

MODULARYZACJA PROCESÓW SZKOLENIA OPERATORÓW MASZYN BUDOWLANYCH

Modularisation of operator training process of construction machinery

Kazimierz RYCHLIK

Streszczenie: W artykule przedstawiono modułowy proces szkolenia operatorów maszyn roboczych z wykorzystaniem technik symulacji. Przedstawiono analizę i wyniki postępów nabywania umiejętności oraz efektywności eksploatacji maszyny w szkoleniu praktycznym operatorów maszyn z wykorzystaniem symulatora koparki jednonaczyniowej Volvo ECX210.

Słowa kluczowe: szkolenie zawodowe, operator koparki, symulator.

Abstract: This paper presents a modular process of working machines operator training using simulation techniques. We present an analysis of the progress and results of the acquisition of skills and effectiveness of the use of the machine in practical training of machine operators using a simulator Excavators with one bucket Volvo ECX210.

Key words: vocational training, excavator operator, simulator

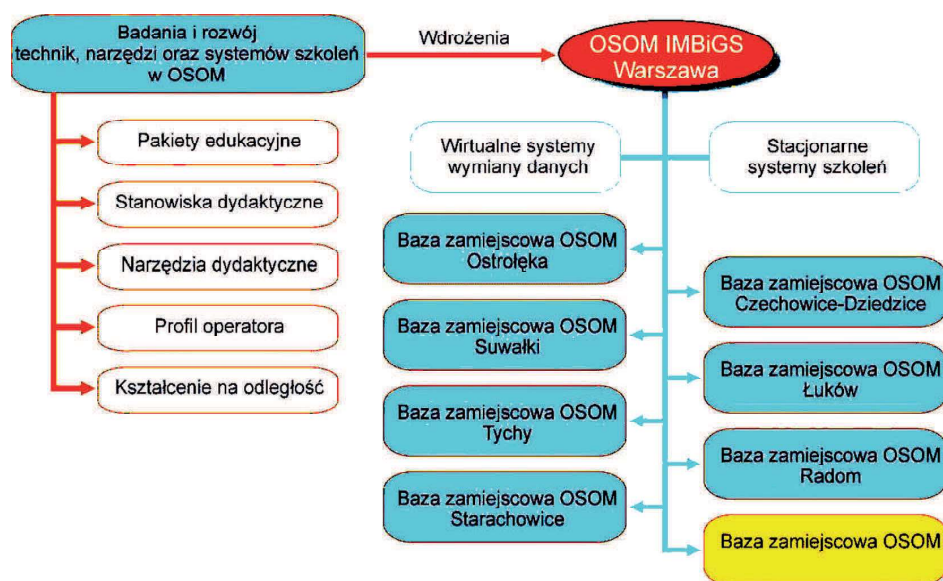
W Doświadczalnym Ośrodku Szkolenia Operatorów Maszyn IMBiGS prowadzone są prace badawczo-rozwojowe, których głównym celem jest ocena wpływu stosowanych nowych technik, narzędzi oraz systemów szkoleń na skuteczność dydaktyczną w procesie szkolenia zawodowego i ustawicznego osób dorosłych w formach pozaszkolnych.

Struktura i metodyka prac badawczo-rozwojowych (rys. 1) umożliwia uzyskanie wyników będących wytycznymi do wdrożeń dla podnoszenia końcowej jakości szkoleń. Badania i rozwój technik, narzędzi oraz systemów szkoleń prowadzone w Doświadczalnym Ośrodku Szkolenia Operatorów Maszyn IMBiGS, realizowane są

głównie w obszarach szkolenia zawodowego i ustawicznego osób dorosłych w formach pozaszkolnych.

Projekty realizowane są na wielu płaszczyznach. Stale opracowywane są nowoczesne techniki i narzędzia edukacyjne, dostosowane do wymagań szkoleń operatorów maszyn budowlanych, wśród których dominujące miejsce zajmują:

- **pakiety edukacyjne** – materiały dydaktyczne dostosowane do modułowych programów szkolenia zawodowego, wśród których znajdują się: materiały szkoleniowe, materiały instruktażowe, ćwiczenie i zadania sprawdzające, arkusze sprawdzenia postępów uczenia się,



Rys. 1. Struktura i metodyka prac badawczo-rozwojowych w DOSOM
Fig. 1. The structure and methodology of research and development in DOSOM



Rys. 2. Proces rozwoju technik i narzędzi dydaktycznych w DOSOM
 Fig. 2. The process of developing techniques and teaching tools in DOSOM

- **stanowiska dydaktyczne** – stacjonarne i mobilne stanowiska symulujące pracę maszyn budowlanych, szczególnie w trudnych i niebezpiecznych warunkach pracy operatora,
- **narzędzia dydaktyczne** – interaktywne narzędzia prezentacji i koordynacji szkoleń zgodnie z programami nauczania oraz parametrycznej i stałej kontroli postępów uczenia się,
- **profil operatora** – opis i parametryzacja cech oraz predyspozycji operatora na kontrolnych poziomach szkoleń w oparciu o statystyki reakcji i zachowań w symulowanych warunkach pracy,
- **kształcenie na odległość** – wdrożenia nowych technik komunikacji w oparciu o nowoczesne narzędzia i stanowiska dydaktyczne, w tym e-learningu i b-learningu. B-learning jest mieszanym sposobem uczenia się, polegającym na łączeniu zajęć przy pomocy komputerowych technik komunikacji (on-line) ucznia i nauczyciela z tradycyjnymi zajęciami („twarzą w twarz”), służącymi doskonaleniu i potwierdzaniu przyswojonej wiedzy. Celem nadrzędnym prac badawczo-rozwojowych jest opracowanie skutecznego kształtowania kompetencji zawodowych operatorów maszyn do robót ziemnych budowlanych i drogowych zgodnie ze współczesnymi

Tabela 1. Przykład diagramu modułowego programu nauczania maszyn roboczych grupy I w zakresie III klasy uprawnień
 Tabele 1. Example diagram of a modular curriculum working machines group I in terms of class III powers

| Gr. | Lp. | Specjalność | Moduły | | | | | |
|-----|-----|-----------------------------------|--------|-------|-------|---------|---------|---------|
| I | 1 | Koparki jednonaczyniowe | M-0 | MGI-1 | MGI-2 | MSI-1.1 | MSI-1.2 | MSI-1.3 |
| | 2 | Koparkoładowarki | | | | MSI-2.1 | MSI-2.2 | MSI-2.3 |
| | 3 | Koparkospycharki | | | | MSI-3.1 | MSI-3.2 | MSI-3.3 |
| | 4 | Spycharki | | | | MSI-4.1 | MSI-4.2 | MSI-4.3 |
| | 5 | Równiarki | | | | MSI-5.1 | MSI-5.2 | MSI-5.3 |
| | 6 | Zgarniarki | | | | MSI-6.1 | MSI-6.2 | MSI-6.3 |
| | 7 | Ładowarki jednonaczyniowe | | | | MSI-7.1 | MSI-7.2 | MSI-7.3 |
| | 8 | Koparki wielołańcuchowe | | | | MSI-8.1 | MSI-8.2 | MSI-8.3 |
| | 9 | Wielozadaniowe nośniki osprzętowe | | | | MSI-9.1 | MSI-9.2 | MSI-9.3 |

Legenda:

- M-0 – Ogólne zasady bezpieczeństwa i higieny pracy,
- MGI-1 – Ogólna budowa maszyn oraz układy napędowe,
- MGI-2 – Użytkowanie i eksploatacja,
- MSI-x.1 – Budowa maszyny,
- MSI-x.2 – Technologia robót,
- MSI-x.3 – Zajęcia praktyczne.

wymaganiami rynku pracy zarówno w Polsce jak i całej Unii Europejskiej.

Zakres badań w szkoleniach jest złożony ze względu na wiele występujących obszarów, powiązanych ze sobą strukturalnie, jednak różnych pod względem technicznym i merytorycznym. Obszary w wielu miejscach przenikają się ze sobą tworząc zwartą strukturę, która odpowiednio wypełniona merytorycznie umożliwia uzyskanie wysokiej jakości w szkoleniach operatorów maszyn. Proces rozwoju technik i narzędzi dydaktycznych postępuje i zmienia się adekwatnie do zewnętrznych wymagań rynkowych oraz ustawowych.

Modularyzacja procesów nauczania

W celu optymalnego prowadzenia badań nad skutecznością szkoleń wszystkie maszyny i urządzenia zostały podzielone na 9 grup maszyn i urządzeń technologicznie podobnych. W każdej grupie znajdują się inne maszyny i urządzenia, dla których w DOSOM opracowywane i badane są pilotowe pakiety edukacyjne. Pakiety są zgodne z programami nauczania w określonych specjalnościach, co umożliwia właściwą ocenę pilotowych pakietów edukacyjnych:

- Grupa I – Maszyny samojezdne do robót ziemnych.
- Grupa II – Pozostałe maszyny do robót ziemnych.
- Grupa III – Maszyny do robót drogowych.
- Grupa IV – Drobnny sprzęt do robót ziemnych i drogowych.
- Grupa V – Wytwórnice.
- Grupa VI – Urządzenia do produkcji i transportu bliskiego materiałów budowlanych.
- Grupa VII – Urządzenia do produkcji energii.
- Grupa VIII – Pozostałe maszyny i urządzenia.
- Grupa IX – Wytwórnice.

Badania modułu MSI-1.3

Celem badań modułu MSI-1.3 było określenie skuteczności dydaktycznej technik symulacji w szkoleniu



Rys. 3. Stanowisko badawcze (symulator koparki Volvo ECX210)
Fig. 3. The test (Volvo excavator simulator ECX210)

praktycznym operatorów maszyn budowlanych. Badania postępu w szkoleniu operatorów maszyn w DOSOM IMBiGS zostały przeprowadzone:

- z wykorzystaniem symulatora koparki Volvo ECX210,
- dla operatorów koparek jednoznaczyniowych w zakresie III-ej klasy uprawnień,
- dla 7 grup szkoleniowych.

Badania skuteczności dydaktycznej technik symulacji (modułu MSI-1.3) w szkoleniu praktycznym operatorów maszyn budowlanych – badania postępu w zdobywaniu umiejętności praktycznych prowadzone były na stanowisku badawczym zbudowanym z:

- symulatora treningowego (rys. 3),
- scenariuszy treningowo-szkoleniowych,
- tablicy interaktywnej,
- systemu pomiaru i rejestracji wyników.

Badania skuteczności dydaktycznej technik symulacji w szkoleniu praktycznym operatorów maszyn budowlanych prowadzone były na grupie 68 kursantów, podzielonych na 7 podgrup po 9–10 osób. Analiza opracowana została dla 7 grup szkoleniowych, w których rejestrowane były wyniki jakości końcowej szkolenia.

Analiza postępów w szkoleniu operatorów maszyn

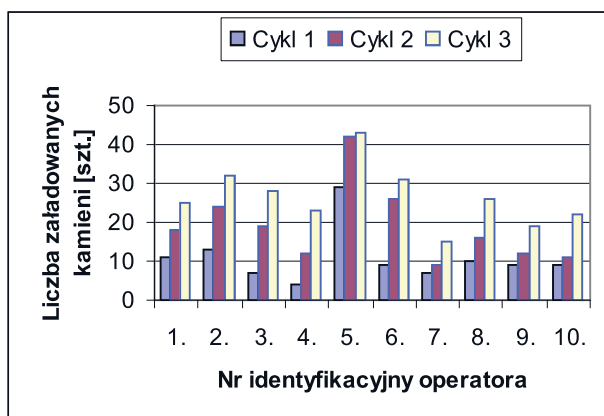
Do przeprowadzenia badań zostały wybrane 3 zadania:

1. Załadunek kamieni na samochód:
 - cel: załadunek jak największej liczby kamieni,
 - czas realizacji zadania: 3 min. od momentu uruchomienia silnika maszyny,
 - warunki: za każde uderzenie w burtę samochodu punkty karne (-1 kamień za uderzenie).
2. Załadunek ziemi na samochód:
 - cel: załadunek jak największej ilości ziemi,
 - czas realizacji zadania: 3 min. od momentu uruchomienia silnika maszyny,
 - warunki: za każde uderzenie w burtę samochodu punkty karne (-0,8 m³ ziemi za uderzenie).
3. Wbijanie przeszkód:
 - cel: wbicie jak największej liczby przeszkód,
 - czas realizacji zadania: 1,7-2,5 min. od momentu uruchomienia silnika maszyny,
 - warunki: maks. 50 przeszkód.

Wyniki analizy postępów w szkoleniu operatorów maszyn

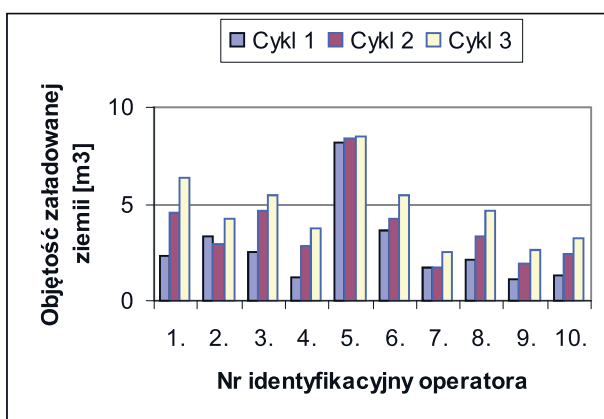
Wyniki analizy postępów w szkoleniu praktycznym operatorów maszyn zostały przedstawione dla wybranej grupy badawczej 6-7/XX-X-XIV. Przedstawione na rys. 4, 5 i 6 wyniki dotyczą postępów w nabywaniu przez operatorów umiejętności sterowania i pracą maszyną roboczą. Praca każdego operatora była rejestrowana w 3 cyklach powtórzeniowych dla poszczególnego zadania.

Z analizy postępów nabywania umiejętności wynika, że umiejętności kursantów wzrastają proporcjonalnie do



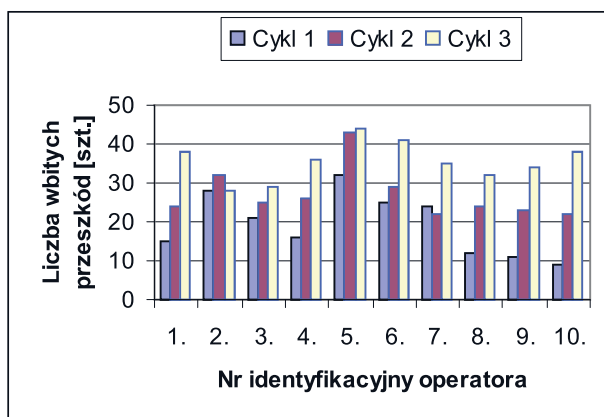
Rys. 4. Wyniki zadania 1: Załadunek kamieni na samochód w [szt.] – (czas określony – 3 min.)

Fig. 4. Results job 1: Loading stones at the car in [pcs.] – (fixed period – 3 min.)



Rys. 5. Wyniki zadania 2: Załadunek ziemi na samochód w [m³] – (czas określony – 3 min.)

Fig. 5. Results task 2: Loading the land for the car in [m³] – (fixed period – 3 min.)



Rys. 6. Wyniki zadania 3: Wbijanie przeszkód w [szt.] – (czas określony – ok. 2 sek./1szt. – łącznie 50 szt.)

Fig. 6. Results task 3: Sticking obstacles [pcs.] – (fixed term – approx. 2 sec. / 1 pcs. – total 50 pcs.)

czasu spędzonego na treningu w symulatorze. Trend postępu w nabywaniu umiejętności oraz rozrzut uzyskiwanych wyników zależy zdecydowanie od umiejętności, jakie kursant ma na początku szkolenia. Zauważalna jest zależność, w której osoby uzyskujące początkowo najniższe wyniki osiągają największy przyrost postępu nabywania umiejętności, zaś osoby o wysokich wynikach – najmniejszy przyrost umiejętności. Rozrzut uzyskiwanych wyników w grupach (najlepszy i najgorszy operator) wykazuje tendencję zmniejszającą się w kolejnych cyklach porównawczych (w kolejnych zadaniach powtórkowych 20–50%). Wynika z tego, że osoby o niskich umiejętnościach szybciej je nabywają. Wyniki osób najlepszych ulegają silnej stagnacji (silnie zwalniają się przy pewnym poziomie umiejętności).

Analiza efektywności eksploatacji maszyny

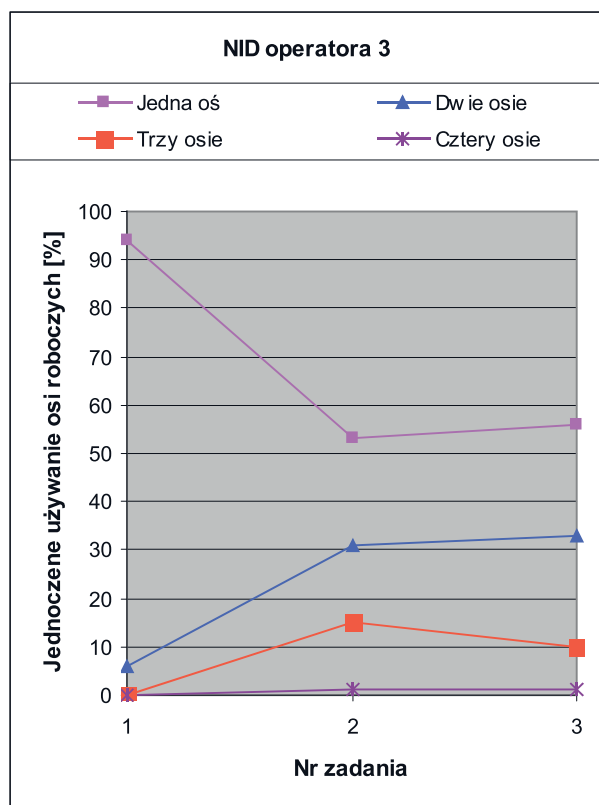
Została przeprowadzona analiza dla 2 grup szkoleniowych, w których rejestrowane były wyniki statystyczne. Do przeprowadzenia badań wybrane zostały 3 zadania:

1. Jazda maszyną
 - cel: wykonanie całego zadania (podebranie i umieszczenie w określonym miejscu kuli o masie 5 t, przejazd między pacholkami po łuku, przejazd przez muldy, parkowanie tyłem, wyłączenie silnika),
 - czas realizacji zadania: nielimitowany,
 - warunki: za każde uderzenie w pacholek punkty karne (-5 s czasu za każde uderzenie),
 - wynik: czas wykonania zadania.
2. Wykonanie rowu prostego
 - cel: wykonanie całego zadania,
 - czas realizacji zadania: nielimitowany,
 - warunki: poprawne wykonanie min. 60% wykopu,
 - wynik: czas wykonania zadania.
3. Wykonanie rowu złożonego
 - cel: wykonanie całego zadania,
 - czas realizacji zadania: brak,
 - warunki: wykonanie min. 60% wykopu,
 - wynik: czas wykonania zadania.

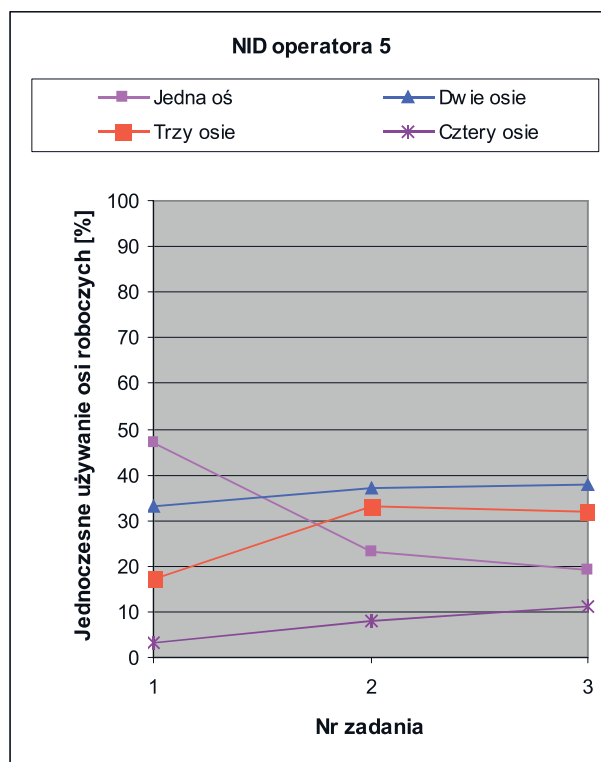
Analiza efektywności eksploatacji maszyny

Wyniki analizy efektywności eksploatacji maszyny w szkoleniu praktycznym operatorów maszyn zostały przedstawione dla dwóch operatorów z wybranej grupy badawczej 6-7/XX-X-XIV. Przedstawione na rys. 7 i 8 wyniki dotyczą postępów efektywności eksploatacji maszyny 2 operatorów wybranych z grup o niskich (NID 3) i wysokich (NID 5) umiejętnościach początkowych.

Na rys. 7 dominujące jest wykorzystanie przez operatora o niskich umiejętnościach początkowych w pierwszym zadaniu jednej osi roboczej. Pozostałe osie są wykorzystywane sporadycznie. W kolejnych zadaniach



Rys. 7. Jednoczesne użycie osi roboczych – operator z małym doświadczeniem początkowym
Fig. 7. Simultaneous use of working axis – the operator with little experience early



Rys. 8. Jednoczesne użycie osi roboczych – operator z dużym doświadczeniem początkowym
Fig. 8. Axis simultaneous use of working – the operator with extensive experience starting

jednak wykorzystanie osi mocno się zmienia i zbliża do prawidłowego przedziału 20–50%.

Na rys. 8 widać, iż operator o wysokich umiejętnościach początkowych już od pierwszego zadania wykorzystuje jednocześnie wszystkie osie robocze w przedziale 20–50%. Kolejne zadania wskazują na możliwość zwiększenia jednoczesnego wykorzystania osi roboczych przez operatora NID 5.

Wykonanie zadania szkoleniowego rejestrowane było przez komputerowy system pomiaru i rejestracji wyników, a następnie generowane w formie raportu. Zależnie od zadania szkoleniowego wiodącym parametrem uzyskanego wyniku był określony czas wykonania zadania oraz kompletność poszczególnych jego etapów. Czas na wykonanie zadania był określany na dwa sposoby:

- przez limit czasu, w którym należało wykonać zadanie. Po upływie tego czasu następowało systemowe przerwanie zadania szkoleniowego, a wynik podany został jako np. liczba załadowanych kamieni lub objętość załadowanej ziemi,
- przez czas, w którym zadanie szkoleniowe wraz z jego poszczególnymi etapami kontrolnymi zostało kompletnie wykonane.

Tylko zadanie szkoleniowe kompletnie ukończone pozwalało na generowanie raportu stanowiącego podstawę do oceny końcowej całego zadania oraz postępów

w szkoleniu i efektywności eksploatacji maszyny. W przypadku błędnego wykonania zadania, a więc zakwalifikowanego przez system jako „ocena negatywna”, zadanie to było powtarzane w kolejnym cyklu szkoleniowym. Punkty karne zliczane przez system przy nieprawidłowym wykonaniu zadania szkoleniowego skutkowały odpowiednio do rodzaju wykonywanego zadania:

- proporcjonalnym zwiększeniem końcowego czasu realizacji zadania za każdy popełniony błąd, a więc pogorszeniem wyniku zaliczenia zadania,
- proporcjonalnym zmniejszeniem wyniku końcowego za każdy popełniony błąd, a więc pogorszeniem wyniku zaliczenia zadania. Odejmowana była odpowiednia liczba załadowanych kamieni lub objętość załadowanej ziemi.

Badania postępów w szkoleniu oraz efektywności eksploatacji maszyny nie zostały pozytywnie zakończone przez wszystkich kursantów z grupy badawczej 68 osób.

Podsumowanie

Pełne wyniki i wnioski z badań zostały opracowane w oparciu o zgromadzone materiały statystyczne identyfikujące poszczególne kursanta. W opracowaniu wyników badań zostały użyte tylko statystyki wygenerowane dla kompletnie ukończonego zadania szkoleniowego.

Wyniki, które nie zostały zarejestrowane z powodu nie ukończenia zadania szkoleniowego były pomijane w analizie.

Analiza postępów nabywania umiejętności oraz efektywności eksploatacji maszyny w szkoleniu praktycznym operatorów z wykorzystaniem symulatora koparki jedno-naczyniowej pokazuje, że osoby, które nie wykorzystują w pracy jednocześnie wszystkich osi roboczych uzyskują niskie wyniki. Procentowe wykorzystanie wszystkich osi przez osoby o niskich umiejętnościach początkowych zaczyna dorównywać osobom najlepszym po zrealizowaniu przez nich ok. 5–10 zadań szkoleniowych. Zauważalna jest również zależność między postępem nabywania umiejętności oraz jednoczesnym wykorzystywaniem osi roboczych przez operatorów.

Przeprowadzone badania dowodzą, że efekty kształcenia w szkoleniu praktycznym operatorów maszyn mogą być oceniane w obszarze zdobytej wiedzy teoretycznej oraz wykształconych umiejętności praktycznych. Wiedza teoretyczna zdobyta przez kursantów podczas szkolenia umożliwia poznanie właściwych zasad pracy maszyną szczególnie w zakresie technologii robót oraz zasad bezpieczeństwa wymaganych na placu budowy. Przyswojenie tych zasad umożliwia kursantom łatwiejsze i prawidłowe kształtowanie ostatecznych umiejętności podczas wykonywania i powtarzania zadań szkoleniowych na symulatorze. Zadania szkoleniowe są stopniowane pod względem trudności, a także ze względu na rodzaj zadania (36 zadań szkoleniowych). Próg zaliczenia kolejno realizowanego zadania jest odzwierciedleniem rosnącego stopnia wymaganych umiejętności.

Efekty kształcenia operatorów maszyn skutecznie weryfikuje symulator, który generując raport przedstawia jednoznaczne wyniki. Oczywiście wszystkie wyniki muszą być analizowane, aby w przypadku złych lub słabych wyników można było wdrożyć odpowiednie ścieżki szkoleniowe. Stopień jednoczesnego wykorzystania wszystkich osi roboczych podczas pracy na obecnym etapie badań może być jednym z decydujących parametrów oceny efektywności procesu szkolenia. Przedział 0–90%

cechuje osoby o nabytych umiejętnościach na poziomie podstawowym, 10–65% – na poziomie średnim, 20–40% – na poziomie zaawansowanym. Parametr ten łączy w sobie zdobytą wiedzę o technologii z umiejętnościami praktycznymi, choć występują i inne korelacje, będące przedmiotem aktualnych badań.

LITERATURA

- [1] Baraniak B. 2008. „Edukacja w przygotowaniu człowieka do pracy zawodowej”. Warszawa: IBE
- [2] Figurski J., K. Smela. 2001. „Eksperyment pedagogiczny. Modułowe programy nauczania w kształceniu zawodowym. Model ujednoczonego egzaminu zawodowego”. Radom: Instytut Technologii Eksploatacji
- [3] Jodłowski M., T. Koperski, D. Sztwiertnia. 2014. „Program nauczania operatorów koparek jedno-naczyniowych w zakresie III klasy uprawnień. Zajęcia praktyczne na stanowisku symulatora koparki jedno-naczyniowej Volvo ECX210 wyposażonym w tablicę interaktywną”, Warszawa.
- [4] Kędzierska B. 2007. „Kompetencje informacyjne w kształceniu ustawicznym”. Warszawa: IBE.
- [5] Koperski T. 2001. „Program nauczania operatorów koparek jedno-naczyniowych w zakresie III klasy uprawnień”, Warszawa.
- [6] Kwiatkowski S.M., U. Jeruszka, C. Plewka. 1995. „Podstawy kształcenia modułowego”. Szczecin: ZPCE.
- [7] Kwiatkowski S.M. 2008. „Kształcenie zawodowe – wyzwania, priorytety, standardy”. Warszawa: IBE.
- [8] Symela K. 2005. „Poradnik metodyczny dla autorów modułowych programów szkolenia zawodowego”. Warszawa: MGIP.
- [9] Symela K. 1994. „Procedura opracowywania programów modułowych dla form pozaszkolnych”, Warszawa.
- [10] VOLVO EXC SIMULATOR – Instrukcja obsługi profesjonalnego symulatora koparki VOLVO EC210C.

Mgr inż. Kazimierz Rychlik – Instytut Mechanizacji Budownictwa i Górnictwa Skalnego, 02-673 Warszawa, ul. Racjonalizacji 6/8, e-mail: k.rychlik@imbigs.pl