpieczeństwa strażaków oraz zwiększenia efektywności ich działań jest projekt współfinansowany przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju (DOB-BIO6/01/26/2014) w ramach którego zostanie opracowany nowoczesny hełm strażacki wykonany w zaawan-

sowanej technologii wtryskowej, zintegrowany z obserwacyjnym systemem termowizyjnym, systemem umożliwiającym monitorowanie funkcji życiowych strażaka-ratownika oraz wyjściem do transmisji obrazów i danych do urządzeń zewnętrznych (rys. 3). Na najważniejsze elementy nowoczesnego helmu strażackiego składają się:

- obserwacyjna kamera termowizyjna;
- układ pomiaru temperatury otoczenia;
- układ pomiaru temperatury ciała strażaka-ratownika;
- układ pomiaru tętna strażaka-ratownika;
- układ transmisji obrazów i danych do urządzeń zewnętrznych;
- czujnika bezruchu;
- latarka;
- wyświetlacz OLED.



*Rys. 3. Prototyp innowacyjnego helmu strażackiego.
Fig. 3. Prototype of an innovative firefighter's helmet.*

Źródło: Fotografia własna.

Source: Own photography.

Opracowanie zaawansowanego technicznie helmu polskiej konstrukcji zintegrowanego z elektronicznymi systemami termowizyjnymi niewątpliwie przyczyni się do poprawy bezpieczeństwa strażaków. Kamera termowizyjna przyczyni się do wzrostu bezpieczeństwa oraz skuteczności realizowanych działań przez strażaka.

Podstawową technologią zastosowaną do wykonania helmu jest proces wtrysku kompozytowego tworzywa poliamidowego. W stosunku do hełmów wytwarzanych inną metodą, umożliwia to lepsze wykorzystanie wewnętrznej przestrzeni helmu do umieszczenia w nim m.in. modułów kamery termowizyj-

nej, czujników monitorowania funkcji życiowych strażaka, modułów zasilania i wyświetlania. Zamontowanie przewidzianych elementów i modułów w żaden sposób nie spowoduje obniżenie cech operacyjnych i użytkowych hełmu, które określone są odpowiednimi normami.

Rozwiązanie dotyczące obserwacyjnej kamery termowizyjnej do zastosowań w działaniach ratowniczo-gaśniczych jest podobne do innych tego typu kamer stosowanych przez strażaków. Jednak kamera termowizyjna wbudowana wewnątrz hełmu powoduje zmniejszenie masy i rozmiarów oraz całkowicie usuwa konieczności angażowania do obsługi urządzenia rąk. Kamera termowizyjna wykonana na bazie nowoczesnej matrycy detektorów mikrobolometrycznych zdecydowanie usprawni wykonywanie czynności związanych z lokalizacją osób poszkodowanych w pomieszczeniach o silnym zadymieniu lub w zupełnych ciemnościach, jak również ognisk pożarów i gorących obiektów.

Z punktu widzenia bezpieczeństwa bardzo ważnym aspektem jest wyposażenie nowoczesnego hełmu strażackiego w zintegrowany system monitorującym funkcje życiowe strażaka-ratownika. System ten będzie wyposażony w sensory do pomiaru temperatury oraz powierzchni ciała oraz czujnik tętna. Sensor temperatury otoczenia monitoruje temperaturę w bezpośrednim otoczeniu hełmu, zaś jej wartość pokazana na wyświetlaczu dostarczy strażakowi bieżącą informację o temperaturze otoczenia i wynikających z tego faktu zagrożeń. Sensor temperatury ciała będzie mierzył temperaturę skóry pod hełmem, a jego podstawowym zadaniem będzie wskazać możliwość zagrożenia termicznego (przegrzania) monitorowanej osoby. Zespół sensorów zostanie uzupełniony o czujnik umożliwiający pomiar tętna. Pomiar tętna przewiduje się wykonać na podstawie sensora umieszczonego na uchu monitorowanej osoby. Tętno będzie wyznaczane na podstawie krzywej fotopletyzmoграфicznej której główną składową jest fala tętna. Jest to metoda, która zapewnia dużą skuteczność działania, również w warunkach dynamicznych.

Ponadto w hełmie zostanie umieszczony system elektroniczny pozwalający zintegrować kamerę termowizyjną i czujniki funkcji życiowych pomiędzy sobą – obraz rejestrowany przez kamerę oraz informację z poszczególnych czujników wyświetlane będą na wyświetlaczu OLED umiejscowionym w taki sposób, aby nie przesłaniać pola widzenia strażakowi. Dodatkowo wszystkie widoczne na wyświetlaczu informacje będą transmitowane do systemów monitoringu zewnętrznego np. znajdującymi się w samochodzie dowodzenia lub innym sprzęcie elektronicznym.

Zastosowane w innowacyjnym hełmie strażackim rozwiązania bez wątpienia przyczynią się do jeszcze skuteczniejszego prowadzenia działań ratowniczo-gaśniczych podczas różnych zdarzeń, gdyż zastosowana kamera termowizyjna nie będzie dodatkowym obciążeniem dla strażaka-ratownika, a prostota obsługi umożliwi jej wykorzystanie w każdym momencie prowadzonych działań. Jednocześnie innowacyjny hełm strażacki pozwoli na podniesienie poziomu bezpieczeństwa strażaków-ratowników uczestniczących w akcjach gaśniczych, zarówno pod względem ciągłego informowania strażaka o otaczających go warunkach środowiskowych, jak również przekazywania wszystkich istotnych

komunikatów do kierującego akcją ratowniczą przebywającego na zewnątrz.

Wszystkie te argumenty powodują, że innowacyjny hełm strażacki zintegrowany z obserwacyjnym systemem termowizyjnym i systemem umożliwiającym monitorowanie funkcji życiowych strażaka-ratownika oraz wyjściem do transmisji obrazów i danych do urządzeń zewnętrznych, stanowić będzie nowoczesną i skuteczną odpowiedź na wyzwania stawiane przed jednostkami straży pożarnej w XXI wieku.

Projekt współfinansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektów realizowanych na rzecz Obronności i Bezpieczeństwa Państwa, nr umowy o dofinansowanie: DOB-BIO6/01/26/2014.

Literatura

- [1] Karlsson B, Quintiere J., *Enclosure Fire Dynamics*, USA, 2000.
- [2] Kokot-Góra Sz. «CFBT czyli o pożarach wewnętrznych po nowemu», KW PSP Olsztyn 2013.
- [3] Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 grudnia 2005 roku w sprawie wymagań zasadniczych dla środków ochrony indywidualnej (Dz.U. nr 259, poz. 2173).
- [4] Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 16 września 2008 roku w sprawie szczegółowych warunków bezpieczeństwa i higieny służby strażaków Państwowej Straży Pożarnej (Dz.U. nr 180, poz. 1115).
- [5] PN-EN 443:2008 – wersja angielska «Hełmy stosowane podczas walki z ogniem w budynkach i innych obiektach».