

Zastosowanie pierwszego polskiego symulatora tramwaju w procesie szkoleń i badań naukowych

Maciej GÓROWSKI¹, Tomasz OZON²

Streszczenie

W artykule przedstawiono założenia oraz budowę pierwszego polskiego symulatora tramwaju. Opisano zastosowanie rozwiązania technicznego umożliwiającego wykorzystanie urządzenia do prowadzenia szkoleń i badań naukowych. Wierne odwzorowanie kabiny i stanowiska sterowniczego rzeczywistego tramwaju oraz odpowiednie oprogramowanie komputerowe, zapewnia realistyczne odczucia występujące podczas jazdy prawdziwym tramwajem. Zaletą stosowania takich urządzeń w procesie szkolenia jest możliwość symulowania różnego rodzaju zdarzeń i zjawisk, które w warunkach rzeczywistych są trudne do uzyskania i mogą zagrażać bezpieczeństwu.

Słowa kluczowe: symulator, tramwaj, szkolenia

1. Główne założenia i opis projektu

Przeprowadzona w 2006 roku analiza rynku symulatorów wykazała, że w Polsce żaden ośrodek szkolenia, ani krajowe przedsiębiorstwo eksploatujące tramwaje nie dysponuje symulatorem dla tego typu pojazdu szynowego. W Europie Zachodniej ośrodki szkoleniowe przewoźników tramwajowych z powodzeniem korzystają z symulatorów. Jednym z przykładów jest takie urządzenie eksploatowane w Stuttgarter Straßenbahnen AG, czyli przedsiębiorstwie komunikacji tramwajowej w Stuttgarcie. W trzykondygnacyjnym budynku mieści się kabina symulatora zbudowana na ruchomej platformie odzwierciedlającej dynamikę jazdy pojazdu szynowego. Do kabiny przechodzi się przez odwzorowany fragment przedziału pasażerskiego rzeczywistego tramwaju z drzwiami odskokowo-przesuwnymi i odwzorowanymi peronami. To interesujące rozwiązanie pozwala dodatkowo na przygotowanie przyszłych motorniczych do obsługi osób niepełnosprawnych. Na piętrze budynku znajdują się pomieszczenia szkoleniowe, gdzie na monitorach grupa osób może obserwować szkolenie w symulatorze. Na parterze, znajdują się pomieszczenia techniczne z komputerami sterującymi pracą symulatora.

W 2006 roku, w Polsce, do szkolenia prowadzących pojazdy mechaniczne, wykorzystywano symulatory pojazdów drogowych i kolejowych. Z tego

powodu autorzy podjęli decyzję o skonstruowaniu takiego pierwszego urządzenia w Polsce na potrzeby trakcji tramwajowej. Pierwszym polskim przewoźnikiem tramwajowym, który zdecydował się na zakup symulatora do szkolenia motorniczych były Tramwaje Warszawskie, które od 2015 roku używają symulator, jednak tylko w wersji pulpitu, bez odwzorowania kabiny i bez symulacji dynamiki jazdy.

W niniejszym artykule omówiono symulator odzwierciedlający kabinę tramwaju typu NGT6 firmy Bombardier. Tramwaje te są obecnie eksploatowane w Krakowie i Gdańsku. Symulator znajduje się w Instytucie Pojazdów Szynowych Politechniki Krakowskiej i jest tworzony we współpracy z Grupą „Polskie Symulatory” oraz Miejskim Przedsiębiorstwem Komunikacyjnym S.A. w Krakowie.

Podstawową zaletą stosowania symulatorów w procesie szkolenia jest przede wszystkim bezpieczeństwo. Kursant nie porusza się rzeczywistym pojazdem w ruchu drogowym tylko w sferze wirtualnej, która odzwierciedla rzeczywiste zachowania pojazdu i uczucie kierowania nim. Bardzo ważnym atutem profesjonalnych symulatorów szkoleniowych jest sposobność symulowania niebezpiecznych zdarzeń, które nie są możliwe do przetestowania w rzeczywistości, gdyż wiązałyby się z zagrożeniem bezpieczeństwa. Z tego powodu na symulatorze można nauczyć kursanta prawidłowych zachowań oraz wyczuć go

¹ Mgr; Politechnika Krakowska, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów Szynowych; e-mail: maciej.gorowski@mech.pk.edu.pl.

² Mgr inż.; Grupa „Polskie Symulatory”; e-mail: kontakt@polskiesymulatory.eu.

na wdrożenie odpowiednich reakcji w niebezpiecznych sytuacjach bez narażania kogokolwiek na realne zagrożenie. Funkcje związane z realizacją scenariuszy jazdy ze zdarzeniami nietypowymi, takimi jak, np. awarie, uszkodzenia, dziwne zachowania lub sytuacjami zagrażającymi bezpieczeństwu, jak np. złe warunki atmosferyczne, łamanie przepisów, niebezpieczne manewry, są jednymi z kluczowych wymagań stawianych nowoczesnym symulatorom, gdyż pozwalają ukształtować prawidłowe zachowanie i reakcje kierujących pojazdami [6, 8]. Nigdy jednak symulator nie zapewni stuprocentowych odczuć rzeczywistego obiektu, gdyż zawsze pozostaje świadomość poruszania się w wirtualnym świecie, w którym nic nikomu nie może się stać.

Pracownicy ośrodka w Stuttgarcie podkreślili zalety ćwiczeń na symulatorze zwłaszcza w sytuacjach nietypowych i niebezpiecznych. W szkoleniach przez nich prowadzonych przeznaczają się 40% czasu na jazdy wirtualne, a 60% na jazdy rzeczywistym tramwajem, gdyż z samego szkolenia, nawet na najbardziej zaawansowanym technicznie symulatorze, kursant nie zdobędzie odpowiednich i potrzebnych umiejętności wymaganych do prowadzenia pojazdów w ruchu miejskim.

Symulatory są więc przydatnym uzupełnieniem procesu szkolenia szczególnie w pierwszym etapie kursu na uprawnienia do prowadzenia pojazdów, a po ich uzyskaniu, pozwalają na doskonalenie techniki jazdy podczas kursów okresowych.

Za używaniem symulatorów przemawiają również niższe koszty eksploatacji w stosunku do kosztów szkolenia z wykorzystaniem rzeczywistych pojazdów w realnym ruchu drogowym.

Wierne odzwierciedlenie w symulatorze rzeczywistych warunków pracy motorniczego wymaga wybudowania stanowiska sterowniczego zgodnego z rzeczywistym rozwiązaniem w danym typie pojazdu. Stanowisko takie współpracuje ze specjalnie opracowanymi specjalistycznymi programami komputerowymi, które symulują rzeczywiste warunki jazdy, czyli tzw. projekcję scenerii (obrazu otoczenia), działania urządzeń tramwaju i interfejsy odpowiedzialne za wdrażanie scenariuszy zdarzeń specjalnych i usterek. W symulacji nie można pominąć realistycznego odzwierciedlenia dźwięków, które towarzyszą prowadzącemu podczas przebywania w kabinie. Im większy realizm rozwiązań zastosowanych w symulatorze, tym jest lepsze odczucie, że jazda odbywa się w rzeczywistym pojeździe.

Najnowocześniejsze symulatory odzwierciedlają również dynamikę jazdy przez zastosowanie kabiny opartej na ruchomej platformie. Odpowiednimi ruchami siłowników platformy według aktualnych parametrów jazdy, steruje oprogramowanie komputerowe współpracujące z programem symulacji jazdy.

Symulatory najniższej klasy są najczęściej uproszczonymi pulpitemi sterowniczymi. Brak kompletnej zabudowy w takich symulatorach powoduje, że kursant nie ma poczucia, że znajduje się w zamkniętej przestrzeni. Również inaczej odbiera bodźce wizualne i dźwiękowe, co wpływa na znacznie niższy poziom realizmu. Symulator opisany w artykule, należący do średniej, lecz popularnej klasy urządzeń, w pełni odzwierciedla kabinę sterowniczą tramwaju z jej wyposażeniem wewnętrznym i zewnętrznym jednak bez symulacji dynamiki jazdy.

2. Opis budowy symulatora i dodatkowego wyposażenia

W skład omawianego w artykule symulatora tramwaju wchodzi trzy główne zespoły. Pierwszy z nich, to kabina tramwaju wykonana na wzór oryginalnej. Elementy jej wyposażenia, w tym przede wszystkim elementy stanowiska sterowniczego, działają w sposób analogiczny do rzeczywistych. W kabinie znajdują się odpowiednio rozmieszczone elementy nagłośnienia, które oddają realne dźwięki otoczenia. W celu dodatkowego zwiększenia realizmu, w kabinie umieszczono urządzenia emitujące dźwięki z tych samych kierunków, co w rzeczywistym tramwaju. Dotyczy to dźwięków takich podzespołów, jak np. dzwonek zewnętrzny, aktywacja czuwaka pasywnego, kompresory piasecznic, pompka spryskiwacza, zespoły napędowe, przetwornice trakcyjne (falowniki). Twórcy symulatora nie zapomnieli również o układzie wentylacji (nadmuch sufitowy i nadmuchiwanie na strefę nóg), który przez analogiczne działanie jak w rzeczywistości dodatkowo wpływa na wierne odzwierciedlenie warunków pracy motorniczego w tramwaju NGT6. W kabinie działa również oświetlenie wewnętrzne i zewnętrzne z funkcją czujnika światła. Na rysunku 1 pokazano wnętrze kabiny symulatora tramwaju NGT6 oraz rzeczywistej kabiny tramwaju tego typu.

Drugą część symulatora stanowi zespół ekranów i projektorów układu projekcji scenerii jazdy. Układ ten odpowiada za wizualizację scenerii otoczenia [4], czyli tego, co widzi przez szyby prowadzący w kabinie. Widok scenerii z wnętrza kabiny pokazano na rysunku 2.

Do zarządzania procesem szkolenia na symulatorze służy bardzo ważna trzecia jego składowa, czyli stanowisko instruktorskie. Jest ono wyposażone w sprzęt, który daje możliwość wdrażania scenariuszy szkoleniowych oraz umożliwia pełny nadzór nad przebiegiem szkolenia bez konieczności przebywania instruktora w kabinie symulatora. Programy instruktorskie [3] zainstalowane na komputerach tego stanowiska, umożliwiają zarządzanie aktualną sytuacją

a)



b)



Rys. 1. Wnętrze kabiny: a) symulatora, b) rzeczywistej kabiny tramwaju [fot. M. Górowski]

ruchową na obszarze miasta, zmianę pory dnia lub warunków atmosferycznych.



Rys. 2. Widok projekcji scenarii z wnętrza kabiny [fot. M. Górowski]

Programy te umożliwiają również symulowanie usterek, zakłóceń infrastruktury, jak również nieprawidłowości w działaniu wybranych podzespołów i układów samego tramwaju. Instruktor ma również do dyspozycji urządzenie łączności dyspozytorskiej będące odpowiednikiem rzeczywistego radiotelefonu. Zapewnia ono dwukierunkową łączność z kabiną symulatora w trybach komunikatów związanych z procesem szkolenia, jak również w trybie odzwierciedlenia pracy rzeczywistego radiotelefonu. Dzięki kamerom cyfrowym zainstalowanym w kabinie symulatora, instruktor ma na swoim stanowisku podgląd aktualnej sytuacji i zachowań kursanta w czasie rzeczywistym. Obrazy z kamer są rejestrowane i dzięki temu po szkoleniu instruktor może omówić cały przejazd z osobą szkoloną. Na rysunku 3 pokazano stanowisko instruktora.



Rys. 3. Stanowisko instruktora [fot. M. Górowski]

W przypadku, gdy w szkoleniu bierze udział więcej niż jedna osoba, obok stanowiska symulatora tramwaju zamontowany jest monitor, na którym jest wyświetlany obraz z kamer kabinowych (rys. 4). Dzięki temu rozwiązaniu kursanci mogą obserwować przebieg jazdy w symulatorze bez przebywania w kabinie, a więc bez ingerencji w przestrzeń osoby prowadzącej tramwaj.



Rys. 4. Monitor 42" z widokiem obrazu z jednej z kamer zainstalowanych w kabinie [fot. M. Górowski]

3. Szkolenia i badania naukowe z użyciem symulatora

Skonstruowany w Krakowie symulator tramwaju NGT6 jest przygotowany do prowadzenia wstępnych szkoleń dla kandydatów na motorniczych, jak również do prowadzenia kursów doskonalących z zakresu, np. techniki jazdy lub jazdy w sytuacjach stresogennych. Zastosowane w nim rozwiązania techniczne i funkcjonalne umożliwiają instruktorowi wskazywanie prawidłowych zachowań i reakcji prowadzącym pojazdy.

W Instytucie Pojazdów Szynowych Politechniki Krakowskiej symulator jest wykorzystywany przede wszystkim do celów dydaktyczno-naukowych. Na potrzeby analiz naukowych umożliwia badanie zachowań w różnych warunkach ruchowych osób o różnych cechach psychofizycznych. Przykładowo można sprawdzić sposób prowadzenia symulatora i czas reakcji prowadzącego w zależności od zmęczenia organizmu, pory dnia i nocy, dekoncentracji lub sytuacji generujących stres. Takie badania mogą być także realizowane z zasymulowaniem różnych warunków pogodowych, intensywnego ruchu ulicznego, nietypowych zachowań występujących na obszarze miasta. Trzeba mieć na uwadze, że prowadzenie tramwaju zalicza się do grupy prac monotonnych, co ma duże znaczenie z punktu widzenia osłabiania koncentracji i pomyłek. Wspomniane pomyłki mogą być również spowodowane zastosowaniem w kabinach nieprawidłowo dobranego lub rozmieszczonego wyposażenia sterująco-kontrolnego, o czym będzie mowa w kolejnym rozdziale.

W badaniach naukowych symulator może więc mieć zastosowanie w dziedzinach związanych z psychologią transportu, medycyną pracy lub ergonomią. W procesie dydaktycznym z użyciem symulatora są prowadzone zajęcia praktyczne na kierunku „Transport” z przedmiotów związanych z: projektowaniem, budową i eksploatacją pojazdów szynowych oraz inżynierią ruchu lub ergonomią. Zastosowanie tego urządzenia w dydaktyce powoduje zwiększenie atrakcyjności zajęć laboratoryjnych. Symulator jest dla studentów praktycznym uzupełnieniem wiedzy teoretycznej przekazywanej podczas wykładów.

Dzięki realistycznemu oprogramowaniu symulacji jazdy [3, 5] szkolone osoby mogą zapoznać się z zasadami prowadzenia tramwaju i zwrócić szczególną uwagę na obowiązujące go przepisy oraz sytuacje, z którymi motorniczy może spotkać się podczas jazdy. Nie bez znaczenia jest zwrócenie uwagi na odpowiedzialność motorniczego za przewożonych pasażerów i ogólnie bezpieczeństwo jazdy przy jednoczesnym przestrzeganiu w miarę możliwości rozkładu jazdy. Podczas kursów na symulatorze prowadzący poznaje także budowę i działanie elementów infrastruktury.

Dojeżdżając do skrzyżowania musi odpowiednio wcześniej wybrać kierunek jazdy przez system sterowania zwrotnicami, zaobserwować wskazanie sygnalizatora zwrotnicowego oraz sprawdzić prawidłowe położenie iglic zwrotnicy, w tym ich tzw. doleganie. Na sieci trakcyjnej prowadzący musi zwrócić uwagę na izolatory sekcyjne, czyli miejsca gdzie następuje oddzielenie poszczególnych odcinków zasilania sieci. Przejazd przez taki izolowany odcinek powinien odbywać się na tzw. wybiegu (czyli z wyłączonym napędem). Zatrzymanie się odbierakiem prądu na izolatorze powoduje zanik zasilania tramwaju i brak możliwości ruszenia. Podczas jazdy nie bez znaczenia jest również zachowanie odpowiedniej prędkości zgodnej z przepisami oraz dopuszczalnej, np. ze względu na stan infrastruktury, aby nie doprowadzić do wykołowania tramwaju. Sceneria wyświetlana na ekranach projekcyjnych odzwierciedla również oznakowanie i sygnalizację świetlną stosowaną w miastach obowiązującą wszystkie pojazdy, jak również sygnalizatory i znaki przeznaczone tylko dla tramwajów. Instruktor ma bezpośredni wpływ na działanie sygnalizacji – zmianę cykli lub jej wyłączenie, co wymusza dostosowanie jazdy do znaków pionowych. Oprogramowanie symulacji uwzględnia oczywiście również ruch innych pojazdów i pieszych. Zarówno pojazdy, jak i piesi, nie zawsze przemieszczają się zgodnie z zasadami i wymogami bezpieczeństwa.

Podczas symulacji, za pomocą interfejsów programów komputerowych, instruktor może wywoływać pojedyncze zdarzenia lub ustalać scenariusze zdarzeń w ramach przestrzeni miejskiej. Symulacje zdarzeń mogą również włączać się losowo.

Jednym z modułów oprogramowania symulacji jazdy jest moduł usterek pojazdu. To ważny element umożliwiający zasymulowanie nieprawidłowości w działaniu tramwaju. Ponieważ opisywany symulator odpowiada konkretnemu typowi pojazdu, są w nim zaprogramowane awarie i zakłócenia jego dotyczące i najczęściej występujące właśnie w tramwajach typu NGT6. Najpoważniejszą usterką jest symulacja awarii hamulców elektrohydraulicznych. W najtrudniejszym scenariuszu należy odłączyć hamulce ręcznie za pomocą ręcznej pompy hydraulicznej, umieszczonej jak w rzeczywistości w prawej podporze pulpitu. Odłączanie hamulców należy wykonać z zachowaniem odpowiedniej procedury (bezpieczniki, załączenie trybu zakłócenia itp.). W tym przypadku, poza zapoznaniem się z procesem awaryjnego odhamowania, podczas jazdy kursant może doświadczyć zachowania tramwaju z niedziałającymi hamulcami postojowymi, czyli stacjana się tramwaju na pochyłości. Innego rodzaju usterki to, np. awaria napędu i załączenie trybu jazdy awaryjnej lub zakłócenia dotyczące drzwi lub wentylacji i ogrzewania. Na rysunku 5 pokazano interfejs instruktora z zakładką modułu usterek tramwaju.



Rys. 5. Interfejs programu instruktora – zakładka z modulem usterek tramwaju [fot. M. Górski]

Kabina symulatora ma niezależne oprogramowanie, które odpowiada za odpowiednią pracę jej wyposażenia tak, aby każdy manipulator, przycisk, wyświetlacz, wskaźnik lub lampka działały analogicznie jak w rzeczywistym tramwaju. Dzięki temu kursant może zapoznać się z działaniem poszczególnych funkcji bez konieczności wsiadania od razu do prawdziwego pojazdu. Jest to bardzo przydatne w przygotowaniu kandydatów do jazdy rzeczywistym tramwajem. W symulatorze mogą poznać funkcję i działanie każdego elementu na pulpicie i w kabinie, w tym przykładowych zależności funkcyjnych, takich jak np., że nie da się podnieść odbieraka prądu przy przełączniku trybu ustawionym w pozycji 0, odłączyć hamulca postojowego bez aktywacji czuwaka lub włączyć na stałe światła drogowych przy opuszczonym odbieraku prądu. Oczywiście są to tylko przykłady, gdyż wymienione funkcje w symulatorze działają tak, jak w rzeczywistym pojeździe.

Podczas kursu prowadzenia tramwaju, gdy szkolona osoba najczęściej nie ma wiedzy na temat budowy i eksploatacji tramwajów, symulator jest narzędziem, które pozwala zapoznać się z podstawowymi zasadami obsługi i jazdy. Kursant może ćwiczyć bez narażania kogokolwiek na niebezpieczeństwo, nawet bez obecności instruktora, np. pierwsze ruchy nastawnikiem jazdy, nawyk prawidłowej aktywacji czuwaka, otwieranie drzwi do kabiny dopiero po całkowitym zatrzymaniu tramwaju, gdyż ich otwarcie podczas jazdy natychmiast uruchamia nagłe hamowanie.

Na jazdę motorniczego, jak i każdego innego uczestnika ruchu drogowego zasadniczy wpływ mają warunki atmosferyczne oraz pora dnia. W opisywanym symulatorze również te parametry są zdefiniowane przez oprogramowanie komputerowe. Przykładem może być jazda w gęstej mgłę. Instruktor może zdefiniować stopień zamglenia i zaprogramować takie warunki prowadzącemu, po czym sprawdzić jego zachowanie: prędkość jazdy, włączenie (lub nie) światła przeciwmgielnych tylnych, gdy mgła ogranicza widoczność do 50 metrów. Jazda podczas deszczu, nocą

przy wyłączonym oświetleniu ulicznym lub w porze zimowej – są to inne przykładowe warunki możliwe do zasymulowania.

Podczas szkolenia można przeanalizować zachowanie kursanta – jego reakcje na bodźce w różnych warunkach ruchowych i psychofizycznych. Instruktor na stanowisku instruktorskim może się wcielić w rolę pasażera i za pomocą ikonek w oprogramowaniu emitować w symulatorze odgłosy pasażerów, które rozpraszają uwagę motorniczego, np. chęć zakupu biletu, zapytanie o trasę, awanturującego się pasażera albo wręcz odgłosy bójki pomiędzy pasażerami. W takich sytuacjach można zweryfikować koncentrację prowadzącego pojazd. Przykładowo, gdy instruktor zaobserwuje, że prowadzący jest rozkojarzony, może wywołać sytuację niebezpieczną i tym samym sprawdzić reakcję prowadzącego. Instruktor również może jako pasażer naciskać przyciski indywidualnego otwierania drzwi, przycisk alarmu lub też zaciągnąć hamulec bezpieczeństwa pasażerski – w tej ostatniej sytuacji zatrzymać tramwaj, np. na środku skrzyżowania bez uzasadnienia. Dzięki temu można sprawdzić, czy motorniczy posłuży się funkcją mostkowania hamulca bezpieczeństwa i zjedzie ze skrzyżowania, czy w stresie będzie wyjaśniał temat, blokując ruchliwy węzeł komunikacyjny. Tu widać w jak prosty sposób można zweryfikować w praktyce, np. wiedzę teoretyczną przekazywaną podczas wykładów szkoleniowych, bez konieczności paraliżowania ruchu. Oczywiście, opisaną funkcję można pokazać kursantowi na wydzielonym odcinku torów bez pewności, czy zapadnie ona jemu w pamięci, tak jak podczas symulacji.

Istotne jest również korzystanie z symulatora przez innych użytkowników ruchu miejskiego (kierowcy, piesi, rowerzyści itp.). Mają oni w takim przypadku możliwość zapoznania się ze specyfiką pracy motorniczego i aspektami odpowiedniego zachowania się wobec tramwaju w celu zapewnienia bezpieczeństwa w ruchu miejskim. Wiele osób nie będących zawodowymi kierowcami wyobraża sobie, że tramwaj „sam jedzie po szynach”. Po przeszkoleniu na symulatorze w Politechnice Krakowskiej osoby te były zaskoczone choćby długością drogi hamowania tramwaju, czy też mnogością czynności, które motorniczy musi wykonywać podczas jazdy. Autorzy niniejszego artykułu zalecają, aby na takich symulatorach trenować każdego kandydata na kierowcę.

Wyróżnikiem krakowskiego symulatora jest realistyczne odzwierciedlenie wnętrza kabiny i jej zewnętrznego wyglądu (rys. 6).

Dzięki realnemu wyglądowi zewnętrznemu kabiny, można zademonstrować działanie oświetlenia zewnętrznego – pokazać, w jakich konfiguracjach pracują światła zewnętrzne. Ponieważ „Bombardier” są wyposażone w czujnik zmierzchowy oświetlenia, takie samo rozwiązanie wdrożono w kabinie symu-

latora – wbudowano taki czujnik dodatkowo współpracujący z programem symulacji, dostosowując tym samym działanie oświetlenia do wybranej scenarii (dzień, noc, jazda w tunelu itp.). Przykładowo, gdy symulowanym tramwajem wjedziemy do odzwierciedlonego w scenarii miasta tunelu szybkiego tramwaju, nastąpi automatyczne włączenie światła mijania i oświetlenia przestrzeni pasażerskiej.



Rys. 6 Widok ogólny stanowiska symulatora [fot. M. Górowski]

Dzięki zastosowaniu kilku kamer rejestrujących obraz w kabinie (rys. 7) jest możliwe odtworzenie przejazdu oraz omówienie go z kursantem. Wszystkie kamery pracują synchronicznie. Jedna z kamer pokazuje ogólny widok z kabiny z aktualną sytuacją ruchową przed pojazdem. Druga kamera, ustawiona nad pulpitem, pokazuje pozycję ciała prowadzącego (ustawienie nóg, tułowia i rąk). Trzecia kamera ustawiona za plecami prowadzącego, pokazuje aktualny stan lampek i wskaźników na pulpicie. Czwarta kamera jest skierowana na twarz i lewą rękę prowadzącego. Dzięki niej widać pozycję wzroku, głowy, ciała oraz położenie ręki na nastawniku jazdy.

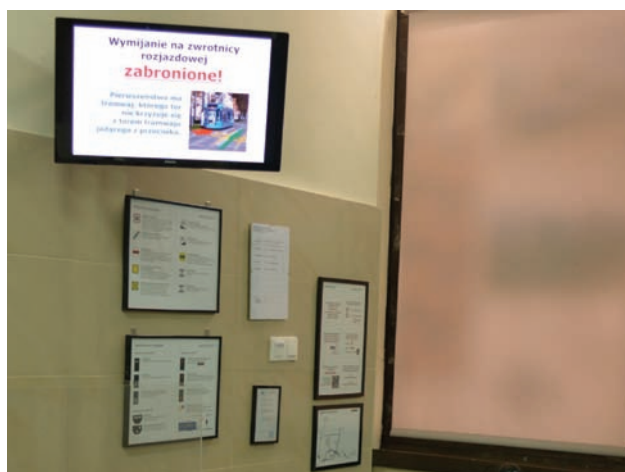


Rys. 7. Obraz z kamer kabinowych na ekranie stanowiska instruktora [fot. M. Górowski]

Po zakończeniu jazdy na symulatorze można przeanalizować nagranie i omówić nieprawidłowości takie

jak, np. brak obserwacji drzwi w lusterku, nie spojrzenie w lusterko po zamknięciu drzwi, brak odpowiedniej obserwacji skrzyżowania, odrywanie wzroku na zdarzenia poboczne. Ponieważ instruktor nie musi przebywać podczas jazdy w kabinie, podgląd na monitorze obrazów z kamer umożliwia również symulowanie sytuacji niebezpiecznych na przykład w momencie zauważenia, że prowadzący traci czujność.

Opisany symulator tramwaju z kabiną i stanowiskiem instruktorskim jest wspomagany zestawem narzędzi dydaktycznych uzupełniających proces szkolenia w zakresie budowy tramwajów, przepisów ruchu drogowego oraz organizacji pracy przewoźowej. Obok kabiny symulatora mieści się stanowisko dyspozytorskie (rys. 8), na monitorze którego są wyświetlane filmy instruktażowe dotyczące przepisów i zasad jazdy tramwajami.



Rys. 8. Monitor wyświetlający informacje o przepisach obowiązujących kierujących tramwaje [fot. M. Górowski]

Inspiracją do stworzenia tego stanowiska wraz z wyświetlaniem materiałów instruktorsko-prezentacyjnych na monitorze, było rozwiązanie zastosowane w Stacjach Obsługi Tramwajów MPK S.A. w Krakowie, gdzie w poczekalni dla motorniczych obok pomieszczeń dyspozytorów znajdują się monitory wyświetlające informacje o przepisach, zasadach jazdy oraz sytuacjach niebezpiecznych, jakie miały miejsce podczas eksploatacji tramwajów w ruchu miejskim.

Oprócz jazdy na symulatorze, kursant jest również zapoznawany z dokumentami, które go obowiązują w rzeczywistej pracy motorniczego, jak np. karta zlecenia pracy i karta drogowa. Podczas jazdy szkoleniowych symulator ma zestaw dokumentów zgodnych ze wzorami dokumentów obowiązujących przy rzeczywistych jazdach szkoleniowych i egzaminacyjnych potwierdzających odbycie kursów. Przykład takiego dokumentu pokazano na rysunku 9.

CZĘŚĆ PRAKTYCZNA:

Nazwisko i imię kursanta:		Nr kursu:	Podpis osoby szkolonej																	
		/	Podpis instruktora																	
Lp.	Tematyka zajęć praktycznych.			W poniższych rubrykach należy zaznaczyć znakiem X zakres prowadzonego w danym dniu szkolenia praktycznego																
1	Przygotowanie się do jazdy.																			
2	Posługiwanie się urządzeniami do sterowania pojazdem podczas jazdy i parkowania.																			
3	Włączanie się do ruchu.																			
4	Respektowanie praw innych uczestników ruchu oraz porozumiewanie się z nimi przy użyciu dopuszczalnych środków.																			
5	Bezpieczne wykonywanie wszelkich manewrów																			
6	Obserwacja drogi i przewidywanie rzeczywistych lub potencjalnych zagrożeń																			
7	Skuteczne reagowanie w sytuacji rzeczywistego zagrożenia w tym hamowanie awaryjne.																			
8	Jazda z prędkością nieutrudniającą ruchu i dostosowaną do aktualnych warunków.																			
9	Jazda z zachowaniem obowiązujących przepisów ruchu drogowego.																			
10	Zachowanie środków ostrożności przy wysiadaniu z pojazdu.																			
				Nr służbowy instruktora																
Dopuszczenie do egzaminu końcowego. Potwierdzam na podstawie odbytego szkolenia praktycznego, że szkolona osoba posiada odpowiednie kwalifikacje do przystąpienia, do praktycznego egzaminu końcowego.				Instruktor:		Data jazdy szkoleniowej														
				Pieczęć i podpis		Liczba godzin														
						Liczba kilometrów														
				Data:		Godzina rozpoczęcia szkolenia														
				Uwagi:		Godzina zakończenia szkolenia														
Kartę wydał:		Data:		Podpis:		Uwagi:														

Rys. 9. Wzór karty szkolenia praktycznego na symulatorze [opracowanie własne]

Na ścianach wokół stanowiska symulatora znajdują się liczne plansze dotyczące budowy tramwajów, infrastruktury oraz przepisów obowiązujących kierujących tramwajem w Polsce. Wybrane plansze pokazano na rysunku 10.

Nadzór nad symulatorem tramwaju NGT6 pełni odpowiednio przeszkoleni pracownicy Instytutu Pojazdów Szynowych z powołanego Zespołu Obsługi

Symulatorów Tramwajowych. Główny Instruktor symulatora ma pozwolenie do prowadzenia tramwajów. Takie uprawnienia, znajomość teorii oraz praktyczne doświadczenie z budowy i prowadzenia tramwajów, w tym również tramwajów typu NGT6, zapewnia profesjonalizmjazd prezentacyjnych i nadzorowanie jazdszkoleniowych.



Rys. 10. Plansze dydaktyczne dotyczące budowy tramwajów i przepisów ruchu [fot. M. Górski]



4. Wykorzystanie symulatora do projektowania kabin sterowniczych

Poza zasadniczym zastosowaniem, jakim są szkolenia prowadzących pojazdy, symulatory mogą być również wykorzystywane do analiz przy projektowaniu stanowisk sterowniczych [1, 7]. Na przykładzie opisanego symulatora tramwaju NGT6 projektanci pojazdów szynowych mogą zweryfikować zastosowane funkcjonalno-ergonomiczne rozwiązania, a ponieważ projektanci rzadko mają uprawnienia do prowadzenia tramwajów, trudno im „na własnej skórze” zweryfikować poprawność rozwiązań projektowych. Nie zawsze przecież opinie motorniczych można uznać za w pełni zasadne, gdyż te osoby przyzwyczajają się do warunków, w których pracują i często bywają nieobiektywni.

Dzięki symulatorowi określonego modelu pojazdu, projektant w bezpieczny sposób może zapoznać się z rozwiązaniami ergonomicznymi, funkcjonalnymi oraz poznać wyposażenie tramwaju i zasadę działania. W symulatorze może prowadzić tramwaj, np. w czasie jednej zmiany i poznać dyskomfort, z którym spotyka się motorniczy oraz stwierdzić, które rozwiązania są poprawne, a które nie. Dzięki takim doświadczeniom oraz uwzględnieniu uwag zawodowych kierujących, przy następnych projektach będzie mógł wyciągnąć odpowiednie wnioski ze swojego projektu lub projektu firmy konkurencyjnej, aby nie powielać niepoprawnych rozwiązań. Chodzi tu na przykład o takie rozwiązania, jak brak dostatecznej przestrzeni na poruszanie się w kabinie, umieszczenie głównego wyposażenia pulpitu poza prawidłowym zasięgiem rąk, jak również szczegóły dotyczące lokalizacji dwóch identycznych manipulatorów o strategicznym znaczeniu usytuowanych obok siebie.

Przykładem może być umieszczenie obok siebie przełączników kierunkowskazów i odbieraka prądu o takim samym wyglądzie, kształcie i funkcjonalności. Przy takim rozmieszczeniu tych manipulatorów, w zmęczeniu i stresie (np. opóźnienie w stosunku do rozkładu jazdy), można łatwo zweryfikować, ile pomyłek wydarzyło się w czasie jednej zmiany (np. zamiast włączenia kierunkowskazów opuszczono pantograf). Podobna sytuacja może zaistnieć przy umieszczeniu obok siebie przycisków dzwonka i hamulca szynowego o identycznym kształcie, kolorze i wyglądzie.

Opisane przykłady pomyłek zaobserwowali inżynierzy u prowadzących podczas jazdy na symulatorze. Trzeba też mieć na uwadze, że w Polsce nie ma norm dotyczących ergonomii stanowisk motorniczych. Projektowane są one z dużą dozą dowolności, co ma bezpośredni wpływ na znaczną liczbę błędów funkcjonalnych będących następstwem braku podstawowej wiedzy z dziedziny projektowania takich przestrzeni sterowniczych.

W tramwaju NGT6, również istnieje kilka opisanych niezgodności, jak np. nie spełnienie relacji „sygnał – reakcja”, gdy przełącznik kierunku jazdy jest ustawiony na jazdę do tyłu, to rękojeść ma ustawioną w prawo. Inną niezgodnością w zakresie grupowania funkcyjnego są na przykład dwa manipulatory do uruchomienia tramwaju ustawione z lewej strony pulpitu, podczas gdy pozostałe znajdują się z prawej strony. Innym niepoprawnym rozwiązaniem z punktu widzenia ergonomii jest uchwyt motorniczego. Na tylnej części tego uchwytu znajdują się dwa identyczne przyciski hamulca szynowego i piasecznicy. Podobnie jak opisano wcześniej, w stanie zmęczenia i rozkojarzenia można pomylić przyciski i zamiast piasecznicy włączyć hamulec szynowy.

Opisane przykładowo wadliwe rozwiązania projektowe powinny być brane pod uwagę podczas projektowania. Zastosowanie symulatora może być pomocą, na które nie zwraca się uwagi uznając je za nieistotne, chociaż mają one duży wpływ na komfort i wygodę obsługi, a w wielu przypadkach również na bezpieczeństwo.

5. Podsumowanie

Symulator NGT6 jest na bieżąco modyfikowany, a kolejne funkcje i symulowane sytuacje lub zdarzenia są kwestią wyobraźni programistów, jak również konstruktywnych uwag przekazywanych z ośrodków szkolenia lub jednostek naukowych oraz instytucji związanych z medycyną pracy, zajmujących się tematyką transportową w tym zagadnieniami psychologii transportu.

Przez dalszy rozwój oprogramowania symulatora jest możliwe implementowanie kolejnych zdarzeń, które występują lub mogą wystąpić w ruchu miejskim podczas jazdy tramwajem. Programy przedstawione w artykule są na bieżąco rozszerzane i modyfikowane w ten sposób, aby realizm symulacji był maksymalnie odzwierciedlony w stosunku do rzeczywistości. Planowana jest również rozbudowa symulatora o układ odzwierciedlenia dynamiki jazdy przez zastosowanie ruchomego fotela.

Opisana w artykule logika działania programów sterujących symulatora jest projektowana tak, aby mogła być dowolnie rozbudowywana i modyfikowana, w tym również w łatwy sposób przystosowywana do symulowania jazdy pojazdami szynowymi innego typu.

Zaletą stosowania symulatorów, poza bezpieczeństwem i możliwością programowania różnych typowych i nietypowych sytuacji i usterek, są także niższe koszty eksploatacji i utrzymania. Dla takiego stanowiska wystarczy przewidzieć odpowiednie pomieszczenie i można z niego korzystać niezależnie od sytuacji jaka panuje w rzeczywistości, np. w ruchu drogowym.

Nie jest też konieczne wyłączanie z ruchu rzeczywistego pojazdu na okres szkolenia oraz kierowanie na trasę kolejnego pojazdu często zakłócającego ruch tramwajów liniowych.

Po przeprowadzeniu szkoleń na symulatorze, wyjazd rzeczywistym tramwajem na trasę miejską jest oczywiście konieczny. Powinno się to odbywać jednak dopiero w zaawansowanej fazie szkolenia, a nie na samym początku, gdy kandydat poznaje podstawowe funkcje obsługi i sterowania jazdą.

Literatura

1. Górowski M., Rogacewicz T.: *Symulator tramwaju – NGT6Kr.*, Technika Transportu Szynowego, 09/2014.
2. Górowski M., Rogacewicz T.: *Systemy komputerowe w pierwszym polskim symulatorze tramwaju*, Logistyka, 06/2014.
3. Górowski M.: *Aspekty bezpieczeństwa przy projektowaniu kabin sterowniczych pojazdów szynowych*, Logistyka, 04/2014.
4. Górowski M.: *Ergonomia w pojazdach szynowych – prawda, czy fikcja?*, Rynek Kolejowy, 6/10.
5. Rogacewicz T.: *Dynamiczna wizualizacja trójwymiarowa środowiska miejskiego w symulacji pojazdów szynowych*, Materiały konferencyjne Diagnostyka Procesów i Systemów 2007, DPS'07.
6. Rogacewicz T.: *Symulator pojazdów szynowych w wirtualnym środowisku miejskim*. TECHNICON; Targi Nauki i Techniki, Gdańsk 2005, ISBN 83-88579-41-X, s. 64.
7. Skalny J.: *Innowacyjne technologie, a szkolenie kierowców*, Transport i Komunikacja, 1/2014.
8. UTK publikuje scenariusze szkoleń na symulatorach. Dostępny na WWW www.utk.gov.pl [dostęp: 20.01.2017].

First Polish Tramsimulator in Terms of Training and Research

Summary

The article presents the assumptions and the construction of the first Polish tram simulator with respect to the applied technical solutions related to the use of equipment for training and research. Fair reflection of the cab and the steering position of an actual tram accompanied by appropriate software, provides realistic sensations occurring while driving a real tram. The advantage of the use of simulators in the training process is the ability to simulate all kinds of events and phenomena, which in real life would be difficult to obtain, and even endanger safety.

Keywords: simulator, tram, training

Использование первого польского тренажера трамвая в процессе обучения и научных исследований

Резюме

В статье представлены предположения и постройка первого польского трамвайного тренажера по отношению к используемым техническим решениям связанным с использованием устройства для обучения и научных исследований. Точное отображение кабины и пульта управления настоящего трамвая и подходящего программирования гарантируют реалистические ощущения выступающие во время поездки на трамвае. Преимуществом использования этого решения в процессе обучения является возможность моделирования разнообразных событий, которые в настоящих условиях явились бы слишком сложными для получения, а даже угрожали бы безопасности.

Ключевые слова: тренажер, трамвай, обучение