

## AUTOBUS SZYNOWY – TESTY NA PRZEBICIE SZYBY CZOŁOWEJ

*W artykule omówiony został problem testowania szyby czołowej autobusu szynowego przeznaczonego do transportu szynowego ludzi w aglomeracjach miejskich oraz w kolejowym ruchu podmiejskim. Pojazdy te złożone są z kilku wagonów samojednych, które wykonują przejazdy na niewielkich odcinkach pomiędzy przystankami. Czoło autobusu narażone jest na uderzenia przedmiotów zewnętrznych, np. fragmentów konstrukcji wiaduktów, wypadających materiałów z wagonów towarowych poruszających się w przeciwnym kierunku po sąsiednim torze oraz wybryków chuligańskich. Autor w pracy pragnie zaznaczyć zainteresowanego czytelnika z procedurą przeprowadzenia testów na przebicie szyb czołowych. Mobilne stanowisko prób dynamicznych w Instytucie Lotnictwa pozwala na prowadzenie prób sprawdzających u producenta. Przedstawiono normy obowiązujące w Unii Europejskiej związane z bezpieczeństwem użytkowania autobusów szynowych. Procedury wykonywania testów szyb na przebicie sporządzone przez zespół badawczy oparte zostały na wymaganiach karty UIC. Szczególną uwagę zwrócono na aspekty związane z dokładnym, wiarygodnym i powtarzalnym pomiarem prędkości pocisku testowego wystrzelonego z działa pneumatycznego. Na zakończenie podano zalecenia i wnioski dotyczące bezpiecznego przeprowadzania testów z użyciem mobilnego stanowiska prób dynamicznych.*

### WSTĘP

Podczas ruchu pojazdu szynowego wszystkie elementy zewnętrzne narażone są na uszkodzenia związane z uderzeniem przez przedmioty obce. Mogą to być spadające fragmenty wiaduktów, przewracane przez wiatr drzewa, wypadające materiały z jadących w przeciwnym kierunku pociągów towarowych, czy też wybryki chuligańskie (rzucanie kamieniami czy butelkami). W historii kolejnictwa odnotowane były tragiczne w skutkach wypadki rozbijania szyb w pojazdach szynowych.

Nowoczesne konstrukcje w kolejnictwie charakteryzują się dobrymi właściwościami aerodynamicznymi, trakcyjnymi, ergonomicznymi. Jedną z tych cech jest dobra widoczność do przodu pojazdu szynowego. Zapewniają to duże, panoramiczne szyby przednie. Współczesne technologie pozwalają na wykonanie wielowarstwowych, giętych szyb, które nie tylko nadają nowoczesny wygląd, ale także znacząco wpływają na zmniejszenie oporu czołowego przy osiągnięciu coraz większych prędkości przez pociągi na magistralach kolejowych. Dobra przejrzystość szyb, a także ich odporność na uderzenia zewnętrzne wpływa bezpośrednio na bezpieczeństwo operatora, a w dalszej kolejności na bezpieczeństwo pasażerów pociągów. W wieloletniej historii kolejnictwa miały miejsce zdarzenia, które w pewnej ilości przypadków doprowadziły do tragicznych w skutkach wypadków.

W celu zapewnienia właściwego poziomu bezpieczeństwa w przypadku zderzenia elementów struktury pojazdu z ciałem obcym, oraz zachowania wymaganych właściwości trakcyjnych maszyny, międzynarodowe standardy organizacji kolejowych wymagają przeprowadzenia eksperymentalnych badań testowych odpowiednich elementów konstrukcyjnych, a zwłaszcza szyb przednich. Autor niniejszej publikacji wraz z zespołem badawczym Instytutu Lotnictwa wykonał kilkanaście prób testowych szyb przednich na nowych i modernizowanych jednostkach kolejowych w tym autobusach szynowych. Wyniki prób pozwoliły na dopuszczenie pojazdów szynowych do eksploatacji oraz powiększyły wiedzę w obszarze projektowania i produkcji szyb czołowych. Są to testy obowiązkowe zdefiniowane w przepisach krajowych urzędów dopuszczających pojazdy do ruchu. Badania przeprowadzone w skali rzeczywistej mają do-

kumentować spełnienie wspólnych wymagań określonych normami. Oznacza to, że ostateczna postać projektu dotyczącego struktury szyby i jej zamocowania, oraz akceptacja osiągniętej odporności na przebicie zawsze zależy od wyników eksperymentalnych testów uderzeniowych. Niebagatelne jest wykonywanie testów dynamicznych, co związane jest z dużą energią zgromadzoną w stanowisku przed wystrzałem. Ważne jest właściwe usytuowanie i zabezpieczenie urządzeń monitorujących, które mogą być uszkodzone podczas testu. Przedstawiono konstrukcję stanowiska prób dynamicznych z mechanizmem spustowym, oraz jego wpływ na parametry energetyczne systemu miotającego. W pracy opisano urządzenie wylotowe przeznaczone do oddzielania pocisku testowego od elementów umożliwiających rozpędzanie jego w lufie działa pneumatycznego.

W warunkach laboratoryjnych odtworzenie zjawiska uderzenia ciała obcego jest realizowane poprzez rozpędzanie do wymaganej prędkości pocisku testowego w kierunku stacjonarnie posadowionego badanego elementu oszklenia zamontowanego w rzeczywistą ramę (może być wykorzystany gotowy pojazd). Ze względu na specyficzny charakter badań niezbędne jest stosowanie specjalnego instrumentarium umożliwiającego maksymalnie wierne odtworzenie warunków rzeczywistych oraz precyzyjne zarejestrowanie danych. Najbardziej wrażliwym, narażonym na rozbicie miejscem w powierzchni czołowej pojazdu szynowego – autobusu, jest szyba przednia, za którą siedzi operator. Przebicie jej przez przedmiot zewnętrzny może prowadzić do zagrożenia zdrowia a nawet życia motorniczego. Zagrożenie stanowi sam obcy przedmiot a także odłamki szkła powstałe po wewnętrznej stronie szyby.

Aby zwiększać odporność pojazdów szynowych na kolizję z ciałami obcymi niezbędny jest rozwój doświadczalnych metod badawczych, pozwalających na odtwarzanie, symulowanie i rejestrację zachodzących zjawisk. Ich rozwój jest ściśle związany ze stale poszerzanym zakresem wymagań normatywnych oraz powstawaniem nowych rozwiązań konstrukcyjnych, wymagających prowadzenia nowych rodzajów badań. Systemy badań eksperymentalnych przyczyniają się także do lepszego poznania interakcji pomiędzy pociskiem testowym a obiektem występującej podczas zderzenia – dobrze ilustrują to zjawisko filmy z rejestracji kamerą szybką.

Uzyskane rezultaty umożliwiają weryfikację nowych rozwiązań konstrukcyjnych i materiałowych oraz pomagają w budowie doskonalszych modeli cyfrowych stosowanych w badaniach numerycznych, prowadzonych za pomocą metody elementów skończonych z wykorzystaniem profesjonalnego oprogramowania komputerowego. Symulacje komputerowe pozwalają na wstępne określenie prawdopodobnych efektów po zderzeniu autobusu szynowego z przedmiotem obcym. Badania takie pozwalają przeprowadzić wielorakie testy i wybrać najbardziej krytyczną próbę do wykonania rzeczywistego testu na stanowisku prób dynamicznych.



**Rys. 1.** Przeprowadzony test szyby przedniej do autobusu szynowego na stanowisku prób dynamicznych Instytutu Lotnictwa  
Źródło (fot. Archiwum ILOT)

Na fotografii (rys.1) przedstawiono jeden z pierwszych testów na zgodność z wymaganiami karty UIC 651 nowo projektowanej szyby przedniej do autobusu szynowego 214M. Badania te przeprowadzono w laboratorium Instytutu Lotnictwa dla firmy KOLZAM SA. Wstępne, rzeczywiste próby przeprowadzone były dla samej szyby zamontowanej w specjalnym stojaku [1, 6]. Ostateczną próbę, pozwalającą wydać orzeczenie o spełnieniu wymagań, przeprowadzono na szybie przedniej zamocowanej w autobusie szynowym.

Fotografia (rys.2) pokazuje końcowy efekt testu szyby przedniej klejonej w czołowy kompozytowy panel autobusu szynowego.



**Rys. 2.** Ostateczny test szyby przedniej do autobusu szynowego na stanowisku prób dynamicznych Instytutu Lotnictwa  
Źródło (fot. Archiwum ILOT)

## 1. AKTY NORMATYWNE I PRZEPISY

### 1.1. Wymagania kodeksu UIC

Obowiązujące w naszym kraju dokumenty, które porządkują szeroką gamę zdarzeń związanych z bezpieczeństwem personelu kolejowego to: „KODEKS UIC” – Międzynarodowego Związku Kolei

(International Union of Railway) [1]. W prowadzonych przez autora badaniach szczególnie istotna była karta przepisów UIC 651 zaklasyfikowana do tomów: V – pojazdy i VI – trakcja, która dotyczy „Ukształtowania kabin maszynisty lokomotyw, wagonów napędnych, jednostek trakcyjnych i pojazdów sterujących” (UIC 651-2002 layout of driver’s cabs in locomotives, railcars, multiple unit trains and driving trailers). Przepisy zawarte w tej karcie są zalecane i stosowane przez wszystkich Członków Międzynarodowego Związku Kolejowego od 1 lipca 2002 roku i jako obowiązujące zostały przyjęte przez wszystkich wytwórców pojazdów szynowych w Polsce, w tym autobusów szynowych. Ustalenia zawarte w karcie UIC 651 mają zastosowanie do lokomotyw, pojazdów napędnych, autobusów szynowych, zespołów trakcyjnych i pojazdów sterujących różnych rodzajów trakcji z wyjątkiem trakcji parowej. Przepisy te są również stosowane do pojazdów trakcyjnych manewrowych. Spełnienie wymagań stawianych w karcie UIC dopuszcza nowo budowane lub modernizowane pojazdy szynowe z nową szybą czołową do ruchu międzynarodowego po szlakach komunikacyjnych. Podpunkt karty 2.2 – „Środki konstrukcyjne dla zapewnienia bezpieczeństwa personelu”, omawia szczegółowo jak powinny być zaprojektowane i wykonane elementy kabiny operatora - maszynisty. W podpunkcie 2.7 – „Okna kabin maszynisty”, zdefiniowano rodzaje szyb, rozmieszczenie i wymiary oraz wymagania, jakie powinny spełniać materiały do ich wykonania - np. szkło o zwiększonym bezpieczeństwie. W karcie podpunkt 2.7.4 – „Wytrzymałość okien czołowych”, sprecyzowane są wymagania, które stanowiły podstawę przy projektowaniu stanowiska.

1. Wytrzymałość szyb czołowych powinna być taka, by szyby te nie mogły zostać przebite od uderzenia przedmiotów stałych spadających z wiaduktów lub wyrzucanych z mijających pociągów.
2. Wymagana wytrzymałość określona jest przez masę, prędkość i kierunek lotu ciała obcego, uderzającego w szybę, a także prędkość pojazdu szynowego. Ponadto uwzględniane jest położenie montażowe ( nachylenie) szyby czołowej pojazdu szynowego.
3. Przepisy podają, że maksymalna prędkość pociągów mijających jest mniejsza lub równa prędkości 160 km/h. Wyższe prędkości nie są brane pod uwagę, gdyż pociągi poruszające się szybciej zwykle nie mają otwieranych okien – są klimatyzowane.

Warunki, które należy spełnić w czasie badania szyby czołowej na przebicie wg UIC – 651 zestawiono w tabeli 1.

**Tab. 1.** Wymagania dla szyby czołowej wg UIC [1]

L	Parametr. Wynik próby	Wartość	Jednostka	Uwagi
1	Masa pocisku testowego	1000	[g]	Potwierdzone protokołem ważenia
2	Temperatura otoczenia	15 - 35	[°C]	Pomiar termometrem laboratoryjnym
3	Prędkość uderzenia pocisku w powierzchnię czołową pojazdu szynowego	240 - 320	[km/h]	Pomiar prędkości minimum z dwóch niezależnych układów pomiarowych – bramka laserowa, kamera szybko.
4	Wynik próby pozytywny - Pocisk nie przebił szyby - Szyba pozostała w ramie			Dodatkowa ocena odprysków szkła po stronie wewnętrznej – na manekinie symulującym twarz operatora

Źródło (UIC – 651 – Appendix C – Method to test the front window of the cabin for sufficient resistance to projectiles)

## 1.2. Przepisy British Railway Board

W trakcie prac nad projektem stanowiska prób dynamicznych opracowano procedury przeprowadzenia prób badań szyb w pojazdach szynowych. W celu rozszerzenia wiedzy, przy opracowywaniu stanowiska, przestudiowano dostępne przepisy brytyjskie dotyczące szyb przednich i okien w pojazdach szynowych. British Railway Board – Structural Requirements for Windscreens and Windows on Railway Vehicles [2].

W przepisach tych podane są nieco inne warunki dotyczące testów szyb przednich pojazdów szynowych niż w późniejszych przepisach karty UIC - 651. Różnią się wartościami parametrów testu. Masa pocisku jest niższa i wynosi 0,9 kg. Prędkości uderzenia w szybę przednią są niższe i zróżnicowane względem maksymalnej prędkości poruszania się pojazdów szynowych. Prędkość uderzenia jest większa od maksymalnej prędkości pojazdu o 90 – 110 km/h, co stanowi około 60% prędkości uderzenia wymaganej w przepisach UIC. Dodatkowe wymagania dotyczą nacisku dynamicznego na szybę przednią. Punkt 5 przepisów brytyjskich stawia wymagania na szyby boczne wagonów i pojazdów szynowych. Nie jest wyszczególnione w innych przepisach dotyczących pojazdów szynowych. Poza wymaganiami dotyczącymi przejrzystości i odporności na naciski dynamiczne, określone są wymagania dotyczące rozbicia i przebicia szyb bocznych ( bodyside windows). Prędkość uderzenia w boczną szybę stalowej kuli o masie 0,25 kg rozpędzonej do 50 km/h przy przemieszczaniu się pojazdu szynowego z prędkością 100 km/h nie powinno spowodować wpadnięcia kuli do wnętrza pojazdu. Niezbędne wymagania przeprowadzenia próby wg British Railways zestawiono w tabeli 2.

**Tab. 2.** Zestawienie parametrów przeprowadzania testu na przebicie szyby przedniej wg British Railway

Lp	Parametr	Wartość	Jednostka	Uwagi
1	Pocisk testowy - masa	900	[g]	Potwierdzone protokołem
2	Temperatura otoczenia	17 - 35	[°C]	Pomiar termometrem laboratoryjnym
3	Prędkość uderzenia pocisku	$V_{max}$ $V_p$ 0-130    220 0-180    290 0-240    350 0-300    410	[km/h]	Pomiar prędkości z dwóch niezależnych układów pomiarowych – bramka laserowa, kamera szybka.
4	Wynik próby pozytywny: Pocisk nie przebił szyby; Szyba pozostała w ramie.			Dodatkowa ocena odprysków szkła po stronie wewnętrznej – na twarzy operatora
5	Szyby boczne	Kula 0,25 Prędkość 50	[kg] [km/h]	

Źródło ( British Railway Board Group Standard GM/TT0122)

Zespół badawczy w laboratorium prób dynamicznych przygotował próbę uderzenia w szybę boczną zgodnie z przepisami brytyjskimi. Z uwagi na brak zainteresowania producentów wagonów oraz producentów bocznego oszklenia pojazdów szynowych, prób takich nie przeprowadzano. Stanowisko prób dynamicznych jest gotowe do wykonania takich testów. Warunkiem niezbędnym do tego, aby producenci zlecali takie testy są uregulowania normatywne, które może wprowadzić organ dopuszczający pojazdy szynowe do eksploatacji w publicznej sieci dróg kolejowych.

## 2. STANOWISKO DO PRZEPROWADZANIA TESTÓW NA PRZEBICIE

W czasie realizacji programów badawczych dotyczących projektów celowych, w Instytucie Lotnictwa zaprojektowano i wykonano specjalne urządzenie do testów dynamicznych. Podstawowym celem powstałego stanowiska prób dynamicznych było testowanie elementów składowych nowych konstrukcji lotniczych powstających w Instytucie Lotnictwa i polskich zakładach lotniczych. W powstałym nowym laboratorium przeprowadzono próby uderzenia ptaków w silniki odrzutowe, fragmenty konstrukcji płatowca ( krawędzie natarcia powierzchni nośnych), owiewki i wiatrochrony. Jedną z ważniejszych prób było testowanie nowego oszklenia kabiny samolotu M-28 Skytruck. Fotografia (rys.3) zamieszczona poniżej pokazuje sposób przeprowadzenia testu na uderzenie ptaka w przednie oszklenie kabiny samolotu.



**Rys. 3.** Przygotowane stanowisko do przeprowadzenia testu oszklenia kabiny samolotu na przebicie - Instytut Lotnictwa  
Źródło (fot. Archiwum ILOT)

Parametry techniczne pozwalały rozpędzić masę symulującą tkankę żywego ptaka o masie do trzech kilogramów do prędkości 900 km/h. Rozpędzanie pocisku realizowano w lufie o zmiennej długości dobieranej w zależności od parametrów określonych w programie próby.

Rozpędzanie masy uderzeniowej realizowane było przez sprężone powietrze zgromadzone w zbiorniku, do którego przymocowano lufę z mechanizmem spustowym. Pomiar prędkości dokonywano na wylocie lufy w małej odległości od testowanego elementu, co zapewniało wiarygodny pomiar. Po zakończeniu lotniczych programów badawczych dotyczących nowych konstrukcji, stanowisko prób dynamicznych przystosowano do badań nowych konstrukcji pojazdów szynowych i autobusów. Możliwości techniczne stanowiska po niewielkich modernizacjach pozwoliły na wykonanie prób wymaganych przy certyfikacji szyb przednich pojazdów szynowych. Badania takie są niezbędne przy procedurach dopuszczenia do eksploatacji pojazdów zgodnie z wymaganiami UIC – 651.

Stanowisko prób dynamicznych po modernizacji przedstawiono na fotografii (rys.4). Zrealizowane w Warsztatach Prototypów Instytutu Lotnictwa modernizacje przede wszystkim polegały na usprawnieniu i zwielokrotnieniu toru pomiaru prędkości wylatującej z lufy masy uderzeniowej. Zrezygnowano z bramki pomiarowej w postaci zrywanych drutów i zamieniono ją układem dwóch bramek wykorzystujących wiązki laserowe (fotokomórki). Pocisk lub masa symulująca tkankę żywego ptaka, przecinając promienie lasera rozstawione po

kolei na bazie jednego metra dawał czas przelotu. Zabudowany na stanowisku wylicznik elektroniczny generuje na wyświetlaczu cyfrowym prędkość lotu pocisku.



**Rys. 4.** Stanowisko Prób Dynamicznych po modernizacji Instytutu Lotnictwa  
Źródło (fot. Archiwum ILOT)

Drugi, niezależny tor pomiarowy stanowi kamera szybka ustawiona prostopadle do toru pocisku. Tło stanowi plansza z równo naniesionymi pasami. Znany czas projekcji kolejnych klatek pozwala na dokładne wyznaczenie prędkości uderzenia. Trzeci tor pomiarowy, wykorzystywany rezerwowo do sporządzenia charakterystyk prędkościowych stanowiska prób dynamicznych. Do tego celu zastosowano profesjonalny blok do pomiaru prędkości pocisków broni palnej – chronometr firmy Shooting Chrony. Wyniki pomiarów testowych i uwierzytelniających zamieszczono w sprawozdaniach [3, 4].

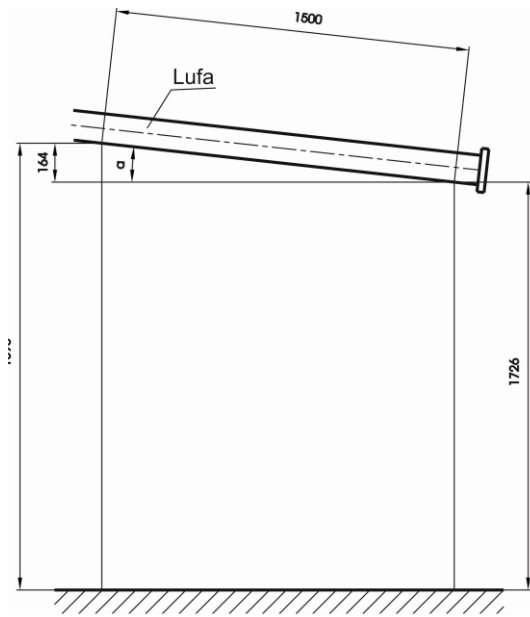
Pocisk podczas strzału umieszczony zostaje w specjalnej gilzie i razem z nią rozpędzany jest w lufie. Gilza zatrzymuje się na końcu lufy na pierścieniach oporowych - tak by w testowaną szybę uderzył tylko pocisk. Podczas napełniania zbiornika gilza z pociskiem utrzymywana jest w lufie za pomocą hamulca pneumatycznego. Jego zwolnienie następuje po zwolnieniu elektrozaworu. Powietrze ze zbiornika wypycha gilzę i powoduje strzał.

Przebieg próby filmuje kamera szybka (1000 klatek na sekundę).

Założony kąt uderzenia pocisku realizowany jest poprzez nachylenie lufy stanowiska w stosunku do badanego obiektu za pomocą podnośników hydraulicznych zabudowanych pomiędzy podwoziem a ramą zbiornika i lufy. Wartość kąta ustalono poprzez pomiar odległości lufy od ziemi, w dwóch punktach. Schemat ustawienia nachylenia toru lotu pocisku pokazano na rysunku (rys.5). Z prostych zależności wyliczany jest kąt toru lotu pocisku. W ostatnich próbach zrezygnowano z tego sposobu i zastosowano elektroniczną poziomnicę przykładaną do powierzchni lufy w procesie przygotowywania testu.

Procedura badawcza wykonywana jest zgodnie z wcześniej uzgodnionym z zamawiającym programem próby. Wszystkie czynności wykonywane są w warunkach spełniających wymogi przepisów, ze szczególnym uwzględnieniem zasad BHP., Ponieważ proces wykonania badania przebiega dynamicznie, w którym wyzwala jest gwałtownie energia zgromadzona w zbiorniku ciśnieniowym, musi być bezwzględnie zachowana szczególna ostrożność. Niezbędne jest odizolowanie przestrzeni szyby i stanowiska dynamicznego. Nie dopuszczalne jest przebywanie ludzi w obszarze strzału. Wszystkie zasady bezpieczeństwa opisane są w instrukcji stanowiska prób dynamicznych. Odpowiedzialnym za realizację testu jest

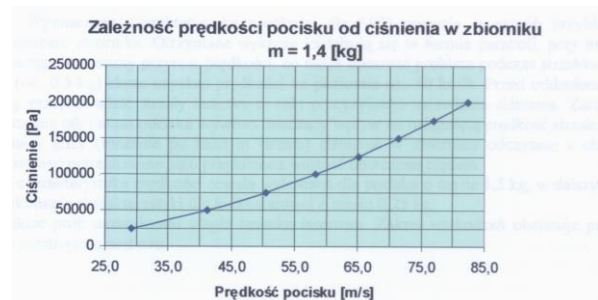
kierownik, którego nadrzędnym obowiązkiem jest przestrzeganie procedury wykonania badania.



**Rys. 5.** Ustawienie kąta pochylecia lufy [5, 6]

$$\sin \alpha = \frac{1890 - 1726}{1500} = \frac{164}{1500} = 0.1093 \quad \alpha = 6.29 \text{ deg} \quad (1)$$

Charakterystykę prędkościową pocisku testowego przedstawiono na rysunku 6. Na podstawie tej charakterystyki dobierane jest wstępnie ciśnienie w zbiorniku przed oddaniem strzałów próbnych do specjalnego łapacza. Tak wykalibrowane działo skierowuje się na badany obiekt. Strzały testowe są niezbędnym warunkiem prawidłowego przeprowadzenia próby. Pozwalają na maksymalne wyeliminowanie błędów powstałych w wyniku zmian klimatycznych, a także mogących zaistnieć w transporcie stanowiska do miejsca wykonywania testu.



**Rys. 6.** Charakterystyka prędkości pocisku w zależności od ciśnienia w zbiorniku [4].

Ważnym elementem w procesie modernizacji stanowiska było opracowanie nowego sposobu wyzwala pocisku. Zmieniono zawór uruchamiający hamulec z mechanicznego na elektryczny, zamontowano blokadę gilzy z pociskiem. Zmiany te zabezpieczyły wyzwalacz ciśnieniowy przed przypadkowym zwolnieniem. Niewątpliwą zaletą stanowiska jest jego mobilność, przez co badania mogą być wykonywane w zakładach produkcyjnych taboru kolejowego oraz w zakładach produkujących oszklenie. Daje to możliwość znacznego zmniejszenia kosztów wykonania próby, a tym samym wpływa na ekonomikę produkcji pojazdu szynowego.

## 3. TESTY NA PRZEBICIE SZYB PRZEDNICH AUTOBUSÓW SZYNOWYCH

Laboratorium Instytutu Lotnictwa przy pomocy Mobilnego Stanowiska Prób Dynamicznych przebadano i wydało orzeczenia na zgodność z przepisami karty UIC – 651 dla prawie wszystkich nowych pojazdów szynowych produkowanych i modernizowanych w Polsce. Wykonywane były badania dla: ZNTK „Nowy Sącz” S.A. – NEWAG S.A., ZNTK „Mińsk Mazowiecki” S.A., Pojazdy Szynowe PESA Bydgoszcz S.A. Poddano badaniom dynamicznym szyby czołowe takich jednostek jak: Pociąg Elektryczny 19WE [5], pociąg 16 WEK i ATR 220, lokomotywa spalinowa 311D, pojazdy szynowe EN-81, EN-95, 610M, 620M, ED-74, Zespół trakcyjny EN-57 i 14 WE, autobusy szynowe KOLZAM SA.

### 3.1. Przebieg próby na przebicie

Próbę należy zawsze realizować w oparciu o wcześniej uzgodniony i zatwierdzony program prób. Warunki próby muszą być zgodne z aktualnymi, wymaganymi i niezbędnymi przepisami. Dopuszczalne jest rozszerzenie prób za zgodą przedstawicieli zamawiającego po wcześniejszym przeprowadzeniu zaplanowanych testów

W szczególności protokół testu musi uwzględniać sprawdzenie i wpisanie w kartę pomiarów następujące parametry:

- prędkość pocisku [ km/h ]
- masę pocisku [ g ]
- miejsce uderzenia szyby - centralne
- tor lotu pocisku -zgodny z kierunkiem jazdy
- temperatura otoczenia [°C]

Kierownik testu musi przeprowadzić identyfikację obiektu badań.

Określić producenta i dostawcę

Określić rodzaj zamocowania szyby – wklejona, przykręcona, w uszczelce.

Po wniesieniu wszystkich danych do protokołu można przystąpić do wykonania strzałów testowych, w których kalibrowana jest prędkość lotu pocisku testowego. Strzały oddawane są do łapacza stanowiącego integralną część stanowiska prób dynamicznych. Testowaną prędkość należy umieścić w protokole próby.

Ponowne przygotowanie stanowiska nie powinno być dłuższe niż jedna godzina. W przeciwnym razie należy powtórzyć strzały testowe. Uzyskana prędkość uderzenia pocisku powinna być w przedziale dopuszczalnych tolerancji. Skierowanie lufy na badany obiekt powinno być wykonane ze szczególną starannością i zachowaniem wszelkich miar ostrożności opisanych w instrukcji stanowiska. W momencie rozpoczęcia napełniania zbiornika pneumatycznego, w rejonie badanej szyby i na linii strzału nie może znajdować się żadna osoba biorąca udział w teście. Miejsce próby musi być odrodzone i zabezpieczone przed przypadkowym wtargnięciem. W chwili wykonania strzału testowego, teren wokół obiektu musi być oswobodzony, a wrażliwe na uszkodzenie elementy aparatury badawczej osłonięte. Po uderzeniu odbity pocisk leci w strefę wokół badanego obiektu i może być przyczyną wypadku. Groźne są także odpryski szkła wyrzucone uderzeniem z szyby.

### 3.2. Opis obiektu badań po próbie

Opis obiektu po próbie musi zawierać wszystkie punkty zawarte w programie badań, a w szczególności opis szyby i otoczenia po teście szyby.

Szyba po uderzeniu pozostała w swoim obramowaniu. Nie nastąpiło zerwanie jej ciągłości. Pocisk odbił się od szyby i upadł około x m przed nią. Cała powierzchnia szyby pokryta jest pęknięciami, których intensywność rośnie w miarę zbliżania się do miejsca uderzenia pocisku. W polu stanowiącym koło o promieniu około n mm nastąpiła całkowita destrukcja płyt szklanych. Koło o promieniu

około r mm uznać należy za nieprzydatne do obserwacji przez maszynistę. Pozostała powierzchnia szyby zapewnia stosunkowo dobrą możliwość obserwacji.

Od strony kabiny maszynisty zarejestrowano drobny pył szklany z szyby wewnętrznej rozsypany na przestrzeni około s m. Największe z odłamków miały wymiary zbliżone do (np. ziaren piasku) nieprzekraczające t mm. Pozostałe odłamki przybrały formę drobnego proszku.

## 4. WYNIKI TESTÓW NA PRZEBICIE SZYB PRZEDNICH AUTOBUSÓW I POJAZDÓW SZYNOWYCH

W większości przeprowadzonych prób dynamicznych z wykorzystaniem MSPD, szyby przednie pojazdów szynowych spełniły wymagania zgodnie z kartą UIC.

W trakcie wieloletnich prób, zdarzyło się też kilka przestrzeżeń. Jeden wynik próby, w której szyba przednia nie spełniła wymagań pokazano na fotografii (rys. 7) [8].



Rys. 6. Przebita szyba czołowa pojazdu szynowego (foto -[8]).

Rejestrowane prędkości, temperatury i kąty uderzenia po każdej próbie są sprawdzane przez wykonawców i przedstawiciela zakładów, co zatwierdzone jest protokołem odbiorczym. Orzeczenia wydane przez Instytut Lotnictwa akceptowalne są przez CNTK – Centrum Naukowo-Techniczne Kolejnictwa.

## PODSUMOWANIE

Bezpieczeństwo miejsca pracy operatora pojazdu trakcyjnego jest nadrzędnym warunkiem wykonywania zawodu. Maszynista jest odpowiedzialny za bezpieczne prowadzenie pociągów i autobusów szynowych, w których przewożeni są pasażerowie oraz wielotonowe ładunki towarowe.

1. Posiadane przez Instytut Lotnictwa Mobilne Stanowisko Prób Dynamicznych (MSPD) jest unikalnym urządzeniem w Polsce spełniających wymogi instytucji akredytujących.
2. Wykonywane badania szyb czołowych spełniają standardy europejskie w pełnym zakresie.
3. Możliwości MSPD pozwalają na testowanie wszelkiego rodzaju powierzchni czołowych, nie tylko szklanych. Przeprowadzono także badania na przebicie płyt kompozytowych i osłon metalowych.
4. Działo pneumatyczne pozwala rozpędzać do wymaganej prędkości różne substancje – tkankę mięsną, bryły lodu, minerały o różnej granulacji i pociski testowe.
5. Duży zakres uzyskiwanych prędkości i energii uderzenia masami o różnej gęstości pozwala na uniwersalność prowadzonych badań.

Rozwój cywilizacyjny a z nim powstawanie coraz lepszych i szybszych pojazdów szynowych, w tym autobusów kursujących na

małych odległościach w aglomeracjach miejskich, wymusza na naukowcach i badaczach pracę nad skutecznymi metodami podniesienia bezpieczeństwa użytkowania tych środków transportu [7]. Instytut Lotnictwa w Warszawie, jako jednostka badawcza posiada niezbędne kwalifikacje i akredytowane laboratoria do przeprowadzania różnorodnych testów zwiększających bezpieczeństwo środków transportu. Jednym z nich jest Mobilne Stanowisko Prób Dynamicznych [9].

W ramach projektu badawczego realizowanego w Instytucie Lotnictwa zatytułowanego: „Metody badawcze oraz system do badania odporności na zderzenie elementów konstrukcji samolotów i pojazdów lądowych służące ocenie bezpieczeństwa pasażerów” wykonano i zainstalowano w laboratorium stacjonarne działło pneumatyczne wraz z oprzyrządowaniem pomiarowo-kontrolnym. Działło o kalibrze 250 mm, pozwala na wykonanie prób uderzenia pociskami w różnej postaci (żel, ciało stałe) o masie do 17 kg miotanymi z prędkością do 310 m/s (1120 km/h). Możliwość zaprogramowania i regulacji ciśnienia czynnika roboczego w zbiornikach ciśnieniowych pozwala na wykonanie testu z określoną energią (prędkością uderzenia przy ustalonej masie).

Oprzyrządowanie pomiarowe składa się z systemu do rejestracji odkształceń badanej konstrukcji w momencie uderzenia oraz systemu wizyjnego rejestrującego obraz zdarzenia składającego się z kamery szybkiej.

Opracowano również procedury badawcze, zgodnie, z którymi mogą być wykonywane badania dla obiektów rzeczywistych. Dotychczas wykonane badania udowodniły przydatność stanowiska do testów zderzeniowych elementów różnych konstrukcji takich jak samoloty, szybkie koleje, z obiektami typu ptak (zastąpiony pociskiem żelowym o podobnej masie i konsystencji) lub ciało stałe. Rozwój procedur badawczych powinien zapewnić precyzyjne badanie uszkodzenia konstrukcji po zderzeniu z ciałem obcym [7,9].

## BIBLIOGRAFIA

1. Leaflet 651 Layout of driver's cabs in locomotives, railcars, multiple-unit trains and driving trailers. [Obligatory and Recommended] 4th edition, July 2002 – Translation List of recent publications 3-2002 (1/08/2002) ISBN :2-7461-0479-2 41p.
2. British Railway Board – Group Standard GM/TT0122.
3. Wykonanie i schemat bramki laserowej pomiaru prędkości w Stanowisku Prób Dynamicznych – BD.21095.01-04; Instytut Lotnictwa 2007 rok.
4. Zwiększenie niezawodności i rejestracja wielotorowa pomiaru prędkości na Stanowisku Prób Dynamicznych – BD/09/S/05; Instytut Lotnictwa 2005 rok.
5. Badania dynamiczne szyby czołowej do pociągu 19WE zgodnie z wytycznymi karty UIC – 651- CNY/BD/08; Instytut Lotnictwa 2008 rok.
6. Próba zderzenia z ptakiem szyby płaskiej w kabinie pilotów samolotu PZL M28-051 / BD / 2005
7. Wiśniowski W., „Specjalizacje Instytutu Lotnictwa. Przegląd i wnioski”. Transaction of the Institute of Aviation. Nr 235 (2). pp. 7–16. 2014
8. Szafran K., Badania dynamiczne szyby czołowej do autobusów szynowych typu 210, 211 i 212M, BP. 7028.01- 2003 rok.
9. Szafran K., Bezpieczeństwo operatora pojazdu trakcyjnego – stanowisko prób dynamicznych, „Logistyka” 2014, nr 6.

### Rail bus - tests for perforation glass front

*The article discussed the problem of testing the windscreen of the bus rail intended for rail transport people in urban areas and suburban railway traffic. These vehicles are composed of several self-propelled cars that perform rides on small distances between stops. Forehead bus is exposed to the impact of external objects, eg. parts of the construction of viaducts, escaping materials from wagons moving in the opposite direction on an adjacent track and hooligan antics. Author at work wants to acquaint the interested reader with the procedure testing puncture windshield. Mobile post dynamic test at the Institute of Aviation allows you to conduct verification testing at the manufacturer. It presents the standards of the European Union for the safety of use of rail buses. Procedures for testing windows puncture made by the research team are based on the requirements of UIC. Particular attention was paid to the aspects of accurate, reliable and repeatable measurement speed missile test her grappling with working air. At the end of a set of recommendations and conclusions on the safety test with a mobile station the dynamic test.*

Autor:

dr hab. inż. **Krzysztof Szafran** – Instytut Lotnictwa w Warszawie, [krzysztof.szafran@ilot.edu.pl](mailto:krzysztof.szafran@ilot.edu.pl)