

## WIZUALIZACJA W URZĄDZENIACH TRENINGOWYCH

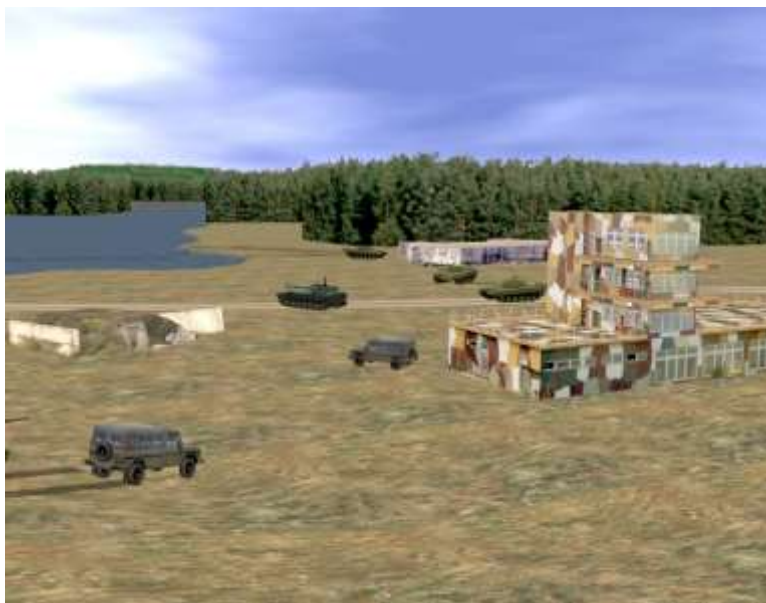
**Streszczenie:** Artykuł przedstawia jeden z podstawowych elementów współczesnych urządzeń treningowych, jakim jest system wizualizacji. W artykule omówiono najczęściej stosowane systemy generacji obrazu oraz wybrane rozwiązania sprzętowe układów prezentacji obrazu.

### 1. WSPÓŁCZESNE URZĄDZENIA TRENINGOWE

Wśród obecnie stosowanych urządzeń treningowych najliczniejszą grupę stanowią symulatory. Również i symulacyjne metody szkolenia są dzisiaj powszechnie stosowane. Zastosowań możemy wymienić tutaj bardzo dużo, w wielu dziedzinach cywilnych i wojskowych. Eksploatowane są symulatory do nauki jazdy samochodem osobowym, samochodem ciężarowym z naczepą, lokomotywą. Stosowane są symulatory lotu, nawigacji okrętem, obsługi elektrowni jądrowych, a także do szkolenia różnych rodzajów wojsk. Na symulatorach wojskowych szkoli się załogi czołgów, obsługi stanowisk dowodzenia artylerii, stacji radarowych oraz dowódców różnych rodzajów wojsk w obszarze szkolenia taktycznego na różnych poziomach dowodzenia.

Jednym z najważniejszych elementów współczesnych systemów treningowych a zwłaszcza symulatorów jest system wizualizacji. Zadaniem systemu wizualizacji w urządzeniu treningowym / symulatorze jest wytworzenie szkolonemu czy też szkolonym, np. załodze czołgu, jak najwierniejszego obrazu pola walki, obrazu przestrzeni lub otoczenia (terenu).

Wymagania jakościowe i ilościowe są różne, w zależności od zakresu szkolenia i narzuconych parametrów zewnętrznych.



Rys.1. Obraz poligonu utworzony komputerowo

Na rys. 1 przedstawiony jest komputerowy obraz poligonu autorstwa warszawskiej firmy ETC-PZL Aerospace Industries Ltd dla potrzeb symulatora [6] BESKID-3.

Człowiek ok. 85% informacji o otoczeniu odbiera poprzez zmysł wzroku [1] i powiązanie pomiędzy informacją odbieraną okiem a innymi zmysłami pozwala na urealnienie warunków symulowanych do warunków rzeczywistych.

System wizualizacji ma zapewnić realizm i wiarygodność całego procesu symulacji, stworzenie odpowiedniego obrazu jest zatem podstawą realistycznych warunków symulacji. Postęp technologiczny ostatnich lat związany ze wzrostem mocy i szybkości przetwarzania procesorów, pozwala na realizację realistycznych obrazów przestrzeni tworzonych komputerowo, zapewniających wierność odtworzenia w warunkach dziennych i nocnych, różnych porach roku oraz dużej ilości szczegółów i faktur.

Uzyskane efekty realności otoczenia pozwoliły, np. zastosować trening symulacyjny przy szkoleniu pilotów jako wystarczający, przy przechodzeniu z jednego typu samolotu pasażerskiego na inny, bez konieczności wykonywania lotów treningowych.

## 2. SYSTEMY WIZUALIZACJI

Na współczesny system wizualizacji składają się:

- generator obrazu,
- układ / system prezentacji obrazu,
- baza(-y) danych terenu.

Generator obrazu tworzy sprzęt komputerowy oraz specjalistyczne oprogramowanie. Zadaniem generatora jest wytworzenie trójwymiarowego obrazu otoczenia w układzie prezentacji obrazu zgodnie z informacjami przychodzącymi z modułów oprogramowania. Obraz tworzony komputerowo musi być kolorowy, jego zmiany powinny być zsynchronizowane z odwzorowywanym położeniem i uwzględniające charakter otoczenia (np. rzeźba terenu, tor lotu itp.), a także warunki atmosferyczne, pora roku, pora dnia.

Układy prezentacji obrazu tworzą urządzenia „przenoszące” obraz wytworzony komputerowo bezpośrednio do oka trenującego. Układy te różnią się złożonością w zależności od typu i stopnia skomplikowania trenażera / symulatora.

W budowie tych układów wykorzystywane są podzespoły handlowe, jak monitory, projektory i ekrany projekcyjne [2], [4], projektory kolimacyjne lub też systemy wyświetlania kolimacyjnego [3]. Często są to jednak specjalnie konstruowane symulatory urządzeń optycznych, występujących w eksploatowanych pojazdach, samolotach, bądź urządzeniach.

Jednym z ważniejszych elementów wizualizacji jest baza danych terenu. Jest ona tworzona przy pomocy specjalistycznego oprogramowania. Przy jej opracowaniu wykorzystywane jest otoczenie rzeczywiste poprzez przeniesienie danych z map topograficznych, zdjęć terenu, obrazów satelitarnych oraz cyfrowych danych geodezyjnych.

Na rynku producentów systemów wizualizacji trwa ciągle współzawodnictwo producentów dużych, drogiej klasy systemów z producentami systemów tanich. Prowadzi to w konsekwencji do obniżki cen tych systemów. Systemy duże, drogie jak Liberty firmy Evans & Sutherland, Compu Scene SE z Lockheed – Martin, czy SPACE Magic z Thomson Training & Simulation konkurują z systemami tanimi z firm Ivex, Tellurian oraz Silicon Graphics Inc (SGI).

Coraz szerzej stosowane są obecnie generatory obrazu oparte na sprzęcie komputerowym klasy PC z nowymi procesorami Intelu i wydajnymi kartami graficznymi.

Na wystawie ITEC'2000 [7] w zasadzie wszyscy producenci oferowali już dwa systemy:

- podstawowy, o pełnych walorach użytkowych
- uproszczony, bazujący na sprzęcie klasy PC.

Szereg aplikacji wojskowych zostało przeniesionych do zastosowań cywilnych (symulatory), a także bardzo komercyjnych, jak np. rynek gier komputerowych. Przykładem może być tutaj współpraca firmy Nintendo of America i MutiGen przy rozwijaniu domowej gry wideo Nintendo Ultra 64.

Do najważniejszych światowych producentów (dostawców) systemów wizualizacji należą firmy:

1. Lockheed-Martin, USA; system Compu Scene SE.
2. Evans & Sutherland, USA; systemy Liberty, Symphony.
3. CAE, Electronics, Kanada; system Maxvue
4. Thomson Training & Simulation, Francja: SPACE Magic.
5. Silicon Graphics Inc (SGI); USA : System Reality i Super Reality.

Na rynku polskim jedynym dostawcą systemów wizualizacji jest warszawska firma ETC-PZL Aerospace Industries Sp. z o.o. oferująca systemy oparte o komputery firmy Silicon Graphics (O2, OCTANE, ONYX 2) oraz komputery klasy PC.

### **2.1. Lockheed – Martin [1], [9]**

Podstawowym produktem jest oferowany system Compu Scene SE. Firma ta znana jest z systemów wizualizacji do symulatorów wojskowych jak Compu Scene VI, generatorów obrazu PT3000 i PT4000. Obecnie firma Lockheed – Martin Information Systems współpracując z firmą SEGA dostarcza także swoje produkty na rynek cywilny (rynek gier komputerowych). Ich produkty ; REAL3D i R3D/100 wykorzystywane są także w tanich systemach symulacji dla wojska, tworząc wspólną platformę zastosowań wojskowych i cywilnych.

### **2.2. Evans & Sutherland [1], [8]**

Jednym z oferowanych produktów jest system ESIG-4500. Przy użyciu technik określonych jako tekstury globalne i mikrotekstury, firma ta stworzyła bardzo nowoczesny system bogaty w możliwości tworzenia faktur i realistycznych obrazów. Bazy danych mogą być tworzone przy użyciu oprogramowania MultiGen – Paradigm lub własnego systemu Ea Siest.

Oferowane są także duże wersje systemu ESIG-4500. System ESIG-4520 jest systemem jednokanałowym i zastąpił dotychczasowy system ESIG-2000. Natomiast wielokanałowy system ESIG-4530 zastąpił system ESIG-3000.

Z powodzeniem stosowany jest od dziesięciu lat w armii amerykańskiej system ESIG-2000 wykorzystywany w programie treningowym CCCT (ang. Close Combat Tactical Trainer).

Szereg zastosowań znalazły także systemy:

- 3800 dla zastosowań komercyjnych,
- 5500 dla zastosowań wojskowych.

Najnowszymi produktami firmy są:

- Harmony,
- Melody,
- Ensemble.

Uzupełnieniem tych produktów są pakiety oprogramowania REALimage oraz Integrator, które razem stanowią najnowocześniejszy obecnie system wizualizacji o handlowej nazwie SYMPHONY.

### **2.3. CAE Electronics [1], [11]**

Znaczącym dostawcą dużych systemów wizualizacji jest kanadyjska firma CAE Electronics. Opracowała ona własny system MAXVUE. Znalazł on zastosowanie zarówno w symulatorach cywilnych jak i zastosowaniach wojskowych.

Szczególnie wysoko jest oceniany system MAXVUE w symulatorze helikoptera Lynx MK8 firmy GKN Westland.

Wśród ostatnich produktów firmy CAE wymienić należy system ITEMS oparty na sprzęcie klasy PC i system operacyjny LINUX.

Najnowszym produktem z rodziny generatorów obrazu jest MEDALLION. Zalecany jest dla symulatorów typu RADAR, EW (Electronic Warfare), a także do zastosowań przy projekcji przestrzeni w okularach hełmów.

### **2.4. Thomson Training & Simulation [1], [10]**

Firma ta dokonała połączenia własnego systemu wizualizacji VISA z systemem Link – Miles Image [1] tworząc system o nowych właściwościach. System ten pod nazwą SPACE został zastosowany przez armię francuską do symulatora czołgu Leclerc. Stosowany jest obecnie do wielu lądowych i lotniczych symulatorów. Rozszerzenie jego zastosowań nastąpiło poprzez wprowadzenie taniego systemu opartego na stacji roboczej SGI Reality.

SPACE Magic jest stosowany między innymi do symulatora pojazdu mostowego EFA Bridge Vehicle Driving Simulator.

### **2.5. Silicon Graphics Inc. [1], [13], [14]**

Silicon Graphics Inc. (SGI) jest firmą dobrze znaną na rynku polskim, głównie jako producent komputerów stosowanych w systemach wizualizacji polskich symulatorów np. w symulatorze lokomotywy czy też czołgu PT-91.

SGI oferuje obok superkomputerów serii ONYX 2 także stacje robocze typu desktop O2, OCTANE, SGI 230, SGI 330, SGI 550. Firma ta posiada również w profilu produkcji duże serwery z serii ORIGIN 200, ORIGIN 2000 oraz ORIGIN 3000.

Superkomputery SGI wyposażone są w jeden najszybszych systemów graficznych REALITY ENGINE 2. Specjalny interfejs programowania API (ang. application programming interface) ułatwia użytkownikom tworzenie różnych aplikacji.

## **3. UKŁADY I SYSTEMY PREZENTACJI OBRAZU**

Układ lub system prezentacji obrazu w dużej mierze decyduje o odczuciu realności rzeczywistości, w której prowadzone jest szkolenie. Stopień ich skomplikowania jest bardzo różny, a co za tym idzie zróżnicowane są także koszty wytworzenia.

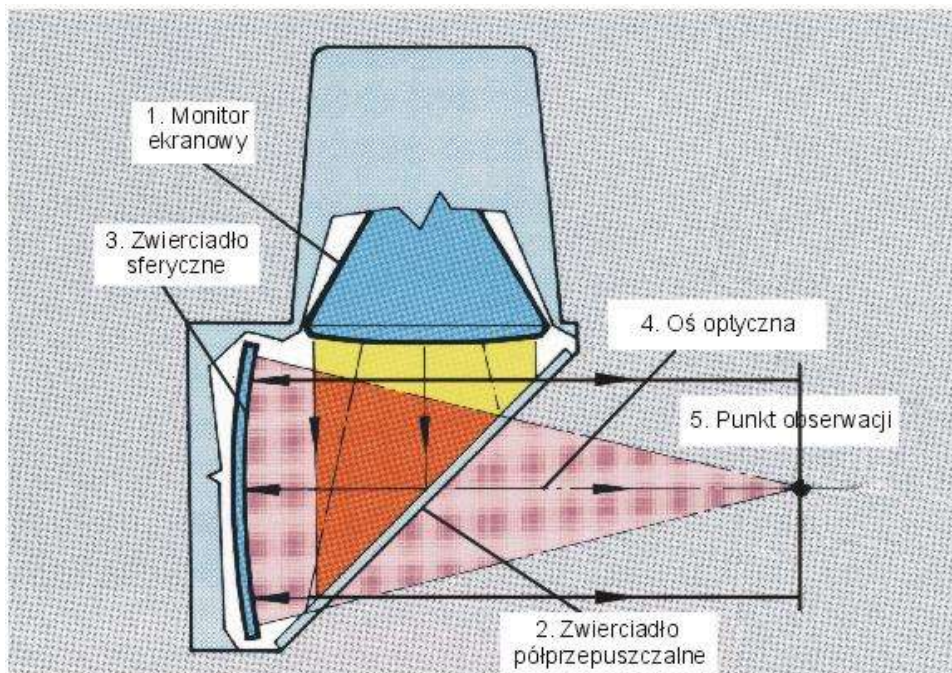
W zależności od stopnia skomplikowania symulatora (związanego z ilością punktów obserwacji, np. kilka niezależnych przyrządów obserwacyjnych w pojeździe pancernym), oraz wymaganymi cechami tych obrazów (np. obraz płaski, obraz przestrzenny o zadanych parametrach kątowych), do budowy układów prezentacji obrazów wykorzystywane są różne podzespoły i urządzenia.

W zasadzie układy te można podzielić na dwie grupy:

- układy wyświetlania bezpośredniego,
- układy i systemy wyświetlania kolimacyjnego.

Kolimacja polega na wytwarzaniu wiązek promieni równoległych, które zbiegają się w nieskończonej odległości od źródła obrazu. Taki sposób wyświetlania powiększa głębię obrazu, przez co zwiększa jego realizm.

Zasadę działania takiego układu pokazuje rys. 2



Rys.2. Układ wyświetlania kolimacyjnego (wg SEOS Displays)

W przypadku tanich i prostych systemów, jak np. symulator do szkolenia działonowego firmy MANDATOR [15] czy symulator TOW Trainer PRIMARY IMAGE Ltd [16] obraz jest bezpośrednio wyświetlany na monitorze ekranowym.

Dla symulatora dużego samolotu transportowego potrzebny jest szerokokątny kolimacyjny projektor, jak np. Flight Safety International Multi View, stosowany w symulatorze samolotu C-5B Galaxy produkcji CAE Eletronics [1].

W symulatorze do treningu załóg czołgu PT-91 opracowanym w OBRUM - Gliwice przy współpracy ETC – PZL Aerospace Industries – Warszawa obrazy [6] są wyświetlane na ekranach monitorów i przenoszone poprzez specjalnie zaprojektowane układy optyczne do wizjerów przyrządów obserwacyjnych.

### 3.1. Wyświetlacz montowany w helmie

W tej grupie urządzeń wyświetlania bezpośredniego można wyróżnić dwa rozwiązania:

- specjalne okulary mocowane są na głowie, w których to obraz wyświetlany jest w płaszczyźnie soczewek;
- producentem takich urządzeń o nazwie ProView XL35 & XL50 Head Mounted Displays [17] jest firma KAISER, USA;

- okulary zintegrowane ze specjalnym hełmem, w płaszczyźnie soczewek wyświetlany jest obraz kolimacyjny;
- producentem urządzenia o nazwie SIM EYE XL100 Head Mounted Display [17] jest firma KAISER, USA.

Drugie rozwiązanie prezentacji obrazu sprzężone jest dodatkowo z czujnikiem położenia głowy, dzięki czemu wyświetlany jest tylko fragment przestrzeni zgodnej z kierunkiem patrzenia. Dzięki temu zaoszczędzone są „moce” w generatorze obrazu. Rys. 3 przedstawia wyświetlacz zamontowany w hełmie.



Rys.3. Wyświetlacz montowany w hełmie

### 3.2. Monitory ekranowe

W symulatorach wykorzystywane są ekrany monitorowe różnych producentów o przekątnej ekranu od 2,5” do 25” i różnej rozdzielczości. Wykonywane są w obudowach standardowych oraz obudowach przemysłowych, jak np. monitory firmy CONRAC typu 9517PCD, 9519L PCD, 9519PCD i 9521PCD [2].

Coraz szerzej są obecnie stosowane monitory z płaskim ekranem ciekłokrystalicznym i aktywną matrycą TFT/LCD [7], jak też ekrany plazmowe.



Rys.4. Potrójny ekran monitora w wykonaniu wojskowym

Nowością jest oferowany przez firmę Panoram Technologies [18] trzymonitorowy zestaw płaskich monitorów wykonanych w technologii TFT/LCD i rozdzielczości 3840 x 1024, uzyskanej przez połączenie i synchronizację wyświetlania obrazu na trzech identycznych monitorach o rozdzielczości 1280 x 1024 każdy.

Na rys. 4 pokazany jest wykonanie wojskowe takiego monitora, z obudową wykorzystywaną jednocześnie jako stanowisko pracy.

### 3.3. Symulatory przyrządów optycznych

W budowie symulatorów często rezygnuje się z oryginalnych przyrządów obserwacyjnych, które są zastępowane ich symulatorami. Konstrukcje symulatorów przyrządów optycznych mają różny stopień złożoności. Wspecjalizowani producenci oferują własne konstrukcje symulatorów wybranych przyrządów optycznych.

Jednym z większych producentów takiego sprzętu jest firma Davin Optronics Ltd. Oferuje ona między innymi symulatory przyrządów optycznych do czołgu Challenger 2.

Innym dużym producentem jest firma SEOS Displays Ltd. [19]. Dostarcza ona na rynek symulatory przyrządów optycznych głównie sprzętu pancernego. Na rys. 5 pokazany jest taki symulator. Wykorzystywany jest on między innymi przez producenta symulatorów, firmę ECC Simulation Ltd.



Rys.5. Symulator przyrządów optycznych dowódcy i działonowego.

Opracowany w Ośrodku Badawczo – Rozwojowym Urządzeń Mechanicznych OBRUM w Gliwicach, symulator czołgu PT-91, wyposażony jest w całości w symulatory przyrządów optycznych. Wszystkie te konstrukcje są opracowaniami własnymi. Szerzej o nich może się dowiedzieć czytelnik z publikacji [20].

### 3.4. Projektory i ekrany projekcyjne

Współczesne projektory są w stanie zapewnić doskonałą jakość obrazu, wierne odwzorowanie barw, doskonałe parametry użytkowe a jednocześnie są urządzeniami bardzo uniwersalnymi.

Zapewniają one możliwość współpracy ze wszystkimi znanymi i znajdującymi zastosowanie w symulatorach źródłami obrazu. W zależności od rodzaju projektora, mogą one współpracować z każdym typem komputera, przy wszystkich stosowanych

rozdzielczościach – począwszy od standardu VGA poprzez SVGA, XGA, SXGA aż do rozdzielczości 2500x2000 pikseli.

Mogą też współpracować z każdym źródłem sygnału wizyjnego jak magnetowid, odtwarzacz DVD czy kamera, pracującymi we wszystkich znanych standardach – VHS, S – VHS i systemach – PAL, SECAM, NTSC.

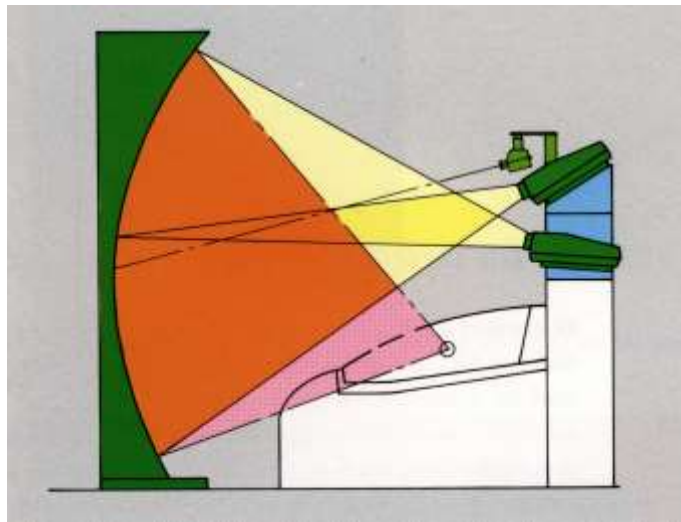
Systemy projekcji wielkoekranowej są budowane w oparciu o dwie różne koncepcje – tzw. projekcji przedniej lub tylnej.

Projekcja przednia polega na umieszczeniu projektora przed białym ekranem – najczęściej zawieszono na poziomie zbliżonym do górnej krawędzi ekranu.

Projekcja tylna polega na umieszczeniu projektora za ekranem (jest to ekran o specjalnej konstrukcji, półprzepuszczalny dla światła).

Do prezentacji obrazów wielkogabarytowych stosowane są różne techniki wyświetlania przy pomocy projektorów. W zależności od potrzeb i wymiarów geometrycznych obrazu przestrzeni, wykorzystywane są zestawy kilku projektorów lub modułów projekcyjnych. Projektory / moduły projekcyjne sprzężone są ze sobą poprzez komputerowy system zarządzania obrazem.

Przykładem takiego rozwiązania może być np. system PRODAS [4] firmy SEOS Displays Ltd. Na rys. 6 pokazany jest schemat budowy systemu PRODAS Hi-VIEW w którym to obraz jest wyświetlany przez dwa projektory ekranowe z przednią projekcją. Rozwiązanie to pozwala na uzyskanie obrazu o kącie widzenia w poziomie (ang. horizontal FOV) od  $35^{\circ} \div 50^{\circ}$ .



Rys.6. Schemat budowy systemu PRODAS

### 3.5. Systemy wyświetlenia kolimacyjnego

W tej grupie rozwiązań stosowane są bardzo złożone technologie przestrzennej projekcji obrazów. Do najbardziej znanych producentów takich systemów możemy zaliczyć firmy SEOS Displays Ltd. czy Liberty Mirror Co. Jednym z bardziej znanych rozwiązań jest system [4] PANORAMA.

System PANORAMA pozwala uzyskać obraz o kącie widzenia w poziomie (ang. horizontal FOV) do  $220^{\circ}$  oraz w pionie (ang. vertical FOV)  $+35^{\circ} \div -20^{\circ}$  lub  $+30^{\circ} \div -25^{\circ}$ .



W systemach tych wykorzystuje się między innymi technologie kosmiczne, wymagane są bardzo duże dokładności wykonania zwierciadeł półprzepuszczalnych, czy też tworzywowych lub szklanych ekranów projekcyjnych.

Przykładowy widok symulatora z systemem wizualizacji OMNIVUE [3] firmy Liberty Mirror pokazuje rys. 7



Rys.7. System wyświetlania kolimacyjnego OMNIVUE

#### 4. PODSUMOWANIE

- Symulacyjne techniki szkolenia obejmują coraz to nowe obszary i będą dominujące w najbliższych latach.
- Producenci symulatorów dążąc do coraz wierniejszego odwzorowania rzeczywistych warunków otoczenia wykorzystują najnowsze rozwiązania, w tym technologie kosmiczne.
- Systemy wizualizacji, na których opierają się współczesne symulatory, stanowią połączenie wielu najnowszych technik i technologii.
- Techniki te winny być coraz szerzej stosowane w urządzeniach treningowych tworzonych w OBRUM.
- Współczesne urządzenie treningowe, w tym symulatory, są urządzeniami drogimi, niemniej jednak koszty szkolenia przy ich użyciu są zdecydowanie niższe niż przy wykorzystywaniu sprzętu oryginalnego.
- Z uwagi na ograniczone ramy tego artykułu przedstawione i omówione zostały tylko wybrane rozwiązania systemów wizualizacji.
- Nie został omówiony tutaj istotny, trzeci element systemu wizualizacji, jakim jest baza danych. Obszerność tego zagadnienia wymaga oddzielnego artykułu.

## LITERATURA

- [1] N.Trevor.: Modern Visual Systems. Defence News. Marketing Supplement April 1996.
- [2] Industrial series: 9517PCD, 9519L PCD, 9519PCD, 9521PC. Materiały katalogowe firmy: CONRAC UK LIMITED.
- [3] OMNIVUE VISUAL DISPLAY SYSTEM. Materiały katalogowe firmy: LIBERTY MIRROR CO. USA.
- [4] Projection Display System PRODAS. Collimated Projection Display System PANORAMA. Materiały katalogowe firmy SEOS Displays Ltd. UK.
- [5] Simulated Sighting Systems. Materiały katalogowe firmy: DAVIN OPTRONICS LIMITED. UK.
- [6] Kompleksowy symulator z wizualizacją komputerową do szkolenia załóg czołgu PT-91 kr. BRSKID-3. Dokumentacja techniczna. OBRUM. Gliwice, 1999r.
- [7] Barcik J., Grabania M.Ł.: Exhibition and Conference ITEC-2000. Sprawozdanie z wyjazdu służbowego. OBRUM. Gliwice, kwiecień 2000r.
- [8] Buntен K.: EVANS & SUTHERLAND. Company Profile. MS&T. Nr 1/2000.
- [9] Combined Arms Tactical Trainer (CATT). Close Combat Tactical Trainer (CCTT). Comand and Staff Trainer (CAST). Materiały firmy: Lockheed Martin Information Systems. USA.
- [10] SPACE magic. Visual Systems. Materiały firmy: THOMSON TRAINING & SIMULATION. France, 1999r.
- [11] MILITARY NEWS. SIMULATION & TRAINING. Nr 2/2000. CAE Electronics. Canada.
- [12] MILITARY SIMULATION AND TRAINING. Materiały firmy: CAE Canada, 2000r.
- [13] Madejczyk J.L.: Systemy wizualizacyjne Silicon Graphics w zastosowaniach wojskowych. Materiały z konferencji: Technological Progres of Military Equipment. Sopot, 23÷24.09.1993r.
- [14] Silicon Graphics Onyx 2. Silicon Graphics 02. Visual Workstation. Materiały katalogowe firmy: SGI.USA,1999r.
- [15] Gunnery Training Simulator. Karta katalogowa. MANDATOR ITS. Sweden.
- [16] TOW Trainer. Karta katalogowa. Primary Image. UK.
- [17] Pro View XL35 & XL50 Head Mounted Displays. Sim EYE XL100 Head Maunted Display. Karty katalogowe firmy: KAISER ELEKTRO-OPTICS, Inc. USA.
- [18] Panoram PV 290. Panoram SUDS MK1. Karty katalogowe firmy: Panoram Technologies, Inc. USA.
- [19] SEOS Displays Ltd. Company Profile. Materiały firmy SEOS. UK.
- [20] Grabania M.Ł.: System prezentacji obrazu w symulatorze BESKID-3. Biuletyn Naukowo – Techniczny SPG nr 13/2000 OBRUM. Gliwice 2000r.

## **VISUALIZATION IN TRAINING EQUIPMENT**

**Abstract:** One of the basic elements of contemporary training equipment such as the visualization system is presented in the article. The most frequent used picture generation systems and selected equipment for arrangement of picture presentation is discussed in the article.

Recenzent: dr inż. Zbigniew PATURSKI