

Andrzej Dąbrowski

Wykorzystanie wirtualnego trenera w szkoleniach operatorów przenośnych pilarek łańcuchowych

Materiały informacyjne



Opracowano i wydano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków Ministerstwa Rodziny i Polityki Społecznej.

Zadanie nr 4.SP.08,

pt. *Zastosowanie technologii rzeczywistości wirtualnej do szkolenia operatorów przenośnych pilarek łańcuchowych*

Koordynator Programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Autor – dr inż. Andrzej Dąbrowski

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Fot. na okładce:

© Copyright by Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy
Warszawa 2022

CIOP  **PIB**

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

tel. (48-22) 623 46 50, fax (48-22) 623 36 93, www.ciop.pl

Użytkowanie przenośnych pilarek łańcuchowych i powodowane przez nie zagrożenia

Przenośne pilarki łańcuchowe mogą mieć różny napęd (spalinowy elektryczny – w tym akumulatorowy, pneumatyczny), jednak większość użytkowników wybiera napęd spalinowy. Jest to spowodowane brakiem utrudnień w użytkowaniu wynikających z małej mocy silnika lub konieczności stosowania przewodu łączącego ze źródłem zasilania. W Polsce pilarki łańcuchowe są nadal podstawowymi maszynami do pozyskiwania drewna w leśnictwie ale również są powszechnie stosowane w budownictwie, rolnictwie i pracach przydomowych.

Pomimo wprowadzenia szeregu nowych rozwiązań poprawiających ergonomię i bezpieczeństwo obsługi pilarek łańcuchowych [1], należy jednak zwrócić uwagę na powodowane przez nie istotne zagrożenia (podczas pracy pilarkami zagrożeniem są także ścinane, okrzesywane i przecinane drzewa). Trzymanie w ręku pilarki stwarza możliwość łatwego zetknięcia się poruszającego się i nieosłoniętego narzędzia roboczego (piły łańcuchowej) z ciałem operatora. Jest to nadal maszyna niebezpieczna w użytkowaniu, ze względu na jej duży ciężar i moc (zwłaszcza dotyczy to pilarki spalinowej) powodującą, że napędzane silnikiem ogniwa pił łańcuchowych przemieszczają się zbyt szybko aby operator mógł je dostrzec.

Ma to swoje przełożenie na statystyki wypadków, zarówno krajowych jak i zagranicznych, powstałych podczas użytkowania pilarek łańcuchowych. Wg danych KRUS [2] kolejno w 2020 i 2021 roku zarejestrowano 235 i 259 wypadków podczas użytkowania przenośnych pilarek łańcuchowych co stanowiło odpowiednio 6,2% i 6,1% ogólnej liczby wypadków w rolnictwie. Według danych z USA w tym kraju każdego roku w wypadkach z udziałem pilarek łańcuchowych rannych zostaje ponad 40 000 osób. Zdecydowana większość tych wypadków powoduje makabryczne urazy (np. nóg), ponieważ przeciętne zranienie piłą łańcuchową wymaga założenia 110 szwów [3].

Szkolenia profesjonalnych operatorów przenośnych pilarek łańcuchowych w Polsce

W Polsce szkolenia przeznaczone dla operatorów przenośnych pilarek łańcuchowych z poszczególnych grup użytkowników tych maszyn, różnią się między sobą. Źródłem informacji dla użytkownika-amatora stosującego maszynę w pracach przydomowych może być sprzedawca lub wytyczne w instrukcji obsługi producenta.

Jednak inaczej to wygląda w przypadku operatorów-profesjonalistów. Zgodnie z rozporządzeniem [4] do w pracy w leśnictwie z użyciem pilarki można dopuścić wyłącznie pracowników z ukończonym kursem a zgodnie z rozporządzeniem [5] operatorzy pilarek

w budownictwie powinni także odbyć specjalne przeszkolenie, zakończone uzyskaniem pozytywnego wyniku sprawdzianu. KRUS prowadzi dla rolników jednodniowe szkolenia a zajęcia obejmują: omówienie zasad bezpieczeństwa użytkowania pilarek i pozyskiwania drewna, pokazy cięcia pilarką łańcuchową, przekazanie materiałów prewencyjnych i popularyzatorskich oraz konkursy z nagrodami [6].

Możliwości utrzymania i poprawy efektywności szkoleń operatorów pilarek łańcuchowych

Statystyki wypadków wskazują na konieczność podjęcia skutecznych działań w zakresie edukacji operatorów maszyn, w tym osób posługujących się spalinowymi przenośnymi pilarkami łańcuchowymi. W odniesieniu do profesjonalnych operatorów przenośnych pilarek łańcuchowych w leśnictwie i w budownictwie występuje ustanowiony w prawie obowiązek ich szkoleń. Rolnicy powinni być szkoleni w ramach działań prewencyjnych prowadzonych przez KRUS. Najważniejsze w zakresie szkoleń są zajęcia praktyczne, realizowane w rzeczywistym środowisku pracy. Dlatego nie mogą być one pomijane, np. poprzez wybór trybu zdalnego [7].

Jako uzupełnienie szkoleń praktycznych operatorów pilarek podejmowane są próby i badania zastosowania trenażerów komputerowych wspomagającym szkolenia operatorów przenośnych pilarek łańcuchowych. Dzięki włączeniu ćwiczeń z wykorzystaniem trenażera do szkoleń teoretycznych wykładowcy mogliby zademonstrować uczestnikom zasady bezpieczeństwa pracy pilarką oraz wyrobić w nich i utrwalić odpowiednie nawyki (a także na bieżąco poprawiać błędy bez narażania kogokolwiek na ciężkie urazy, powstające w realnym środowisku pracy). Należy jednak podkreślić, że zajęcia praktyczne pozwalające na poznanie specyfiki pracy pilarką oraz na doskonalenie umiejętności operatorów, nie powinny być ograniczane czasowo poprzez wprowadzanie zajęć z zastosowaniem trenażera.

Próby „wirtualnego” wspomaganie szkoleń operatorów zostały podjęte w kilku krajach. Na zlecenie firmy Dollmar opracowano symulację przecinania kłody drewna [8]. Dokonano tego metodą integracji technologii, takich jak rzeczywistość mieszana, komputerowa wizja i symulacja dotykowa. Wizualizacja składa się z projekcji przedstawiającej na płaskim ekranie fotorealistyczny widok farmy, a na pierwszym planie ekranu znajduje się kozioł do cięcia drewna, na którym znajduje się kłoda drewna sosnowego. W skład zestawu symulacyjnego wchodzi zmodyfikowana pilarka służąca jako urządzenie interakcyjne. Silnik i gaźnik w maszynie usunięto i zastąpiono elektroniką. Czujniki odzwierciedlają pracę przepustnicy i rozrusznika. Silniki wibracyjne zapewniają realistyczną symulację drgań silnika. Przed ekranem znajduje się rura akrylowa zamiast drewnianej kłody. Razem ze

zmodyfikowaną pilarką łańcuchową te dwa obiekty reprezentują symulację dotykania podczas cięcia drewna. Rura akrylowa opada, gdy tylko prowadnica działającej piły łańcuchowej wywiera na nią nacisk i tym samym symuluje opór podczas przecinania kłody. Kamera jednocześnie rozpoznaje diody umieszczone na prowadnicy piły łańcuchowej, śledząc jej położenie. Analogicznie do rzeczywistych ruchów pilarki, gdy tylko prowadnica wywiera nacisk na rurę, a piła łańcuchowa przyspiesza, operator widzi na płaskim ekranie jak przecina wirtualną kłodę, a także latające wióry. Firma Husqvarna opracowała grę komputerową symulującą okrzesywanie drewna, w której gracz trzymając dwa joysticki symulujące uchwyty pilarki widzi na ekranie proces okrzesywania drewna przenośną pilarką łańcuchową [9]. Z dostępnych informacji w tym zakresie najbardziej zaawansowane są przedstawione wyniki prac zrealizowane przez Forestry South Africa (FSA) wraz z Fibre Processing and Manufacturing Sector Education and Training Authority (FP&M Seta) [10,11]. Wykonana aplikacja szkoleniowa do obsługi pilarek łańcuchowych w wirtualnej rzeczywistości wypełnia lukę między „klasą szkolną” a rzeczywistym środowiskiem pracy. Pierwsza generacja tej aplikacji opisywanej w raporcie FSA za 2019 r. została ukończona i obejmuje szkolenia z zakresu ścinki, okrzesywania, przerzynki i ogólnej konserwacji pilarek łańcuchowych. Aplikacja daje szkolącym się możliwość ćwiczenia z pilarką łańcuchową w rękach w całkowicie bezpiecznym środowisku "wirtualnym", a instruktorom pozwala sprawdzić ich kompetencje. Do uruchomienia aplikacji potrzebny jest komputer, zestaw słuchawkowy VR, specjalnie przystosowana pilarka łańcuchowa z czujnikami.

Wykorzystanie możliwości technicznych dostępnego sprzętu komputerowego do budowy trenera przeznaczonego do szkoleń operatorów pilarek łańcuchowych w Polsce

Ze względu na duże ryzyko zawodowe związane z pracą pilarkami łańcuchowymi, zwłaszcza spalinowymi, istotne jest poprawianie efektywności szkoleń ich operatorów bez narażania ich na zagrożenia wynikające z niewiedzy lub nieświadomości. Ćwiczenia z obsługi spalinowych przenośnych pilarek łańcuchowych w środowisku rzeczywistym obejmujące wykonywanie niebezpiecznych operacji pozyskiwania drewna można w odpowiednim zakresie uzupełnić ćwiczeniami w środowisku utworzonym przez trenera oparty na technologii rzeczywistości wirtualnej. Szkolenie wykorzystujące taką metodę umożliwi prowadzenie interaktywnej symulacji procesu pracy spalinową pilarką i zdarzeń wypadkowych występujących przy jej użytkowaniu.

Dlatego w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym opracowano i zbudowano wirtualny trener, przeznaczony do uzupełniania szkoleń praktycznych

drwali w lesie mający przyczynić się do poprawy skuteczności a tym samym bezpieczeństwa ich pracy. Różne scenariusze szkoleń z wykorzystaniem technologii rzeczywistości wirtualnej mogą być więc wykorzystane do kursów prowadzonych przez Nadleśnictwa w „Lasach Państwowych”. Taki trener może być także przydatny podczas organizowanych przez KRUS szkoleń rolników, którzy wykorzystują pilarki do pozyskiwania drewna w lesie i w gospodarstwach rolnych, a także dla potrzeb budownictwa (podczas kursów dla operatorów pilarek prowadzonych w Instytucie Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego).

Aplikacja zbudowanego trenera opiera się na wykorzystaniu technologii rzeczywistości wirtualnej i mieszanej. Dzięki włączeniu ćwiczeń z wykorzystaniem trenera do szkoleń wykładowcy mogą zademonstrować uczestnikom zasady bezpieczeństwa pracy pilarką oraz wyrobić w nich i utrwalić odpowiednie nawyki (a także na bieżąco poprawiać błędy bez narażania kogokolwiek na ciężkie urazy, powstające w realnym środowisku pracy). Aplikacja komputerowa trenera współpracuje z zestawem gogli VR z bezprzewodowym adapterem i słuchawkami generującymi dźwięk przestrzenny (rys. 1).

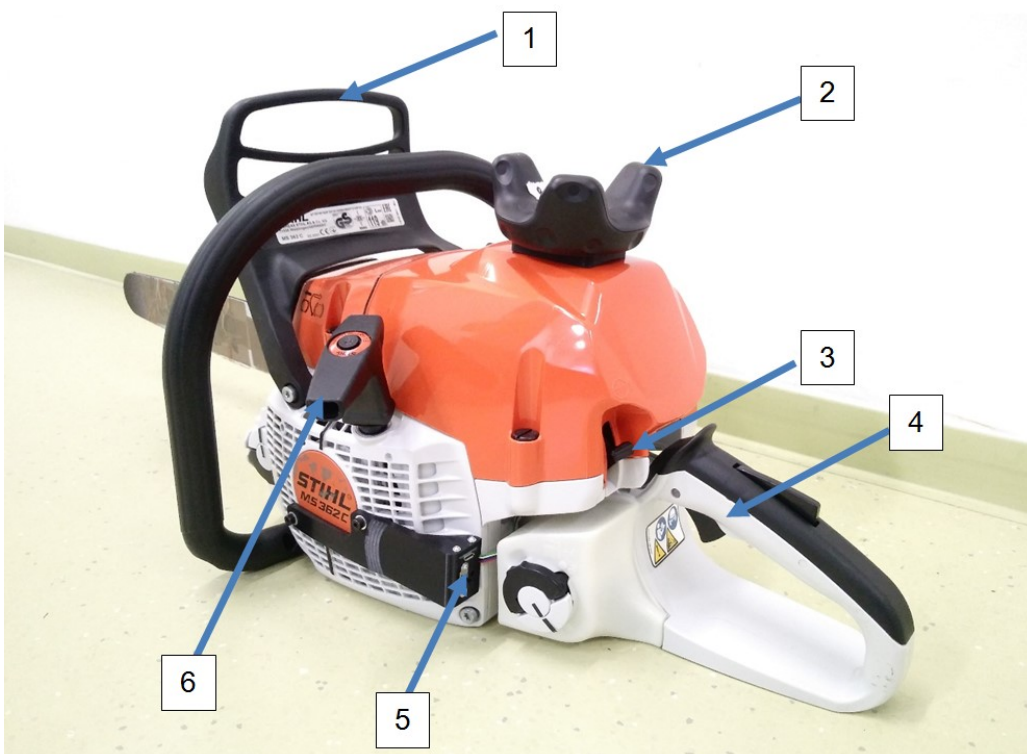


Rysunek 1. Gogle z oznaczonymi charakterystycznymi elementami

Sterowanie wirtualną pilarką łańcuchową (rys. 2) odbywa się dzięki zastosowaniu atrapy rzeczywistej maszyny, której położenie i rotacja w przestrzeni jest określana na podstawie danych z trackera umieszczonego na maszynie (rys. 3).

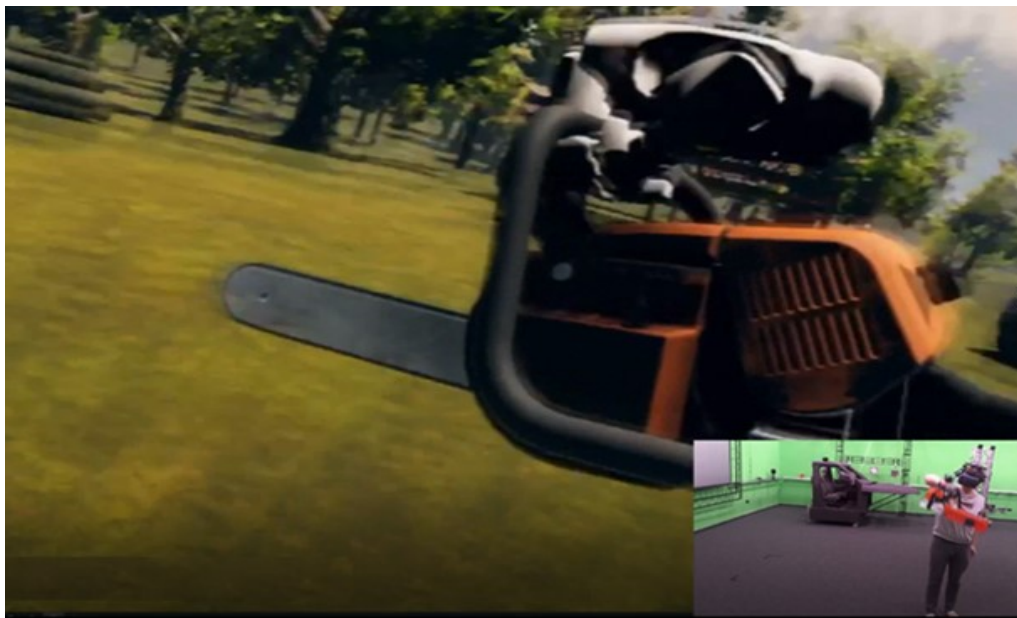


Rysunek 2. Model trójwymiarowy pilarki łańcuchowej (przypomina kształtem i wielkością rzeczywistą pilarkę łańcuchową wykorzystywaną jako atrapa)



Rys. 3. Atrapa pilarki. 1 – Osłona ręki (hamulec), 2 - HTC Vive Trakcer 2.0, 3 – dźwigni zespolonej, 4 – dźwignia gazu, 5 – włącznik rejestratora z gniazdem do ładowania akumulatora i diodą informującą o koniczności doładowania akumulatora, 6 – uchwyt linki rozrusznika.

Dodatkowe dane o użytkowaniu pilarki (stan przycisku przyspiesznika i hamulca), mierzone są za pomocą czujników i przekazywane bezprzewodowo dzięki komunikacji z systemem VR. Dodatkowo zastosowanie rękawic haptycznych (rys. 4 i 5) symuluje siłowe sprzężenie zwrotne i służy do sterowania interakcją w środowisku cyfrowym (np. do podnoszenia wirtualnych przedmiotów).



Rysunek 4. Przykład realizacji interakcji szkolonych ze środowiskiem wirtualnym z wykorzystaniem rękawic haptycznych



Rysunek 5. Rękawice Haptic symulujące siłowe sprzężenie zwrotne z trackerem mapującym położenie i rotację dłoni w przestrzeni

Dzięki precyzyjnemu śledzeniu położenia i rotacji atrapy pilarki następuje odwzorowanie jej ruchu w środowisku wirtualnym. Tracker ma także spełniać dodatkową funkcję w śledzeniu atrapy obalonego pnia drzewa przy szkoleniu z zakresu okrzyszowania drewna.

W celu maksymalnie realistycznego odwzorowania wydarzeń w aplikacji szkoleniowej i reakcji wirtualnego środowiska na interakcje z użytkownikiem, przygotowano scenariusze opisujące reakcje trenażera w zależności od poprawności wykonywanych czynności. Obsługa aplikacji szkoleniowej polega na poprawnym wykonywaniu zadań wyświetlanych na ekranie gogli. Operator ma do dyspozycji podpowiedzi w formie graficznej (rys. 6).



Rysunek 6. Podpowieź – awatar poruszający się jak piłarka przy poprawnym wykonaniu rżazu podcinającego

Do następnego zadania można przejść pod warunkiem poprawnego wykonania zadania poprzedniego. Scenariusz z reakcjami trenażera zakłada wystąpienie sytuacji awaryjnych, które mogą się zdarzyć w momencie niepoprawnego wykonania czynności.

Należy również podkreślić, że przeprowadzone badania człowiek – środowisko wirtualne podczas symulacji pracy spalinową przenośną pilarką łańcuchową wykazały, że ich uczestnicy potwierdzają zalety stosowanej techniki komputerowej. Wskazują na jej niewielką uciążliwość i niski poziom stresu towarzyszący jej użytkowaniu a także wysoki poziom jej akceptacji i duże możliwości odwzorowania rzeczywistego środowiska pracy [12].

Podsumowanie

Celem opracowania i budowy trenera wirtualnego jest zapewnienie dostawcom usług szkoleniowych narzędzia, które pomoże przygotować przyszłych operatorów spalinowych przenośnych pilarek łańcuchowych do zrobienia milowego kroku do realnego środowiska pracy.

Ponadto opracowane scenariusze tworzone na bazie realnego środowiska pracy i zweryfikowane przez ekspertów stanowią także dobrą bazę merytoryczną do przeniesienia prac związanych z pozyskiwaniem drewna do wirtualnego środowiska.

Należy podkreślić, że trener nie ma na celu zastąpienia praktycznego elementu szkolenia operatorów pilarek, ale może być wykorzystany jako pomost pomiędzy teorią i praktyką. Może również powodować że właściciele i zarządcy lasów będą chętniej wpuszczać bardziej świadomych istniejących zagrożenia kursantów w celu odbycia praktycznej części zajęć.

Trener zbudowany w Centralnym Instytucie Ochrony Pracy – Państwowym Instytucie Badawczym zawiera szereg nowych cech w porównaniu z dotychczasowymi istniejącymi rozwiązaniami technicznymi w Europie i na świecie. Na szczególną uwagę zasługują np.:

- zastosowanie urządzeń bezprzewodowych,
- wykorzystanie zjawiska siłowego sprzężenia zwrotnego, np.: symulacji drgań pilarki czy też w wyniku zastosowania rękawic haptycznych (umożliwiających przekaz dotyku),
- wykorzystanie atrapy rzeczywistej pilarki zamiast kontrolerów VR,
- możliwość stosowania sprzętu pomocniczego do pozyskiwania drewna w środowisku VR (siekiery, klinów),

Bibliografia

1. Dąbrowski A.: Analysis and Laboratory Testing of Technical Injury Prevention Measures for Portable Combustion Chainsaws. *Forests*. 2020, 11(3), 276; <https://doi.org/10.3390/f11030276>.
2. Kasa Rolniczego Ubezpieczenia Społecznego. Wypadki przy pracy i choroby zawodowe rolników oraz działania prewencyjne KRUS w 2021 roku. Warszawa, 2022.
3. Autoaccident.com.: Chain saw accidents. <https://www.autoaccident.com/chainsaw-accidents.html> [dostęp 15.11.2022].
4. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 24 sierpnia 2006 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy wykonywaniu niektórych prac z zakresu gospodarki leśnej (Dz.U. nr 161 poz. 1141).
5. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 20 września 2001 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy podczas eksploatacji maszyn i innych urządzeń technicznych do robót ziemnych, budowlanych i drogowych (t.j. Dz.U. z 2018 r., poz. 583 ze zm.).
6. Kasa Rolniczego Ubezpieczenia Społecznego. Kalendarz wydarzeń prewencyjnych. Bezpieczna praca pilarką łańcuchową – szkolenie dla rolników oraz członków Ochotniczej Straży Pożarnej z gminy Czerniewice, PT KRUS w Tomaszowie Mazowieckim, Chociwie, 12.11.2019, <https://wydarzenia-prewencyjne.krus.gov.pl/wydarzenie/bezpieczna-praca-pilarka-lancuchowa-szkolenie-dla-rolnikow-oraz-czlonkow-ochotniczej-strazy-pozarnej-z-gminy-czerniewice/67249> [dostęp: 14.11.2022].
7. PROCNER, M. Drwal z patentem na niby. *Gazeta Leśna*. 2016, 9.
8. Dolmar Chainsaw - Mixed Reality. <https://www.youtube.com/watch?v=OXtsuWNhnTI> [dostęp: 16.11.2022].
9. Husqvarna. This VR Game Is All About The Chainsaw, <https://www.youtube.com/watch?v=NAE3ie068s8> [dostęp: 16.11.2022].
10. Forestry South Africa. 18th Annual Report. December 2019. <https://www.forestrysouthafrica.co.za/wp-content/uploads/2020/11/FSA-Annual-report-2019-colour.pdf> [dostęp: 17.11.2022].
11. SA Forestry online. Harvesting a virtual forest. <http://saforestryonline.co.za/articles/harvesting-virtual-forest/> [dostęp: 17.11.2022].
12. Wodzyński M., Dąbrowski A.: Zastosowanie technik VR do wspomaganie szkolenia operatorów przenośnych pilarek łańcuchowych. *Bezpieczeństwo Pracy – Nauka i Praktyka* 2022, nr 8, str.: 12-16. doi: 10.54215/BP.2022.08.20.