

Zasady wykorzystania sprzętu elektronicznego w warunkach skażeń - profilaktyka i unikanie skażeń

Streszczenie. Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na problematykę podejmowania decyzji o użyciu sprzętu do strefy skażonej z uwzględnieniem wszystkich ograniczeń i skutków takiej decyzji, a w szczególności aspektu skuteczności dekontaminacji. W celu zabezpieczenia sprzętu elektronicznego (radiotelefonu) przed skażeniem, przy jednoczesnym zachowaniu jego pełnej funkcjonalności, zaprojektowano specjalny pokrowiec ochronny na zewnątrz ubrania ochronnego osoby pracującej w strefie skażeń.

Abstract. The aim of the article is to draw attention to the issue of making decisions about using equipment in a contaminated zone, taking into account all the limitations and consequences of such a decision, in particular the aspect of decontamination effectiveness. In order to protect electronic equipment (radiotelephone) against contamination, while maintaining its full functionality, a special protective cover was designed on the outside of the protective clothing of a person working in the contamination zone. (**Principles of using electronic equipment in contaminated conditions - prevention and avoidance of contamination**)

Słowa kluczowe: dekontaminacja urządzeń elektronicznych, jednorazowe osłony przed skażeniami, dobór urządzeń elektronicznych do wykorzystania w strefie skażeń.

Keywords: decontamination of electronic devices, single-use covers against contamination, selection of electronic devices to be used in the contaminated zone.

Wstęp

W ramach zagadnień rozważanych w przedmiotowym artykule, autorzy nie analizują problematyki dekontaminacji skażonego sprzętu elektronicznego, który znajdował się w chwili użycia bojowego środka chemicznego, biologicznego, promieniotwórczego lub jądrowego (CBRN), w strefie rozprzestrzeniania się skażeń. Tematyka artykułu jest ściśle związana z prowadzonymi badaniami w ramach projektu badawczego pt. „Specjalistyczny zestaw do eksploracji śladów pochodzących z miejsc skażonych czynnikami CBRN”, realizowanego przez konsorcjum w skład którego wchodzi: Instytut Technologii Bezpieczeństwa „MORATEX” (jako lider), Akademia Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki we Wrocławiu, Akademia Policji w Szczytnie oraz przedsiębiorstwo Lubawa S.A.

Skuteczność i celowość dekontaminacji skażonego sprzętu elektronicznego

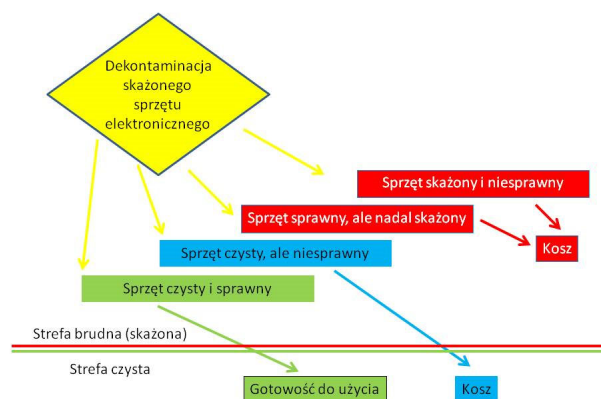
Dekontaminacja urządzeń elektronicznych jest zadaniem bardzo trudnym, wymagającym zastosowania specjalistycznych urządzeń i/lub dedykowanych roztworów środków do dekontaminacji [1-5]. Proces dekontaminacji urządzeń elektronicznych może zakończyć się na jeden z trzech sposobów (rys. 1):

1. urządzenie elektroniczne zostało zdekontaminowane do poziomu bezpiecznego dla użytkownika, a substancja skażająca lub technika dekontaminacji nie wpłynęły negatywnie na sprawność urządzenia;
2. urządzenie elektroniczne zostało zdekontaminowane do poziomu bezpiecznego dla użytkownika, ale substancja skażająca lub technika dekontaminacji uszkodziły urządzenie;
3. urządzenie elektroniczne nie zostało zdekontaminowane do poziomu bezpiecznego dla użytkownika (sprawność urządzenia po dekontaminacji nie ma w tym przypadku znaczenia).

W pierwszym przypadku, proces dekontaminacji skażonego urządzenia elektronicznego zakończył się sukcesem, a zanieczyszczony sprzęt będzie mógł być ponownie użyty zgodnie z jego przeznaczeniem.

Niestety, w pozostałych przypadkach nie uda się odzyskać sprzętu do ponownego wykorzystania, ponieważ proces dekontaminacji może być skuteczny, ale

jednocześnie może uszkodzić sprzęt (sprzęt czysty, ale niesprawny) lub może być nieskuteczny i jednocześnie może uszkodzić sprzęt (sprzęt czysty, ale niesprawny oraz sprzęt skażony sprawny i niesprawny). Sprzęty takie będą traktowane jako nieprzydatne.



Rys. 1. Możliwe wyniki dekontaminacji skażonego sprzętu elektronicznego, uwzględniające jego odzyskanie do dalszego użytkowania.

Ze względu na specyficzną konstrukcję urządzeń elektronicznych, szczególnie związanych z zapewnieniem chłodzenia wnętrza urządzenia (otwory umożliwiające cyrkulację powietrza), są one znacząco narażone na skażenie, a także na uszkodzenie podczas procesu dekontaminacji. Dodatkowo, elementy takie jak: styki, połączenia przewodów oraz same przewody są zarówno podatne na skażenia, jak i trudne do dekontaminacji. Zarówno czynnik skażający jak i sam proces dekontaminacji mogą uszkodzić te elementy. Uszkodzenia mogą nastąpić na skutek wnikięcia substancji skażającej do wnętrza struktury (np. izolacji przewodów) i degradacji danego materiału, co zwiększa ryzyko zwarcia i uszkodzenia całego urządzenia. Przyczyną degradacji materiałów podzespołów elektronicznych może być też sama metoda dekontaminacji. Stosowanie do dekontaminacji zasadowych roztworów wodnych oraz agresywnych roztworów organicznych jest gwarantem zneutralizowania czynnika skażającego. Jednakże

zastosowanie tych roztworów znacząco zwiększa ryzyko uszkodzenia podzespołów elektronicznych. Uszkodzenie może nastąpić bezpośrednio w trakcie dekontaminacji, ale także po pewnym czasie, na skutek krystalizacji składników roztworów do dekontaminacji lub korozji ścieżek przewodzących czy innych metalowych elementów. Osad, wykrystalizowany w gniazdach, we wtyczkach, na płytkach drukowanych lub w podzespołach zasilających, może przyczynić się do zwiększenia ryzyka zwarcia, i co się z tym wiąże, uszkodzeniem podzespołu lub całego urządzenia.

Rozpatrując kwestię skutecznego odzyskiwania sprzętu poprzez dekontaminację, należy zawsze rozszerzyć analizowany obszar na tzw. ograniczanie zagrożenia skażeniami. W siłach zbrojnych, w ramach przedsięwzięć obrony przed bronią masowego rażenia, realizowane są między innymi zadania polegające na unikaniu skażeń. Jest to podstawowe zadanie, zapewniające jednocześnie bezpieczeństwo użytkownika oraz zapewniające niemal 100% pewność odzyskania sprzętu, w tym urządzeń elektronicznych. Pod tym pojęciem należy rozumieć nie tylko zasadę by nie wnieść do strefy skażonej zbędnego sprzętu, ale także by odpowiednio przygotować urządzenia elektroniczne do pracy w strefie skażeń czynnikami CBRN.

Analizując sposoby zabezpieczenia urządzeń elektronicznych przed skażeniem możemy wyróżnić kilka rozwiązań.

Podstawowym rozwiązaniem, stosowanym do zabezpieczenia sprzętu elektronicznego przeznaczonego do pracy w warunkach skażeń, jest opracowanie odpowiedniej konstrukcji urządzenia gwarantującej zarówno funkcjonalność, jak i skuteczność dekontaminacji. Rozwiązanie to stosuje się dla wszystkich urządzeń elektronicznych przeznaczonych dla wojska oraz dla specjalistycznych grup ratownictwa chemicznego. Niestety, uwzględnienie już na etapie projektowania wymagań związanych z łatwym i bezpiecznym odzyskaniem skażonego sprzętu elektronicznego, przy zachowaniu wysokiej funkcjonalności, niesie ze sobą wzrost kosztów zakupu oraz eksploatacji takich urządzeń.

Ze względu na brak nawyków pracy w warunkach skażeń oraz ukierunkowanie na wykorzystanie standardowego sprzętu, istnieje ryzyko wprowadzenia do strefy skażonej urządzenia optoelektronicznego (np. aparatu fotograficznego), które nie zostanie odzyskane. Przyczyną tego będzie brak zabezpieczenia przed skażeniem oraz brak odporności na proces dekontaminacji. W takim przypadku dane cyfrowe zostaną odzyskane na granicy terenu skażonego, poprzez przesłanie ich przewodem do transferu danych ze skażonego urządzenia do komputera w czystej strefie, ale aparat zostanie przeznaczony do zniszczenia.

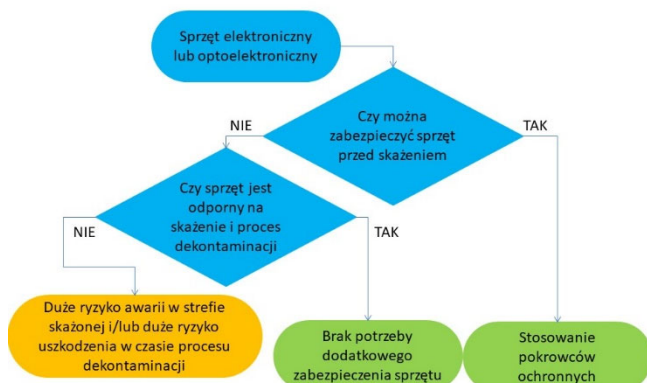
Ze względu na koszty lub brak możliwości zastosowania odpornej na proces dekontaminacji konstrukcji sprzętu elektronicznego, stosuje się inne sposoby przygotowania sprzętu do pracy w warunkach skażeń. Alternatywnym sposobem zabezpieczenia sprzętu przed skażeniem jest zapakowanie go do specjalnego, jednorazowego i odpornego na czynniki skażające pokrowca. Sprzęt jest chroniony, jednakże funkcjonalność urządzenia może być ograniczona. Poza tym, nie każdy sprzęt może zostać zabezpieczony w taki sposób. Nie ma także dostępnych, dedykowanych dla danego urządzenia pokrowców ochronnych. W trakcie ćwiczeń i pokazów zespołów przewidzianych do wykonywania zadań w strefach występowania czynników CBRN często można zaobserwować sprzęt elektroniczny (np. radiotelefony) umieszczony w woreczkach plastikowych stanowiących prowizoryczne zabezpieczenie przed skażeniem oraz negatywnym wpływem procesu dekontaminacji [6].

Błędem jest także założenie, że komercyjne osłony np. przed wilgocią lub do pracy pod wodą, mają wystarczający poziom bezpieczeństwa w przypadku skażeń chemicznych. Takie osłony, np. aparatów fotograficznych do pracy pod wodą, zapewniają możliwość posługiwania się wszystkimi przełącznikami oraz gwarantują minimalne zniekształcenie rejestrowanego obrazu, ale nie zapewniają odporności na inne czynniki chemiczne, niż morska woda. Zastosowanie pokrowca ochronnego jest kompromisem pomiędzy ochroną a funkcjonalnością urządzenia elektronicznego. Przy założeniu, że zaletą jest niski koszt i wysoki stopień ochrony, to niestety wadą tego rozwiązania jest brak możliwości zastosowania go do ochrony wszystkich urządzeń elektronicznych. Dużym problemem jest stworzenie pokrowca ochronnego dla urządzeń optoelektronicznych np. dalmierzy lub kamer IR. Najczęściej pokrowce odporne na czynniki CBRN, ze względu na rodzaj zastosowanego materiału lub jego grubość, negatywnie wpływają na przepływ światła do lub z urządzenia optoelektronicznego. Na rynku dostępne są np. pokrowce przeciwdeszczowe z wbudowanym specjalnym okienkiem np. ze szkła, umożliwiającym zachowanie wszystkich parametrów urządzenia. Pokrowców nie można także w pełni zastosować w przypadku urządzeń wymagających bezpośredniego dostępu do skażonej atmosfery, głównie w celach rozpoznania i identyfikacji zagrożeń. Do tego typu urządzeń zaliczamy przede wszystkim elektroniczne przyrządy rozpoznania i monitorowania skażeń chemicznych. Urządzenia te można osłonić pokrowcem ochronnym, ale niestety w pokrowcach tych będą otwory umożliwiające funkcjonowanie urządzenia. Otwory te nie zapewniają pełnej ochrony przed skażeniami. Jednakże zastosowanie takiego pokrowca znacząco ułatwia dekontaminację, ponieważ do minimum ograniczona została powierzchnia narażona na skażenie. Pokrowce traktowane są jako środki jednorazowego użycia – nie zakłada się ich odzyskiwania, bez względu na ich wartość. Jest to uzasadnione także ze względów ekonomicznych. Koszt zakupu uniwersalnego pokrowca wodoodpornego np. do aparatu fotograficznego to około 50 zł, zaś dedykowanych obudów wodoszczelnych to koszt około kilku tysięcy zł. Oczywiście, dedykowane obudowy zapewniają optymalne wykorzystanie sprzętu i są bardziej ergonomiczne. Nawet obudowa za kilka tysięcy zł jest tańszym i bardziej opłacalnym rozwiązaniem odzyskania sprzętu znacznie droższego. Pomimo tego, że na rynku dostępne są takie pokrowce i obudowy, to jednak największym problemem jest fakt, że nie posiadają one badań odporności na działanie czynników CBRN, co może skutkować skażeniem chronionego urządzenia elektronicznego.

Proponowane rozwiązanie

Podstawowym wnioskiem płynącym z przeprowadzonych badań jest przestrzeganie zasad doboru sprzętu przeznaczonego do pracy w warunkach skażeń oraz jego odpowiednie zabezpieczenie. Jest to wniosek oczywisty, ale także najbardziej istotny pod względem zapewnienia bezpieczeństwa. Diagram przedstawiony na rysunku 2 ilustruje zaproponowany przez Autorów proces decyzyjny w zakresie skuteczności dekontaminacji oraz odzyskania sprzętu elektronicznego wprowadzonego do strefy skażonej.

Istnieją sytuacje, które wymagają wprowadzenia do strefy skażonej czynnikami CBRN sprzętu elektronicznego przy pełnej świadomości, że sprzęt ten nie zostanie odzyskany. W takich przypadkach zawsze priorytetem będzie efekt pracy tych urządzeń w strefie skażeń niż koszty nieodzyskanego sprzętu.



Rys. 2. Algorytm przygotowania sprzętu elektronicznego do pracy w warunkach skażeń z uwzględnieniem jego odporności na proces dekontaminacji.

Jednym z celów opisywanego w artykule projektu badawczego pt. „Specjalistyczny zestaw do eksploracji śladów pochodzących z miejsc skażonych czynnikami CBRN”, było zabezpieczenie, używanego przez techników kryminalistyki w terenie skażonym radiotelefonu, przy jednoczesnym zachowaniu jego pełnej funkcjonalności. W tym celu został zaprojektowany i stworzony specjalny pokrowiec ochronny. Oczywiście rozwiązaniem byłoby umieszczenie radiotelefonu wewnątrz specjalnej odzieży chroniącej przed czynnikami CBRN. Niestety, nie jest to dobre rozwiązanie z dwóch powodów. Pierwszy, to brak możliwości ergonomicznego i funkcjonalnego umieszczenia radiotelefonu np. w wewnętrznej kieszeni. Ze względu na dopasowanie odzieży specjalnej, umieszczenie radiotelefonu w jej wnętrzu powoduje dyskomfort oraz ryzyko uszkodzenia ciała lub urządzenia. Brak jest też możliwości sterowania urządzeniem i nie widać wyświetlanych na pulpicie radiotelefonu informacji, takich jak np. numer kanału.

Drugim przeciwwskazaniem jest negatywne oddziaływanie na radiotelefon wilgotnej „atmosfery” panującej wewnątrz ubrania. Ze względu na barierowy charakter ochrony, pod ubraniem gromadzi się i skrapla pot, zawierający także sól. Pomimo spełnienia wymagań norm IP65, IP66 oraz IP67, doświadczenie autorów artykułu sugeruje, iż środowisko wewnątrz ubrania ochronnego powoduje zwiększenie ryzyka zwarcia na wszelkich elementach stykowych, takich jak połączenie baterii lub gniazda komunikacyjne. Rozwiązaniem tego problemu jest umieszczenie radiotelefonu w pokrowcu, lecz nadal nie zostaje rozwiązany problem ergonomii. Z tego względu konieczne jest umieszczenie radiotelefonu w przezroczystym pokrowcu ochronnym na zewnątrz ubrania ochronnego osoby pracującej w strefie skażeń.

Aspekt łączności pomiędzy radiotelefonem a użytkownikiem rozwiązano poprzez zastosowanie bezprzewodowych słuchawek z mikrofonem kostnym. Komunikacja pomiędzy zestawem słuchawkowym a radiotelefonem odbywa się w kodowanej technologii Bluetooth. Sprawia to, że słuchawki są chronione przed skażeniem, a radiotelefon jest bezpiecznie obsługiwany przez użytkownika.

Pokrowiec wykonano z przezroczystej folii z poli(chloru winyłu) o gładkiej powierzchni i grubości 0,25 mm. Folia ta posiada deklarację spełnienia wymagań rozporządzenia REACH oraz spełnia normę EN 71-3.

Badania przeprowadzone przez Instytut Techniki Budowlanej (wg. UA GS VII. 16/2002, PN-EN ISO 6940 i PN-EN ISO 6941) zaklasyfikowały folię PVC jako wyrób „nie zapalny”. W składzie folii nie znajdują się szkodliwe

substancje, w tym ftalany. Folia jest odporna na działanie promieniowania UV i temperatury ujemnej do -30°C , w której także zachowuje swoje własności użytkowe. Pokrowiec został wykonany techniką zgrzewania. Rzepy połączone z folią szwem oraz zabezpieczono zgrzewem.

Na rysunku 3 przedstawiono urządzenia elektroniczne, które są przygotowane do pracy w warunkach skażeń oraz nieodporne na zagrożenia CBRN radiotelefon.



Rys. 3. Zestaw indywidualnego wyposażenia technika kryminalistyki przewidzianego do eksploracji śladów pochodzących z miejsc skażonych czynnikami CBRN: „niezabezpieczony” radiotelefon (1), monitor skażeń promieniotwórczych (2), monitor niskiego stężenia tlenu (3), czujnik bezruchu (4) oraz apteczka pierwszej pomocy (5) [7].



Rys. 4. Widok pokrowca na radiotelefon zaprojektowanego i wykonanego w trakcie realizacji projektu. A – atrapa radiotelefonu w pokrowcu ochronnym na pasie biodrowym noszaka taktycznego, B – otwarty pokrowiec ochronny z widocznymi rzepami poziomymi do zamknięcia pokrowca z radiotelefonem oraz rzepami pionowymi do przymocowania pokrowca do noszaka taktycznego, C – atrapa radiotelefonu Motorola ST7000 (wymiar: 107x60x19 mm), D – zabezpieczony radiotelefon w pokrowcu ochronnym [7].

Na rysunku 4 natomiast, przedstawiono ten sam radiotelefon, który został zabezpieczony przed skażeniami poprzez umieszczenie go w pokrowcu ochronnym. Pokrowiec, po włożeniu do niego radiotelefonu, opróżnia się

z nadmiaru powietrza i roluje jego górną część. Zrolowany fragment zapięcia zabezpiecza się rzepem, który jest wszyty w pokrowiec. Ze względów ergonomicznych, pokrowiec wraz z radiotelefonem przypina się do pasa biodrowego noszaka taktycznego w pozycji poziomej, co ogranicza negatywny wpływ na swobodę ruchów użytkownika, np. przy schylaniu się.

Podsumowanie

Pokrowiec, głównie ze względu na niskie koszty produkcji, jest środkiem jednorazowego użycia. Dekontaminację pokrowca prowadzi się tylko w celu umożliwienia bezpiecznego otwarcia i wyjęcia jego zawartości.

Materiał oraz technologia wytwarzania pokrowca umożliwiają wykorzystanie go także do ochrony innego sprzętu lub materiałów. Należy tylko odpowiedzieć na pytanie czy pokrowiec ochronny umożliwi poprawne funkcjonowanie urządzenia. W związku z powyższym autorzy uważają, że należy takie rozwiązanie zastosować.

Przedstawiona w artykule problematyka oraz sformułowane wnioski stanowią integralną część realizowanych badań w ramach projektu pt. „Specjalistyczny zestaw do eksploracji śladów pochodzących z miejsc skażonych czynnikami CBRN” (nr umowy DOB-SZAFIR/12/A/041/01/2021 z dnia 22.06.2021) finansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach konkursu 1/SZAFIR/2020 na finansowanie badań naukowych i prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa.

Autorzy: ppłk dr inż. Robert Pich, Akademia Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki, ul. Czajkowskiego 109, 51-147 Wrocław, E-mail: Robert.Pich@awl.edu.pl; dr Agnieszka Gonciarz, Akademia Wojsk Lądowych imienia generała Tadeusza Kościuszki, ul. Czajkowskiego 109, 51-147 Wrocław, E-mail: Agnieszka.Gonciarz@awl.edu.pl; inż. Małgorzata Kudlińska, Instytut Technologii Bezpieczeństwa „MORATEX”, ul. Skłodowskiej-Curie 3, 90-505 Łódź, E-mail: mkudlinska@moratex.eu

LITERATURA

- [1] Petersson L.P., Albrecht U.V., Sedlacek L., Gemein S., Gebel J., Vonberg R.P., Portable UV light as an alternative for decontamination, *American Journal of Infection Control*, (2014), 42 (12), 1334-1336.
- [2] Hoile R., Banos C., Colella M., Roux C., Bioterrorism: the effects of biological decontamination on the recovery of electronic evidence, *Forensic Sci Int.*, (2011), 15, 209(1-3), 143-148.
- [3] Štengl V., Grygar T. M., Opluštil F., Olšanská M., Decontamination of Sulfur Mustard from Printed Circuit Board Using Zr-Doped Titania Suspension, *Ind. Eng. Chem. Res.*, (2013), 52, 3436– 3440.
- [4] Harmata W., Kłosowicz S., Witczak M., Pirszel J., Fediuk W., Likwidacja skażeń powierzchni „wrażliwych”, *Bezpieczeństwo i Technika Pożarnicza*, (2015), 38, 2, 73–87.
- [5] Dudeck K.C., Brennan T.C., Embury D.J., Decontamination of blood soaked electronic devices using ultrasonic technology, *Forensic Sci Int.*, (2012), 10, 214(1-3), 88-95.
- [6] Materiały promocyjne projektu pt. „Zwiększona gotowość do incydentów CBRN poprzez wspólne ćwiczenia pierwszych reagujących” Warszawa 24.09.2019 r. dostępne na kanale YouTube Policji Warszawa pt. Dirty bomb Warsaw UE ISF – Police (youtube.com/watch?v=BQzYhp6jaBY&t=1036s).
- [7] Dokumentacja projektu pt. „Specjalistyczny zestaw do eksploracji śladów pochodzących z miejsc skażonych czynnikami CBRN”(nr umowy DOB-SZAFIR/12/A/041/01/2021 z dnia 22.06.2021) finansowany ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach konkursu 1/SZAFIR/2020 na finansowanie badań naukowych i prac rozwojowych na rzecz obronności i bezpieczeństwa państwa – materiały niepublikowane.