

Zbigniew Łukasik, Andrzej Krzyszkowski, Jacek Kozyra

## Uwarunkowania zagrożeń pożarowych w zabytkowych środkach transportu

*W artykule przedstawiono główne przyczyny zagrożeń pożarowych w zabytkowych środkach transportu. Do przyczyn tych należą: zmniejszenie wytrzymałości izolacji obwodów elektrycznych – oświetleniowych, procesy zmęczeniowe elementów pojazdów i układów elektrycznych a także zły stan techniczny pojazdów w szczególności zbiorników i przewodów doprowadzających paliwo do silnika. W artykule zaprezentowano założenia analiz technicznych zjawisk eksploatacyjnych w zabytkowych środkach transportu. Podano zależności matematyczne wykorzystywane w modelowaniu oceny stanu technicznego obiektu wraz z wyznaczeniem zakresu, czasu miejsca przeglądu lub naprawy.*

### Wstęp

Ochrona przeciwpożarowa polega głównie na zapobieganiu pożarom i ich rozprzestrzenianiu się, zapewnieniu sił i środków do ich zwalczania oraz prowadzeniu działań ratowniczych. Ochrona przeciwpożarowa to również ogół przedsięwzięć, czynności i zabiegów profilaktycznych mających na celu ochronę życia, zdrowia i mienia przed pożarem.

Metody i szczegółowe sposoby ochrony [11] przeciwpożarowej ustalają przepisy ustawy o ochronie przeciwpożarowej, przepisy rozporządzenia ministra spraw wewnętrznych w sprawie ochrony przeciwpożarowej budynków, innych obiektów budowlanych i terenów, przepisy budowlane oraz określony w polskich normach warunki techniczne środków zabezpieczenia przeciwpożarowego, a także inne przepisy szczegółowe.

Przekształcanie w sposób niekontrolowany energii mechanicznej lub energii elektrycznej w ciepłą i występujący w tych procesach żar, płomień lub iskry, są czynnikiem zwiększenia wystąpienia niebezpieczeństwa pożaru. Zagrożenie pożarowe [3, 4, 11, 12] występuje wszędzie tam, gdzie:

- ♦ zgromadzono materiały łatwopalne i pozostawiono je bez nadzoru,
- ♦ wykorzystuje się wysoką temperaturę lub otwarty ogień do celach technologicznych,
- ♦ stosuje się do celów technologicznych materiały łatwopalne,
- ♦ występuje proces samonagrzewania się materiałów,
- ♦ istnieje możliwość wyładowania elektryczności statycznej,
- ♦ wydziela się energia cieplna w wyniku tarcia elementów maszyn i urządzeń,
- ♦ występują reakcje egzotermiczne,
- ♦ nieprawidłowo eksploatuje się urządzenia i instalacje elektryczne,
- ♦ nie zachowano właściwej ostrożności w postępowaniu z ogniem.

Dla ochrony zdrowia i życia szczególne znaczenia ma zabezpieczenie przeciwpożarowe budynków [11]. W obiektach -środkach transportu oraz na terenach przyległych do nich jest zabronione wykonywanie czynności, które mogą spowodować pożar, jego rozprzestrzenianie się, utrudnianie działania ratowniczego lub ewakuacji. Właściwe obchodzenie się z materiałami niebezpiecznymi pożarowo jest jednym z podstawowych warunków

bezpieczeństwa pożarowego w każdym obiekcie (środku transportu). Użytkownicy powinni też wiedzieć, w jakie urządzenia przeciwpożarowe wyposażony jest obiekt a także umieć je uruchamiać w razie konieczności.

Autorzy postanowili poddać analizie uwarunkowania zagrożeń pożarowych w wycofanych z użytkowania społecznego środkach transportu, a będących w użytkowaniu wąskich grup społecznych, a także w posiadaniu: muzeów, firm lub indywidualnych pasjonatów. W pracy w ten sposób określono - zdefiniowano zabytkowe środki transportu, czyli jako obiekty w których dominują uszkodzenia wynikające z procesów i zjawisk zmęczeniowych i starzeniowych [1, 8].

### 1. Podstawy prawne

Zgodnie z art. 3 ust. 1 ustawy z dnia 23 lipca 2003 r. (Dz.U. Nr 162, poz. 11145 ze zm.) o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami, zabytek to nieruchomość lub rzecz ruchoma, ich części lub zespoły, będące dziełem człowieka lub związane z jego działalnością i stanowiące świadectwo minionej epoki bądź zdarzenia, których zachowanie leży w interesie społecznym ze względu na posiadaną wartość historyczną, artystyczną lub naukową. Zasady konserwacji i restauracji zabytków architektury określa Międzynarodowa Karta Konserwacji i Restauracji Zabytków i Miejsc Zabytkowych zwana Kartą Wenecką.

Stwierdza się, że kryterium czasu powstania, choć najważniejsze, nie przesądza o zdefiniowaniu zabytku. Nauki humanistyczne, a w szczególności historia sztuki nie stworzyły jednej, uniwersalnej definicji zabytku przydatnej wszystkim naukom. W związku z tym pojęcie zabytku pojawia się w przepisach prawnych tam, gdzie ustawodawca uznał, że zachowania ludzi względem zabytku muszą różnić się od tych samych zachowań względem przedmiotów niebędących zabytkiem. W cytowanym Dzienniku Ustaw nr 162, art.6, ust. 2 zdefiniowano zabytki ruchome, które dotyczą dzieł sztuki plastycznej, kolekcji przedmiotów, numizmatów, militariów, instrumentów, materiałów bibliotecznych wytworów rękodzieła i sztuki ludowej oraz wytworów techniki. Do tej ostatniej grupy można by właśnie zakwalifikować zabytkowe środki transportu bo jak precyzuje ustawodawca są to środki transportu oraz maszyny świadczące o kulturze materialnej charakterystyczne dla dawnych i nowych form gospodarki, dokumentującymi poziom nauki i rozwoju cywilizacyjnego. W przepisach prawnych nie występuje zatem precyzyjna definicja „zabytkowy środek transportu” jest to pewna niejednoznaczność i w związku z obowiązującą ustawą (Dz.U. Nr 162, poz. 11145 ze zm.) należy przyjąć zapis podany w art.6 ust.2 tej ustawy. Analiza prawna dopuszcza zatem w pełni zaproponowaną przez autorów definicję, a teoria eksploatacji obiektów technicznych potwierdza przyjętą inżynierską definicję [9].

### 2. Analiza techniczna zjawisk eksploatacyjnych w zabytkowych środkach transportu

Procesy degradacyjne i starzeniowe są niejednokrotnie trudne do skwantyfikowania, gdyż nie zachodzą liniowo, powtarzalnie

i prognozowanie ich stanu technicznego jest niekiedy bardzo utrudnione, często nie uzasadnione ekonomicznie, lub niemożliwe do jednoznacznego określenia (wyznaczenia, obliczenia) dla obiektów technicznych [9]. Badania w I i II okresie „życia obiektu” zgodnie z krzywą intensywności uszkodzeń przeprowadza się w oparciu o standardowe przebiegi środka transportu, których przykład autorski pokazany jest na rys. 1.

Celem takiego oblotu samolotu jest wyznaczenie wartości parametrów istotnych dla bezpieczeństwa w aspekcie [9] wartości parametrów granicznych, lub zmian parametrów wskazujących na możliwość uszkodzenia w krótkim przedziale czasowym co zostało zobrazowane na rys. 2.

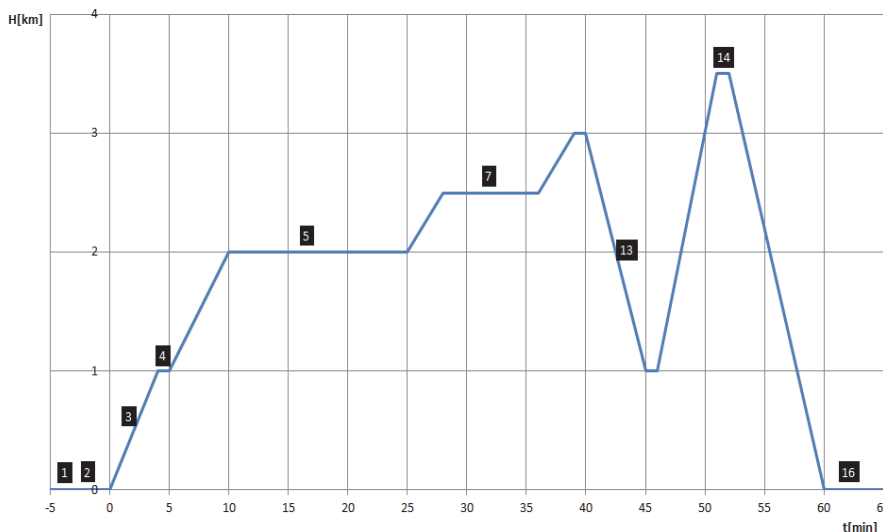
Charakterystyki stanu prostego uszkodzonego elementu - obiektu (środka transportu) mogą mieć postać przedstawioną na (rys. 2.)

Miejszem uwidocznienia oddziaływania czynnika lub czynników wpływających na uszkodzenie awaryjne oznaczono literą A. Miejsce to może mieć swój początek w dowolnym punkcie krzywej stanów niezawodnościowych leżącym powyżej linii wyznaczającej wartość graniczną parametru który wywołał zmiany stanu zdatności.

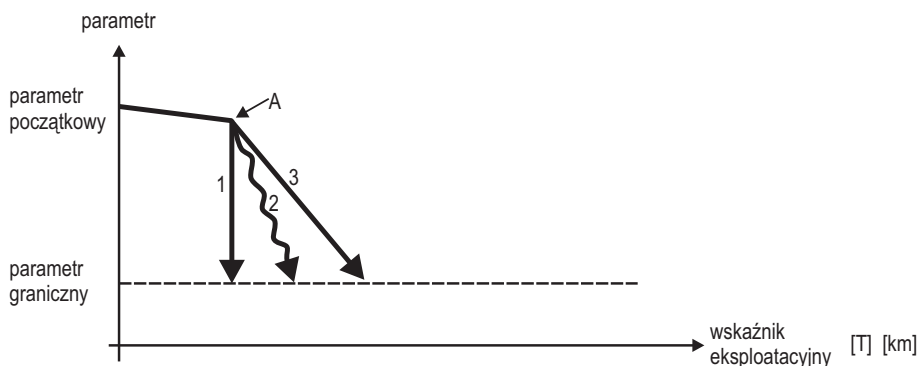
W przypadku gwałtownego uszkodzenia elementu [9] w wyniku zderzenia lub nagłego zadziałania czynnika wymuszającego uszkodzenia charakterystyka stanu niezawodności przyjmuje przebieg oznaczony prostą 1. Przebieg 2 przedstawia zmiany parametru przy cyklicznie dodatkowym oddziaływaniu czynników wymuszających uszkodzenie lub stałym dodatkowym oddziaływaniu czynników wymuszających uszkodzenie. Krzywa 3 przedstawia stałe działanie dodatkowego czynnika wymuszającego przy stałe zmieniającej się charakterystyce lub przy cyklicznie działającym dodatkowym czynnikiem wymuszającym lecz stałe zmieniającej się wartości parametru.

Przedstawiony przykład [9] dla prostego stanu uszkodzenia jest jednym ze sposobów określania niezawodności obiektów technicznych. W literaturze brak jest metod optymalizacji obsługi dla obiektów technicznych diagnozowanych w czasie rzeczywistym w oparciu o zmiany kształtu charakterystyk. Zaistniała sytuacja zmusza do precyzyjnego modelowania matematycznego umożliwiającego ocenę stanu technicznego obiektu. Modelowanie [1] zawiera głównie wyznaczenie: zakresu, czasu miejsca przeglądu lub naprawy, albo określenie w oparciu o „wiedzę techniczno-inżynierską” tego samego stanu technicznego obiektu wraz z wyznaczeniem zakresu, czasu miejsca przeglądu lub naprawy.

Z matematycznego punktu widzenia niezawodność umożliwiającą ocenę stanu technicznego obiektu [6] wraz z wyznaczeniem zakresu, czasu miejsca przeglądu lub naprawy jest funkcją opisującą rozkład czasowy poszczególnych czynników zaburza-



Rys. 1. Oblot samolotu TS - Iskra według programu „B” [4, 7]



Rys. 2. Charakterystyki stanów niezawodnościowych w stanie prostym uszkodzonego elementu [9]

jących. Warunek zmienny brzegowy opisującym rozkład czasowy poszczególnych czynników zaburzających określono zależnością (1):

$$R(t) = \psi\{\varphi_i(\tau), 0 \leq \tau \leq t, t\} \quad (1)$$

gdzie:

$\varphi_i(\tau)$  – wartość funkcji w chwili  $t$  opisującej rozkład prawdopodobieństwa  $i$ -tego czynnika zaburzającego w przedziale czasowym od 0 do  $t$ .

Ze względu na złożoność procesu eksploatacyjnego (wieloparametrowość) niemożliwe jest w praktyce stworzenie modelu matematycznego przy pomocy funkcjonału. Można zatem przyjąć że  $R(t)$  nie jest funkcjonałem i może być dla jednego obiektu zwykłą funkcją (2):

$$R(t) = \varphi_i(\tau) \quad (2)$$

gdzie:

$\varphi_i(\tau)$  – funkcja opisująca rozkład prawdopodobieństwa  $i$ -tego czynnika zaburzającego w chwili  $t$ , gdzie  $0 \leq t \leq \tau$ .

Opis przy pomocy funkcji matematycznych, a nie funkcjonału powoduje utratę wielu informacji [6], a w przypadku opisu matematycznego staje się on nie w pełni wiarygodny, gdyż nie odzwierciedla rzeczywistego zachowania obiektu, jedynie wskazując na istnienie zjawisk w badanym czasie z podaniem ich

przybliżonych wartości bez lokalizacji miejsca i wskazania czasu wystąpienia tych zjawisk w obiekcie. Badania te (modele matematyczne – opis zjawisk funkcjami) są jednak niezbędne, gdyż ich rezultaty przekładają się na wiedzę i wpływają na poprawę bezpieczeństwa i stanu technicznego obiektów.

- ♦ Określenie w oparciu o „wiedzę techniczno-inżynierską” tego samego stanu technicznego obiektu wraz z wyznaczeniem zakresu, czasu miejsca przeglądu lub naprawy dla zabytkowych (wyłączonych z powszechnego użytkowania) środków transportu zawiera się w 2 grupach [5]:

- ♦ **Grupa A** obiekty nie wykonujące żadnych czynności związanych z pracą użytkową (nie uruchamiane) oraz, (praca zgodna z założeniami konstrukcyjnymi),

- ♦ **Grupa B** obiekty przeznaczone do okresowych prac użytkowych (okresowych uruchomień).

**Pierwsza grupa – „A”** to obiekty wystawiane tylko na pokaz, gdzie elementy lub podzespoły nie mogące stanowić zagrożenia (przy założeniu prawidłowego nadzoru eksploatacyjno-inżynierskiego), a zatem dopuszczalne są tu wszystkie oryginalne części.

**Druga grupa – „B”** to obiekty czasowo (okresowo) uruchamiane, w których ze względów bezpieczeństwa zabronione powinno być stosowanie wielu oryginalnych elementów i podzespołów ze względu na stan techniczny (wartości parametrów i procesy degradacyjne).

### 3. Przyczyny pożarów w środkach transportu

Główne techniczne przyczyny [10] pożarów w środkach transportu:

- uszkodzenia izolacji obwodów elektrycznych,
- stan techniczny urządzeń (silnik, prądnica, szczelność zbiorników i przewodów przesyłowych, opary, zanieczyszczenia bród i inne),
- transport materiałów niebezpiecznych,
- podpalenia i zaproszenia,
- najczęściej to połączenie kilku przyczyn (częste występowanie – potwierdzają to statystyki).

### Starzenie i analiza stanu izolacji obwodów elektrycznych

Głównym czynnikiem wpływającym na niezawodność i trwałość środka transportu jest stan oraz wytrzymałość elektryczna układów izolacyjnych [1]. Trwałość izolacji jest niestety ograniczona, ponieważ na jej niezawodność pracy ma wpływ wiele czynników takich jak:

- ♦ przewodność i rozszerzalność cieplna,
- ♦ wytrzymałość mechaniczna,
- ♦ elastyczność,

- ♦ stabilność składu chemicznego i struktury izolacji,
- ♦ odporność na wilgoć,
- ♦ możliwość długiej pracy w polu elektrycznym o wysokim napięciu,
- ♦ odporność na niskie temperatury i inne.

Proces niszczenia [8] izolacji zachodzi w wyniku nagrzewania się, naprężeń mechanicznych, ciśnienia, wibracji, udarów, wpływu wilgotności oraz środowiska i innych czynników. Nieodwracalne zmiany struktury i składu chemicznego izolacji zachodzące pod działaniem wymienionych czynników łącznie nazywa się starzeniem. Proces pogarszania się właściwości izolacji w konsekwencji starzenia się nazywa się zużyciem lub degradacją izolacji, gdzie termin zużycie odnosi się do układu izolacyjnego konstrukcji a pojęcie starzenie do materiału.

Występują też uszkodzenia [1, 8] izolacji nie związane ze zużyciem np. błędy konstrukcyjne wykonania izolacji (pęcherze w miedzi), pęknięcia, przecięcia jej ostrymi krawędziami metalicznych części, powstawanie pęknięć w wyniku znacznych naprężeń przy wginaniu prowadzące często do przebicia izolacji wcześniej niż zachodzi istotne pogorszenie jej właściwości w całej objętości wskutek elektrycznego lub termotlenkowego naruszenia właściwości izolacyjnych. Powstaje ono jednak w wielu przypadkach przy ogólnym starzeniu się izolacji. Systematyczne i udokumentowane kontrole stanu izolacji w warunkach eksploatacyjnych, pozwalają na tworzenie bazy informacyjnej umożliwiającej:

- ♦ wcześniejsze wykrycie pogarszającego się stanu izolacji i podjęcie działań zapobiegawczych,
- ♦ zapobieganie awariom i pożarom, które mogą wystąpić wskutek pogorszenia właściwości izolacji,
- ♦ prowadzenie właściwej i bezpiecznej eksploatacji urządzeń i instalacji elektroenergetycznych.

Spośród wielu czynników które określają żywotność izolacji [1, 8] bardzo ważnym jest starzenie cieplne. Występuje również termin cieplnej stabilności i odporności na nagrzewanie się izolacji określający właściwość materiału elektroizolacyjnego do zachowania swych właściwości na określonym poziomie przy krótkim nagrzewaniu. Odporność na nagrzewanie odznacza się właściwością materiału do nieznaczego pogorszenia charakterystyki wytrzymałości izolacji. Jest to odporność na oddziaływanie temperatury granicznej dopuszczalnej dla danej klasy izolacji w czasie odpowiadającemu okresowi pracy maszyny i przy innych eksploatacyjnych zakłóceniach. Praktycznie odporność na nagrzewanie się jest najważniejszą charakterystyką izolacji, dlatego opracowano na jej podstawie klasyfikację materiałów elektroizolacyjnych którą przedstawia tabela 1.

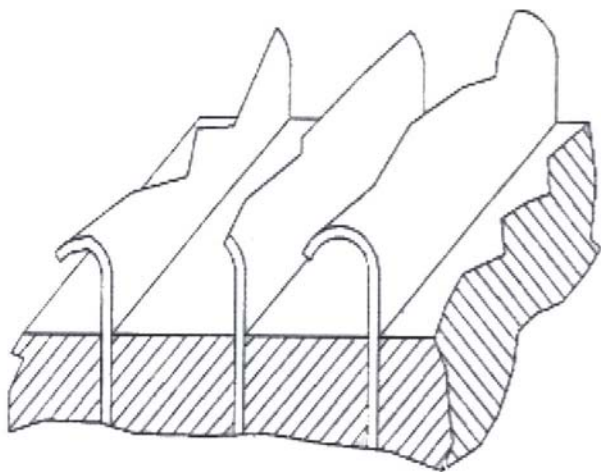
Tab. 1. Podział materiałów izolacyjnych na klasy

Materiały izolacyjne		
Symbol klasy	Dopuszczalna temperatura pracy [°C]	Rodzaj zastosowanego materiału
A	105	materiały celulozowe i poliamidowe nasyczone lakierem olejowym lub olejowo-żywicowym, albo zanurzone w oleju izolacyjnym
E	120	tworzywa fenolowo-formaldehydowe i melaminowo-formaldehydowe o napełniaczu organicznym, folie i włókna z tereftalanu, polietylenu, izolacja drutów nawojowych na podstawie żywic poliwinylformalowych i poliuretanowych
B	130	materiały nieorganiczne: mika, samika, włókno szklane, azbest oraz wyroby z tych materiałów o lepiszczu organicznym
F	155	materiały mikowe, samikowe, azbestowe i z włókna szklanego sycone lub klejone (modyfikowane alkidami żywice silikonowe)
H	180	materiały mikowe, samikowe, azbestowe i włókna szklanego klejone lub sycone żywicami silikonowymi
C	nie mniej niż 180	materiały nieorganiczne (np. mika, szkło, porcelana) bez lepiszcza lub o lepiszczach nieorganicznych

Odporność na nagrzewanie się jest zdefiniowane jako szybkość procesu starzenia izolacji w warunkach podwyższonych temperatur. W celu obliczenia szybkości starzenia stosuje się metody pozwalające określić czasu „życia” izolacji. Dla przedstawienia procesu starzenia np. klasy izolacji A zastosowano metodę tzw. „ośmiu stopni”, dla której wzrost temperatury jest średnio o 8°C i skraca czas „życia” izolacji dwukrotnie.

### Procesy zmęczeniowe obwodów elektrycznych

Oprócz procesu starzenia się izolacji równomiernie przebiegają procesy zmęczeniowe w przewodach miedzianych prądnic i układów elektrycznych wykorzystujących układy cewek nawojowych. Zmiany zmęczeniowe zachodzące w cewkach uzwojeń są skutkiem działania sił elektrodynamicznych [1, 8] występujących w stanach nieustalonych – zwarcia. Zmiany te zanalizowane z punktu inżynierii materiałowej przejawiają się początkowo jako odkształcenia lokalne plastyczne. Wizualną oznaką tych odkształceń są liczne przesunięcia i składające się z nich pasma przesunięć. Można je śledzić na powierzchniach począwszy od rozpoczęcia, poprzez ich sukcesywny rozwój i zmiany w nich przebiegające, aż do zniszczenia. Podobnie można śledzić inicjację i rozwój pęknięć zmęczeniowych, najczęściej w pasmach przesunięć. Pasma przesunięć są widocznymi oznakami odkształceń plastycznych. Składają się różnej na ogół liczby linii przesunięć.



Rys. 3. Schematyczne ujęcie powstawania ekstruzji [2]

W pasmach przesunięć na powierzchni zmiennych obciążonych elementów obserwuje się (elektronooptyczne) wciśnięcia płatków metali w sposób schematycznie przedstawiony na Rys. 3 zwany jest ekstruzjami.

Wciśnięcia lub wgłębienia w tych pasmach przyjęto określać się jako intruzje. Występują one rzadziej aniżeli ekstruzje. Na rys. 4 przedstawiono ujęcie powstawania intruzji.

Ekstruzje i intruzje stały się obiektem badań, ponieważ wiąże się z nimi mechanizm zachowania się metali. Pojawiają się one w szerokim zakresie temperatur, również bardzo niskich. W między może to być nawet -269°C.

### Stan techniczny pojazdów

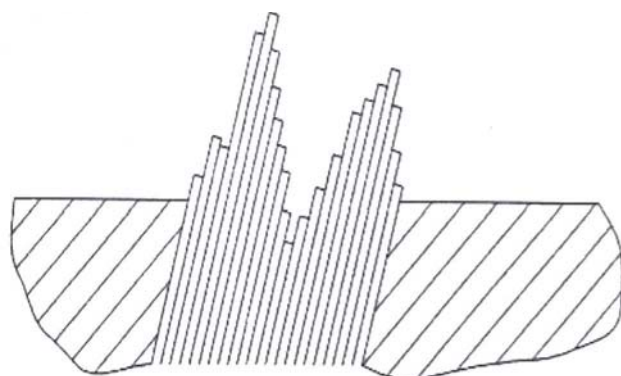
Inne techniczne przyczyny pożarów w środkach transportu są spowodowane przede wszystkim złym stanem technicznym [13] silników, zbiorników i przewodów doprowadzających paliwo oraz opary paliwa. Teoretycznie każde auto podlegające przeglądowi technicznemu powinno mieć sprawdzone m.in. hamulce, zawieszenie, układ kierowniczy, oświetlenie i opony. W zabytkowych środkach transportu oprócz wyżej wymienionych typowych czynności kontrolnych należy szczególnie sprawdzać stan układów doprowadzania i zbiorniki paliwa. Ze względu na swój wiek paliwo zamknięte w zbiornikach czy przewodach paliwowych nie jest już tak bezpieczne dla użytkownika. W miarę upływu lat może nastąpić rozszczelnienie i zacząć ulatniać się pary. Zagrożenie wybuchem zawsze istnieje ale szczególnie wzrasta dla starszych środków transportu. Zbiorniki i baki paliwa podlegają normom określającym m. in. ich wytrzymałość, odporność na temperaturę i wysokie ciśnienie, jakie pojawia się kiedy rośnie temperatura wokół baku. Zwykle przyczynami pożarów środków transportu na drodze są zwarcia w instalacji elektrycznej. Ryzyko zwiększają np. wycieki oleju do komory silnika. Podstawą uniknięcia pożaru jest więc dbałość o stan silnika, a zwłaszcza instalacji elektrycznej. Bywa, że źle zabezpieczone i zamocowane przewody ocierają się o inne elementy osprzętu silnika czy konstrukcji nadwozia. Izolacja przeciera się i dochodzi do zwarcia, a potem pożarów. Przyczyną zwarcia mogą też być wadliwie przeprowadzone naprawy czy modernizacje.

Wycieki paliwa z instalacji paliwowych są kolejną przyczyną pożarów. Ryzyko wybuchu jest większe, bo przewody są uszkodzone i paliwo wydostaje się na zewnątrz. Ogień dociera do uszkodzonych baków po śladach wycieków. Jednak nawet wówczas wybuch z reguły nie następuje od razu.

### Podsumowanie

W opracowaniu przedstawiono wybrane aspekty technicznych zjawisk eksploatacyjnych oraz zagrożeń pożarowych, które towarzyszą użytkowaniu zabytkowych środków transportu. Pożary konstrukcji pojazdów zabytkowych przebiegają w sposób zupełnie odmienny od pożarów pojazdów nowoczesnych. Głównym czynnikiem determinującym rozwój pożaru jest obciążenie elektryczne i starzenie się izolacji co w efekcie prowadzi do zwarcia. Inne przyczyny pożarów to procesy zmęczeniowe szczególnie niebezpieczne dla układów oświetlenia elektrycznego a także zły stan techniczny zbiorników i przewodów doprowadzających paliwo do silnika.

Badanie zabytkowych środków transportu szczególnie osobowych oraz opiniowanie w sprawach dotyczących ich pożarów wymaga wyjątkowej dokładności, skrupulatności oraz wiedzy technicznej dotyczącej konstrukcji. Pojazd powinien być badany w całości i poddany szczegółowym oględzinom. Pozwoli to



Rys. 4. Schematyczne ujęcie powstawania intruzji [2]

dokładnie ustalić zakres uszkodzeń spowodowanych pożarem, miejsce inicjacji pożaru, przyczyny jego powstania i mechanizm rozprzestrzeniania się. Realnym będzie ustalenie możliwego związku pomiędzy zaistnieniem pożaru a przeprowadzanymi naprawami, obsługami, modernizacjami oraz czy pojazd zapalił się na postoju, czy w trakcie jazdy.

## Bibliografia

1. Buń R., Krzyszkowski A., *Model matematyczny oddziaływań elektrodynamicznego w cewkach*, Narodowy Uniwersytet - Politechnika Lwowska, „Radioelektronika i Telekomunikacja” 2002, nr 440.
2. Kocańda S., *Zmęczeniowe pękanie metali*, Warszawa, WNT, 1985.
3. Kozyra J., Bukala W., *BHP w branży elektrycznej. Podręcznik do kształcenia zawodowego*, WSiP, Warszawa 2016.
4. Kozyra J., Kuśmińska-Fijałkowska A., *Elementy liniowej logistyki stosowane w zabezpieczaniu obiektów zagrożonych wybuchem*, „Logistyka” 2014, nr 4.
5. Kozyra J., Wojciechowski J., Olczykowski Z., *Awarie systemu elektroenergetycznego zagrożeniem dla sprawnego funkcjonowania transportu samochodowego*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2016, nr 6.
6. Krzyszkowski A., *Model matematyczny procesów starzeniowych izolacji w cewkach komutacyjnych silnika trakcyjnego*, „Modelowanie Technologii Informatycznych” 2001, nr 10, Akademia Nauk Ukrainy, Kijów.
7. Krzyszkowski A., *Analiza systemów obsługowych pojazdów szynowych*, Politechnika Radomska, Radom 2010.
8. Krzyszkowski A., *Badania sprzęgów wysokonapięciowych ASWP 3*, I konferencja naukowo-techniczna LogiTrans 2003, Szczyrk 22-24.10.2003 r. Prace Naukowe Politechniki Radomskiej, seria: Transport Nr 1(17).
9. Krzyszkowski A., Kisilowski J., *Koleje dużych prędkości rzeczywistość czy fikcja*, SITK Ostrów Wielkopolski 23.11.2015.
10. Krzyszkowski A., Kozyra J., Zawisza T., *Analiza systemu obsługowego samolotu ORLIK PZL-130TC-11*, „Logistyka” 2015, nr 3.
11. Krzyszkowski A., Przerembel S., Hawryluk A., *Ocena podatności obsługowej samolotu TS11-Iskra*, „Logistyka” 2009, nr 3.
12. Krzyszkowski A., Zawisza T., Zięba P., *Programy – logistyka oblotów samolotu PZL TC II ORLIK jako ocena stanu technicznego obiektu*, „Logistyka” 2015, nr 4.
13. Krzyszkowski A., *Logistyka a bezpieczeństwo asymetryczne*, „Logistyka” 2014, nr 4.
14. Łukasik Z., Krzyszkowski A., *Uwarunkowania logistyczne rozwoju portu lotniczego w Radomiu*, Konferencja Naukowo-Techniczna „Bezpieczeństwo i niezawodność w lotnictwie oraz rozwój lotnictwa w regionach”. Radom 23-24 sierpnia 2013.
15. Malinowski A., Taryma S., *Badania techniczne pojazdów zabytkowych w Stacjach Kontroli Pojazdów*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2012, nr 5.
16. Malinowski A., Taryma S., *Badanie techniczne pojazdu zabytkowego*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2013, nr 10.

## Autorzy:

prof. dr hab. inż. **Zbigniew Łukasik** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu

dr inż. **Andrzej Krzyszkowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu

dr inż. **Jacek Kozyra-Krzyszkowski** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu

## Determinants of fire risks in the historic means of transport

*The article presents the main causes of fires in the historic means of transport. The reasons for this are: a reduction in insulation resistance of electrical circuits - lighting, processes fatigue vehicle parts and electrical systems as well as bad technical condition of vehicles, in particular tanks and fuel hoses to the engine. The article presents the assumptions of technical analysis of phenomena operating in the historic means of transport. Given depending on the mathematical modeling used in the assessment of the technical state of the object with the determination of scope, time, place or repair.*