

Przenośny symulator suwnicy do wspomaganie szkolenia operatorów suwnic – koncepcja

Mobile simulator of the crane to support trainings of crane operators – a concept

DARIUSZ KALWASIŃSKI*

DOI: <https://doi.org/10.17814/mechanik.2018.7.99>

Prezentowano najważniejsze wytyczne do budowy symulatora suwnicy w wersji przenośnej. Symulator powstanie na bazie laboratoryjnego prototypu opracowanego w CIOP-PIB. W artykule zaprezentowano również założenia do modyfikacji symulatora w aspekcie zgodności z minimalnymi wymaganiami programu szkoleniowego opracowanego przez UDT. Urządzenie umożliwi wspomaganie praktycznego szkolenia operatorów suwnic prowadzonego przez ośrodki szkoleniowe.

SŁOWA KLUCZOWE: symulator przenośny, suwnica, szkolenie z udziałem symulatora

Presented are crucial indications to build a mobile crane simulator. The simulator will be build on the basis of a laboratory version of crane simulator prototype created in CIOP-PIB. The article also presents principles of its modifications concerning its compatibility with minimal requirements of training programme by UDT. The simulator will allow the supported of practical training of crane operators conducted by training centers.

KEYWORDS: mobile simulator, overhead crane, training with use of the simulator

Badania w zakresie wykorzystywania symulatorów w szkoleniach [1–3] wskazują, że jest to coraz bardziej popularny środek dydaktyczny, który nie tylko uatrakcyjnia szkolenie, lecz także skraca jego czas i zmniejsza koszty [4]. Stosowanie symulatorów przyczynia się do szybszego opanowania umiejętności związanych z obsługą maszyn oraz utrwalania wiedzy dotyczącej przyczyn powstawania zdarzeń wypadkowych.

Symulatory są przydatne w trakcie nauki obsługi maszyn stacjonarnych [5, 6], przenośnych [7–9] i mobilnych (w tym do przemieszczania ładunków) [9–11], są również wykorzystywane w różnych dziedzinach życia: w transporcie kolejowym i powietrznym, w rehabilitacji, np. kończyn górnych [12], oraz do prototypowania artykułów codziennego użytku (łódówek, samochodów itp.), jeszcze przed przekazaniem ich do produkcji, lub do projektowania i modyfikacji stanowisk pracy [13].

W artykule przedstawiono najważniejsze wytyczne do budowy symulatora suwnicy w wersji przenośnej oraz założenia do modyfikacji prototypu symulatora suwnicy w wersji laboratoryjnej, opracowanego w CIOP-PIB. Będzie też mógł być stosowany jako urządzenie wspomagające szkolenia praktyczne operatorów suwnic prowadzone przez ośrodki szkoleniowe.

Symulator suwnicy w wersji laboratoryjnej

Modyfikacji zostanie poddany symulator suwnicy w wersji laboratoryjnej opracowany w CIOP-PIB w roku 2013 [3, 11]. Przygotowano go z wykorzystaniem technik rzeczywistości wirtualnej VR, umożliwiających zanurzenie użytkownika w wirtualnym środowisku hali produkcyjno-magazynowej.

Uczestnik zasiada na siedzisku symulatora i po uruchomieniu oprzyrządowania VR przenosi się do wirtualnego środowiska, gdzie pełni rolę wirtualnego operatora suwnicy sterowanej z poziomu kabiny. Zanurzenie jego osoby w środowisku odbywa się poprzez zastosowanie oprzyrządowania VR w postaci gogli, rękawic i systemu śledzenia z sensorami ruchu umieszczonymi na obu dłoniach użytkownika.

System śledzenia pozwala na obserwację położenia sensorów w trójwymiarowej przestrzeni środowiska. Następnie dane te są przetwarzane i przesyłane do jednostki sterującej. W ten sposób użytkownik symulatora może obserwować w czasie rzeczywistym swoje poczynania podczas interaktywnej symulacji procesu obsługi wirtualnej suwnicy. Efekt symulacji jest prezentowany na ekranach gogli VR przed jego oczami.

Sterowanie wirtualną suwnicą odbywa się za pomocą rzeczywistych elementów sterowniczych umieszczonych na dwóch pulpitych zamocowanych do siedziska operatora. Operowanie nimi pozwala na interakcję użytkownika z wirtualnym środowiskiem oraz z wirtualną suwnicą (patrz rysunek).

Użytkownik symulatora może wykonywać typowe zadania sterownicze związane z transportem ładunków przy pomocy wirtualnej suwnicy wyposażonej w elektromagnes lub hak, np.:

- transportowanie długich wiązek metalowych prętów w hali magazynowej do pojazdu ciężarowego znajdującego się w tej hali i umieszczenie ich na skrzyni pojazdu,
- transportowanie pustych koszy z hali magazynowej do wskazanego przez instruktora pola odkładczego usytuowanego przy jednym ze stanowisk pracy,
- podejmowanie koszy zgodnie z sygnałami ręcznymi przekazywanymi przez hakowego.

Podczas symulacji, w dowolnym momencie i czasie realizacji zadań, może dojść do „wypadku”. Zdarzenia takie mogą wynikać z błędu popełnionego przez operatora, w wyniku szybkiej jazdy, brawury w środowisku, przemieszczania ładunków nad stanowiskiem pracy lub nad innymi obiektami itp.; mogą też być inicjowane przez instruktora za pomocą klawiatury. W symulacji przewidziano różnorodne zdarzenia wypadkowe, np. uderzenie ładunkiem w pracowników poruszających się po wirtualnym

* Mgr inż. Dariusz Kalwasiński (dakal@ciop.pl) – Pracownia Technik Rzeczywistości Wirtualnej, Zakład Techniki Bezpieczeństwa, Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy



Wirtualne środowisko generowane w symulatorze suwnicy

środowisku, przygniecenie pracownika spadającym ładunkiem, uderzenie ładunkiem w przeszkodę, w hakowego, w pojazd ciężarowy lub wózek jezdniowy.

Założenia modyfikacji symulatora z wersji laboratoryjnej do przenośnej

Opracowanie założeń do przeprowadzenia modyfikacji laboratoryjnej wersji symulatora suwnicy poprzedzono jego weryfikacją. Weryfikacja miała na celu sprawdzenie możliwości symulatora pod kątem wspomaganie szkoleń praktycznych prowadzonych przez ośrodki szkoleniowe i objęła:

- wyposażenie techniczne symulatora w aspekcie sprawdzenia funkcjonalności rzeczywistych elementów sterowniczych w zakresie operowania wirtualną suwnicą i realizacji zadań obejmujących podejmowanie, odstawianie i transportowanie ładunków oraz stosowanego oprzyrządowania VR, w tym synchronizacji tych urządzeń ze środowiskiem,
- oprogramowanie komputerowe w aspekcie płynności symulacji obsługi wirtualnej suwnicy (tj. poruszających się lub przemieszczających się obiektów w środowisku wirtualnym), płynności obrazu wyświetlanego w goglach VR czy też zdarzeń wypadkowych inicjowanych w wirtualnym środowisku.

Przeprowadzone działania pozwoliły określić, które elementy symulatora mogą zostać wykorzystane do budowy przenośnego symulatora, a które należy poprawić.

Elementy do wykorzystania w przypadku wyposażenia technicznego to:

- siedzisko wraz z aluminiową konstrukcją podtrzymującą oba pulpity sterownicze,
- rękawice VR z możliwością zginania palców.

Natomiast w przypadku oprogramowania komputerowego:

- środowisko wirtualne – zachowane zostaną wymiary hali produkcyjno-magazynowej oraz rozmieszczenie wyposażenia w części produkcyjnej i magazynowej,

- scenariusze związane z przemieszczaniem się środków transportowych (wózków, pojazdu ciężarowego) i pracowników po środowisku wirtualnym,
- scenariusze zadań sterowniczych w zakresie wykonywania typowych czynności związanych z procesem symulacji obsługi wirtualnej suwnicy,
- procedura podejmowania koszy zgodnie z sygnałami ręcznymi wydawanymi przez hakowego.

Modyfikacji zostaną poddane następujące elementy symulatora:

- pulpity sterownicze w zakresie wymiany elementów sterowniczych w celu umożliwienia sterowania wirtualną suwnicą, tak jak to jest w rzeczywistości, np. za pomocą joysticków z potencjometrem i z odpowiednią rękojeścią,
- konstrukcja aluminiowa symulatora w zakresie odpowiedniego rozmieszczenia kamer systemu śledzenia,
- system śledzenia ruchu użytkownika, który będzie zastąpiony systemem przenośnym, pozwalającym na prowadzenie procesu symulacji w ośrodku szkoleniowym,
- oprogramowanie komputerowe obejmujące: środowisko wirtualne w aspekcie zwiększenia realizmu wyświetlanego obrazu i wyeliminowania w nim nieprawidłowości oraz scenariusze zadań sterowniczych, które dodatkowo zostaną uzupełnione o nowe czynności związane z podejmowaniem ładunków za pomocą suwnicy, tj.: transport i odstawianie długich ładunków, nie tylko na pojazd ciężarowy (ta funkcjonalność już jest), ale i na wskazane pola odkładcze w hali produkcyjnej; pobranie pełnego kosza z półwyrobami usytuowanego przy jednym ze stanowisk pracy w hali produkcyjnej i przetransportowanie go na pojazd ciężarowy,
- dokumentacja symulatora w zakresie programu wykorzystania symulatora suwnicy w szkoleniu zgodnie z minimalnymi wymaganiami programowymi UDT oraz instrukcji obsługi.

Wytyczne do budowy symulatora w wersji przenośnej do szkolenia praktycznego

Symulator w wersji przenośnej na potrzeby prowadzenia szkolenia praktycznego powinien spełniać następujące wymagania:

- gabaryty symulatora umożliwiające jego stosowanie w warunkach operacyjnych,
- łatwość montażu w warunkach operacyjnych i demontażu do transportu,
- powtarzalny sposób ustawiania symulatora i jego kalibracji, np. oprzyrządowania VR z przenośnym systemem śledzenia,
- sterowanie wirtualną suwnicą za pomocą elementów sterowniczych umieszczonych na dwóch pulpach sterowniczych, w miarę możliwości przypominających rzeczywiste pulpity stosowane w suwnicach,
- obraz ze środowiska wirtualnego powinien być wyświetlany bezpośrednio na ekranach gogli VR, tuż przed oczami użytkownika,
- obraz z symulacji powinien być wyświetlany na monitorze instruktora lub osoby prowadzącej szkolenie,
- możliwość realizacji programu szkoleniowego opartego na wytycznych zawartych w programach stosowanych przez ośrodki szkoleniowe, opisanego w instrukcji obsługi symulatora w wersji przenośnej.

Ponadto symulator powinien umożliwiać:

- prowadzenie interaktywnej symulacji procesu obsługi suwnicy w zakresie wykonywania typowych czynności podczas podejmowania, transportowania i odstawiania ładunków,
- prowadzenie procesu symulacji zgodnie z wytycznymi programów szkoleniowych stosowanych przez ośrodki szkoleniowe,
- intuicyjne sterowanie wirtualną suwnicą za pomocą jej wirtualnych i rzeczywistych elementów sterowniczych,
- prezentowanie środowiska wirtualnego obejmującego: halę produkcyjno-magazynową otoczoną ścianami (z filarami, oknami, bramami, drzwiami wjazdowymi), z sufitem oraz podłogą z drogami komunikacyjnymi i polami odkładczymi dla ładunków; wyposażenie, akcesoria i inne urządzenia stosowane w procesie produkcyjno-magazynowym (np.: maszyny, urządzenia, stoły, szafki, skrzynie, narzędzia, pojazdy, wózki transportowe); animowane wydarzenia (np. przemieszczanie się wózków jezdniowych z ładunkami, ruch pracowników – na stanowiskach pracy lub idących wzdłuż wyznaczonych dróg – oraz animację hakowego prezentującego ręczne znaki sygnalizacyjne); interaktywną wirtualną suwnicę z kabiną operatora (zgodną z rzeczywistym wyglądem wnętrza kabiny pod względem kształtu, koloru, wysokości, rozmieszczenia siedziska i elementów sterowniczych),
- inicjowanie, w określonych warunkach, sytuacji niebezpiecznych, prowadzących do zdarzeń wypadkowych, według starych i nowych zaleceń,
- prowadzenie nadzoru nad przebiegiem procesu symulacji przez instruktora lub osobę szkolącą z poziomu klawiatury w celu: wskazania użytkownikowi symulatora odpowiedniego ładunku (kosza lub wiązki prętów) do przetransportowania do miejsca docelowego; wskazania miejsca docelowego dostarczenia ładunku (m.in. na: pojazd ciężarowy, pole odkładcze przy stanowisku pracy lub w hali magazynowej); inicjowania sytuacji niebezpiecznych prowadzących do zdarzenia wypadkowego, np. uruchamiania animacji przemieszczania się wózka jezdniowego, pojawiania się awatara pracownika lub wózka na drodze transportowanego przez suwnicę ładunku; podglądu procesu symulacji obsługi wirtualnej suwnicy.

Podsumowanie

Przedstawiono pokrótce najważniejsze założenia modernizacji symulatora w wersji laboratoryjnej i wytyczne do budowy symulatora w wersji przenośnej. Na ich podstawie zostanie zbudowany przenośny symulator suwnicy do wspomagania szkoleń prowadzonych przez firmy lub ośrodki szkoleniowe (do stosowania w warunkach operacyjnych).

Uczestnik szkolenia będzie mógł uczestniczyć w interaktywnym procesie symulacji obsługi wirtualnej suwnicy i wykonywać typowe czynności związane z tym procesem. Pozwoli to również na opanowanie umiejętności w zakresie podejmowania ładunków, operowania nimi w środowisku pracy oraz w precyzji ich odstawiania w miejscu docelowym.

Wykorzystanie symulatora w szkoleniu umożliwi prezentowanie sytuacji niebezpiecznych, zjawisk dynamicznych, takich jak utrata ładunku, uderzenie ładunkiem o przedmioty środowiska pracy lub innych użytkowników dróg komunikacyjnych itp., czego ze względów bezpieczeństwa nie można przeprowadzić w rzeczywistych warunkach.

Publikacja opracowana na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w latach 2017–2019 w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

LITERATURA

1. Juang J.R., Hung W.H., Kang S.Ch. "SimCrane 3D: A crane simulator with kinesthetic and stereoscopic vision". *Advanced Engineering Informatics*. 27 (2013): s. 506–518.
2. Portouli V., Bekiaris E., Boets S., Henriksson P. "Comparative evaluation of training methods in improving drivers' understanding about the functionalities and potential limitations of ADAS". *Proceedings of European Conference on Human Centred Design for Intelligent Transport Systems*, France (2008): s. 217–226.
3. Kalwasiński D. „Praktyczny test symulatora suwnicy w aspekcie symulacji wrażenia dotyku” ("Practical test of overhead crane simulator in the context of the sense of touch simulation"). *Mechanik*. 7 (2014): s. 285–294 [CD].
4. Lozia Z. "Driving simulators as a tool for road traffic safety research". *Conference VIRTSAFE, CIOP-PIB* (2005).
5. Fuhua Lin, Lan Ye, Vincent G. Duffy, Chuan-Jun Su. "Developing virtual environments for industrial training". *Elsevier Information Sciences*. 140 (2002): s. 153–170.
6. Kalwasiński D., Myrcha K. „Środowisko wirtualne dla potrzeb interaktywnej symulacji obsługi tokarki” ("Virtual environment for interactive simulation of lathe operation"). *Mechanik*. 7 (2010): s. 187–194 [CD].
7. A mixed reality chainsaw simulation – (2006) http://i.document.m05.de/?page_id=282.
8. Chambers T.L., Aglawe A., Reiners D., White S., Borst C.W., Bajpayee A. "Real-time simulation for a virtual reality-based MIG welding training system". *Virtual Reality SI: Manufacturing and Construction*. 16 (2012): s. 45–55. DOI 10.1007/s10055-010-0170-x.
9. Ahmad O. "Driving simulation scenario definition based on performance measures". *Driving Simulation Conference*. North America, Orlando, FL, 2005.
10. Huang J-Y. "An omnidirectional stroll-based virtual reality interface and its application on overhead crane training". *IEEE Transactions on Multimedia*. 5, 1 (2003): s. 39–51.
11. Kalwasiński D., Filipek D. „Narzędzie komputerowe do wspomagania szkoleń operatorów suwnic” ("Computer tool to support trainings of overhead crane operators"). *Mechanik*. 7 (2013): s. 297–306.
12. Budziszewski P. „Wykorzystanie rzeczywistości wirtualnej do rehabilitacji kończyn górnych”. *Mechanik*. 7 (2011): s. 65–72.
13. Budziszewski P., Grabowski A., Milanowicz M., Jankowski J. "Workstations for people with disabilities: an example of a virtual reality approach". *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 22, 3 (2016): s. 367–373. ■