

Tomasz CZERWIŃSKI

Lotnicza Akademia Wojskowa
 e-mail: t.czerwinski@law.mil.pl

Krzysztof CUR

Lotnicza Akademia Wojskowa
 e-mail: k.cur@law.mil.pl; ORCID: 0000-0003-4552-445X

Adam RURAK

Lotnicza Akademia Wojskowa
 e-mail: a.rurak@law.mil.pl; ORCID: 0000-0002-5842-8048

Mariusz ZIEJA

Instytut Techniczny Wojsk Lotniczych
 e-mail: mariusz.zieja@itwl.pl; ORCID: 0000-0003-1494-4099

DOI: 10.55676/asi.v4i2.93

SKUTECZNOŚĆ SZKOLENIA LOTNICZEGO PILOTÓW SAMOLOTÓW BOJOWYCH Z WYKORZYSTANIEM ZINTEGROWANEGO SYSTEMU SZKOLENIA LOTNICZEGO SAMOLOTU M-346 „BIELIK” W POLSKICH SIŁACH POWIETRZNYCH

THE EFFECTIVENESS OF TRAINING MILITARY JET PILOTS USING THE INTEGRATED TRAINING SYSTEM OF THE M-346 “BIELIK” AIRCRAFT IN THE POLISH AIR FORCE

Streszczenie

W artykule opisano analizę skuteczności wykorzystania zintegrowanego systemu szkolenia lotniczego samolotu M-346 „Bielik” przez Polskie Siły Powietrzne. W artykule zaprezentowano poszczególne elementy systemu ITS (Integrated Training System) samolotu M-346 „Bielik” oraz ich możliwości. Elementem kluczowym dla oceny tego procesu szkolenia jest wykonywany podczas szkolenia pilotów samolotów bojowych atak na cel naziemny przy wykorzystaniu uzbrojenia nieprecyzyjnego. Przedstawiony sposób analizy zwraca uwagę na możliwość przeprowadzenia oceny procesu szkolenia oraz jego skuteczności w odniesieniu zarówno do pojedynczego pilota, jak i całej grupy szkoleniowej. W artykule zaprezentowano algorytm badania skuteczności, będący metodą weryfikacji skuteczności szkolenia lotniczego na podstawie danych, pochodzących z rzeczywistego systemu eksploatacji samolotu M-346 „Bielik”. Wykazano, iż istnieje ciągła możliwość modyfikacji i weryfikacji procesu szkolenia lotniczego pilotów samolotów bojowych na samolocie M-346 „Bielik” z wykorzystaniem zintegrowanego systemu szkolenia lotniczego.

Słowa kluczowe: proces szkolenia pilotów wojskowych, zintegrowany system szkolenia lotniczego, zaawansowane wojskowe szkolenie lotnicze, badanie skuteczności, pilot wojskowych samolotów bojowych, atakowanie celów naziemnych, bombardowanie

Abstract

The article describes an analysis of the effectiveness of using the Integrated Training System (ITS) of the M-346 “Bielik” aircraft by the Polish Air Force. It presents the individual elements of the M-346 “Bielik” aircraft’s ITS and their capabilities. A crucial aspect in assessing this training process is conducting ground attack training for pilots using imprecise weaponry. The analysis method highlighted focuses on evaluating the training process and its effectiveness, both for individual pilots and the entire training group. The article introduces an algorithm for assessing effectiveness, serving as a method to verify the effectiveness of aviation training based on data from the actual operation of the M-346 “Bielik” aircraft system. It demonstrates the continuous potential for modifying and verifying the training process for pilots of combat aircraft on the M-346 “Bielik” using the Integrated Training System.

Keywords: military pilot training process, integrated training system, advanced military pilot training, effectiveness assessment military, jet pilot ground target attack, bombing

Wyposażenie Sił Powietrznych w samoloty bojowe najnowszej generacji stawia przed przyszłymi pilotami samolotów bojowych, jak również przed organizującymi i planującymi szkolenie lotnicze nowe wymagania i wyzwania. Przyszłość Polskich Sił Powietrznych, oparta o samoloty F-16 Block 52+ oraz samoloty V generacji, jakim jest Lockheed Martin F-35 Lightning II, wymaga od pilotów funkcjonowania w nowym, zaawansowanym technologicznie środowisku. W celu przeprowadzenia efektywnego i skutecznego treningu pilotów samolotów bojowych Polskie Siły Powietrzne oparty szkolenie lotnicze na nowoczesnych samolotach szkolnych, samolotach M-346 „Bielik” wykorzystują zintegrowany system szkolenia lotniczego. Oprócz samego samolotu w skład zintegrowanego systemu szkolenia lotniczego tego samolotu wchodzi też system treningu naziemnego oraz system wsparcia misji (rys. 1).

Wszystkie te elementy ściśle ze sobą współpracują i uzupełniają się wzajemnie w celu najefektywniejszego wyszkolenia pilotów. Ważnym podkreślenia jest fakt, iż samolot M-346 „Bielik” posiada zdolność do symulacji systemów, jak i uzbrojenia samolotu bojowego F-16 Block 52+. Zintegrowany system szkolenia lotniczego M-346 „Bielik” przygotowuje do wykonywania misji bojowych z użyciem uzbrojenia realnego, przy wykonywaniu wszystkich czynności, procedur i technik, jak na samolocie bojowym. Dzięki temu wykorzystanie zintegrowanego systemu szkolenia ITS (ang. Integrated Training System) w treningu pilotów samolotów bojowych jest zoptymalizowane i efektywne. Do elementów polskiego zintegrowanego systemu szkolenia lotniczego samolotu M-346 „Bielik” należy zaliczyć^{1,2,3,4}:

- 16 szt. – samolot M-346 „Bielik”;
- 1 FMS – symulator FMS (ang. Full Mission Simulator);
- 1 FTD – symulator FTD (ang. Flying Training Device);
- 1 EPT – symulator procedur awaryjnych EPT (ang. Emergency Procedure Trainer);
- 8 MPDS – stacja planowania misji i debriefingu (ang. Mission Planning-Debriefing Station);
- CBT – stacje treningu wirtualnego CBT (ang. Computer Based Trainer);
- TMIS – system zarządzania informacjami treningu (ang. Training Management Information System);
- 7 SBT – symulator lotu na PC (ang. Simulated Based Trainer).

Bardzo istotnym warunkiem współczesnego treningu pilotów samolotów bojowych jest fakt, iż szkolenie pilotów wojskowych odbywa się przy wykorzystaniu wszystkich elementów zintegrowanego systemu szkolenia lotniczego. Żaden z etapów szkolenia nie może być traktowany jako niezależny proces. Nowoczesne podejście do procesu szkolenia lotniczego wymusza stworzenie zestawu procesów szkoleniowych współzależnych od siebie i wzajemnie się uzupełniających. Zakończenie jednej z faz procesu szkolenia jest warunkiem rozpoczęcia następnego etapu szkolenia. Podejście takie

¹ M-346 dla polskiego wojska, <http://www.m-346.com/m-346/szkolenie-pilotow/system-gbts> [dostęp: 9.11.2020].

² D. Bogusz, Symulatory i trenażery lotnicze w szkoleniu pilotów wojskowych w Polsce, LAW, Dęblin 2022.

³ Ground Based Training System, <http://www.leonardocompany.com/en/-/gbts> [dostęp: 7.11.2020].

⁴ Exploiting M346 Master in Dissimilar Air Combat Training and Companion Training roles, Polish Air Force Academy 90th Anniversary, Dęblin 19.06.2015.

stanowi znaczące wyzwanie dla zintegrowanego systemu szkolenia lotniczego ze względu na analizę kosztów i korzyści. Dodatkowo stawia ono wysokie wymagania, dotyczące efektywności szkolenia przyszłego pilota odrzutowych samolotów bojowych oraz wymusza tworzenie wysoce zoptymalizowanej struktury całego systemu oraz budowy organizacji (rys. 2)^{5,6,7}.

Początkowe szkolenie lotnicze z użyciem Zintegrowanego Systemu Szkolenia Lotniczego samolotu M-346 „Bielik” bazuje na zdobywaniu wiedzy teoretycznej dzięki prezentacjom multimedialnym z wykorzystaniem stacji systemu wirtualnego CBT. Następnie zdobyta wiedza jest utrwalana, a nowe umiejętności nabywane są z wykorzystaniem urządzeń treningowych SBT, bazujących na komputerach PC. Etap ten stanowi podstawę do nabycia elementarnych i głównych umiejętności obsługi i wykorzystania systemów i urządzeń samolotu M-346 „Bielik”. W kolejnym etapie szkolenia przyszli piloci samolotów M-346 „Bielik” wykorzystują w szkoleniu symulator procedur awaryjnych EPT oraz kompleksowy symulator lotu FMS lub FTD. Symulatory czy urządzenia treningowe na tym etapie są dobierane w zależności od profilu zadania, jego złożoności, ale przede wszystkim od celów, jakie należy osiągnąć na danym etapie szkolenia. Cele te są ściśle określone nie tylko w programie szkolenia, ale także monitorowane poprzez system zarządzania informacjami treningu TMIS. Weryfikacja całego procesu przygotowania następuje podczas misji realizowanej w powietrzu na pokładzie samolotu M-346 „Bielik”^{8,9,10}. Na każdym etapie szkolenia lot samolotu poprzedzony może być wykonaniem misji na symulatorze. Zintegrowany system szkolenia lotniczego umożliwi przygotowanie, zaplanowanie, wykonanie misji oraz analizę jej wykonania, będącą swego rodzaju weryfikacją procesu przygotowania zarówno po wykonaniu misji na symulatorze, jak i na realnym samolocie.

Jednym z trzech głównych elementów zintegrowanego systemu szkolenia lotniczego jest system przygotowania i treningu naziemnego (GBTS) (rys. 3). Jego pierwszym elementem jest system przygotowania teoretycznego. Jak wskazuje nazwa, system ten ma za zadanie umożliwić uczestnikom szkolenia poznanie wszystkich systemów, układów i elementów samolotu M-346 „Bielik” oraz daje możliwość poznania wszystkich procedur związanych z normalnym i awaryjnym eksploataowaniem tych systemów i układów. Dodatkowo system ten daje możliwość oceny stopnia przygotowania oraz poziomu wiedzy przyswajanej przez szkolenych. Ponadto system ten dzięki wykorzystaniu funkcji zarządzania procesem nauki (LMS – Learning Management System) pomaga sprawnie i efektywnie zarządzać całym procesem szkolenia teoretycznego.

Kolejny element systemu przygotowania i treningu naziemnego GBTS stanowią symulatory lotu, które pełnią bardzo ważną rolę w procesie szkolenia pilotów

⁵ K. Madej, J. Kozuba, Technology as a capability enhancement in the air training, 6th International Conference on Military Technologies. ICMT 2017, Brno 2017.

⁶ Exploiting M346 Master..., dz. cyt.

⁷ D.R. Walker, The Impact of Training Context on Performance in Simulator-Based Aviation Training. MODSIM Paper No. 11 2015.

⁸ K. Madej, J. Kozuba, Technology as a capability..., dz. cyt.

⁹ Ground Based Training System, dz. cyt.

¹⁰ Exploiting M346 Master..., dz. cyt.

współczesnych samolotów bojowych. Składowymi elementami nowoczesnego procesu szkolenia lotniczego są ćwiczenia wykonywane na symulatorach lotu. Ilość ćwiczeń, wykonywanych na symulatorach oraz w powietrzu w samolocie, powinna być analizowana i weryfikowana w zależności od poziomu przygotowania szkolonych pilotów, jak również dostępności sprzętu lotniczego (samolotów) oraz weryfikowana ze względu na skuteczność szkolenia lotniczego. Do czterech głównych rodzajów symulatorów, wchodzących w skład zintegrowanego systemu szkolenia lotniczego zaliczamy: kompleksowy symulator lotu samolotu M-346 „Bielik” (FMS) (rys. 4); symulator częściowy zadań samolotu M-346 „Bielik” (FTD) (rys. 5); symulator procedur awaryjnych samolotu M-346 „Bielik” (EPT) oraz symulator szkoleniowy oparty o komputery PC (SBT).

Symulatory te umożliwiają kompleksowe naziemne wsparcie szkolenia lotniczego dla pilotów samolotów bojowych i stanowią ważne narzędzie w procesie szkolenia specjalistycznego dla personelu technicznego. Każdy z symulatorów wykorzystywany jest do realizacji nauki i praktyki korzystania z normalnych, awaryjnych, nawigacyjnych i taktycznych procedur samolotu M-346 „Bielik”. W procesie szkolenia personelu latającego, pilotów samolotów bojowych symulatory przeznaczone są głównie do następujących zadań^{11, 12, 13}:

- nauki i treningu manualnych procedur użycia urządzeń i systemów samolotu M-346 „Bielik” w środowisku pracy pilota;
- nauki i treningu wykonywania lotów VFR i IFR w każdych zaprogramowanych warunkach pogodowych zarówno w dzień, jak i w nocy;
- nauki i treningu prowadzenia korespondencji radiowej;
- nauki i treningu postępowania w sytuacjach awaryjnych i sytuacjach szczególnych, mogących wystąpić na pokładzie samolotu M-346 „Bielik” zarówno w locie, jak i podczas eksploatacji na ziemi;
- treningu podstawowych i zaawansowanych technik pilotażu;
- treningu wykonywania zadań taktycznych zarówno pojedynczo, jak i w ugrupowaniu, przy współdziałaniu pomiędzy symulatorami, jak i elementami treningu wygenerowanymi cyfrowo;
- praktycznego przygotowania i przetrenowania nowych elementów przez personel latający przed wykonaniem tych zadań w powietrzu;
- nauki i treningu prawidłowego wykonywania procedur obsługi i wykorzystywania instalacji, systemów i wyposażenia pokładowego oraz zespołu napędowego samolotu M-346 „Bielik”;
- nauki i treningu procedur przedstartowych wykonywanych w trybie normalnym i awaryjnym.

Wszystkie powyższe zadania mogą być realizowane zarówno przez symulator FMS, jak również symulator FTD dzięki posiadaniu przez nie pełnowymiarowej repliki przedniego kokpitu samolotu M-346 „Bielik”. FMS i FTD działają dzięki odwzorowaniu

¹¹ M-346 dla polskiego wojska, dz. cyt.

¹² Ground Based Training System, dz. cyt.

¹³ Exploiting M346 Master in Dissimilar Air Combat..., dz. cyt.

zachowania się samolotu i rzeczywistej pracy jego przyrządów pilotażowo-nawigacyjnych, systemów oraz wyposażenia pokładowego. Symulatory zapewniają symulację^{14, 15, 16, 17}:

- rzeczywistego modelu lotu samolotu oraz jego rzeczywisty sposób poruszania się na ziemi;
- rzeczywistej pracy systemów, układów i urządzeń pokładowych samolotu;
- efektów dźwiękowych w kabinie;
- efektów drżenia samolotu przy okołokrytycznych kątach natarcia;
- pracy spodni przeciwwprężeniowych, układu tlenowego.

Dodatkowo praca każdego z symulatorów jest kontrolowana ze stanowiska instruktora kompatybilnego z całym Systemem Treningu Naziemnego – GBTS. Generowany obraz terenu oraz warunki lotu można uzyskać dla wybranej pory roku, dnia i warunków atmosferycznych. System wizualizacji symulatorów FMS i FTD zapewnia realistyczny, generowany komputerowo obraz wyświetlany na sferycznych ekranach. System wizualizacji generuje i wyświetla realistyczne środowisko syntetyczne, łącząc cechy terenowe, topograficzne i środowiskowe wymagane do realizacji praktycznych zadań szkoleniowych. Oba symulatory zapewniają interaktywne szkolenie personelu latającego. Jediną różnicą pomiędzy symulatorami FMS i FTD jest układ zobrazowania poza kabiną samolotu. W symulatorze FMS układ projektorów i ekranu zapewnia pole widzenia w zakresie 360° w poziomie oraz 130° w pionie natomiast w symulatorze FTD układ projektorów i ekranu zapewnia pole widzenia w zakresie 220° w poziomie oraz 100° w pionie^{18, 19, 20, 21}.

Symulator procedur awaryjnych (EPT) przeznaczony jest do naziemnego szkolenia i treningu pilotów samolotu M-346 „Bielik” w celu nabycia przez nich umiejętności związanych z prawidłową oceną sytuacji szczególnej, awaryjnej mogącej wystąpić na pokładzie samolotu M-346 „Bielik” od momentu zajęcia miejsca w kabinie do wyłączenia samolotu po wykonaniu zadania. Symulator ten umożliwi trening wykonania prawidłowych czynności w przypadku zaistnienia sytuacji wymienionych powyżej z katapultowaniem włącznie (rys. 6)^{22, 23, 24, 25}.

¹⁴ M-346 dla polskiego wojska, dz. cyt.

¹⁵ Ground Based Training System, dz. cyt.

¹⁶ Exploiting M346 Master in Dissimilar Air Combat..., dz. cyt.

¹⁷ Instrukcja użytkownika – opis techniczny. Kompleksowy symulator, Finmeccanica Aircraft Division, 2016.

¹⁸ M-346 dla polskiego wojska, dz. cyt.

¹⁹ Ground Based Training System, dz. cyt.

²⁰ Exploiting M346 Master in Dissimilar Air Combat Training and Companion Training roles. Polish Air Force Academy 90th Anniversary, Dęblin 19.06.2015.

²¹ Instrukcja użytkownika – opis techniczny..., dz. cyt.

²² M-346 dla polskiego wojska, dz. cyt.

²³ Ground Based Training System, dz. cyt.

²⁴ Exploiting M346 Master..., dz. cyt.

²⁵ Instrukcja użytkownika – opis techniczny (IUOT). Symulator procedur awaryjnych EPT M-346 (EPT M-346). ETC-PZL Aerospace Industries Sp. z o. o. 2018.

Symulator EPT umożliwia naukę i trening posługiwania się systemem ratowniczym samolotu M-346 „Bielik” z uwzględnieniem^{26, 27, 28, 29}:

- podstawowych czynności wykonywanych przez pilota po zajęciu miejsca na fotelu katapultowym;
- procedur postępowania oraz wykonywania prawidłowych czynności w sytuacjach awaryjnych ze szczególnym uwzględnieniem tych, które wymagają opuszczenia statku powietrznego przy użyciu fotela katapultowego w locie oraz na ziemi;
- nauki zajmowania przez pilota prawidłowej pozycji podczas procesu katapultowania;
- wykonania symulacji katapultowania z samolotu;
- ćwiczenia czynności związanych z katapultowaniem z uwzględnieniem komplikacji podczas tego procesu.

Powyższe czynności mogą być zrealizowane dzięki następującym elementom tego symulatora EPT^{30, 31, 32, 33}:

- wyrzucany pneumatycznie fotel katapultowy;
- symulowany kokpit samolotu;
- stanowisko instruktora;
- pneumatyczny system wynoszenie fotela z kabiny – maksymalne przeciążenie 4G;
- system komunikacji z instruktorem/kontrolerem ATC/załogą innego statku powietrznego.

W pierwszym etapie szkolenia główny nacisk położony jest na symulatory szkoleniowe, bazujące na komputerach PC, symulatory SBT. Symulatory te wykorzystywane są do szkolenia pilotów w zakresie umiejętności wymaganych przez program szkolenia lotniczego, zapewniając optymalną konsolidację środowiska pozyskiwania wiedzy w sali szkoleniowej i przejście do bardziej wyrafinowanego środowiska pracy pilota, jakim jest kabina samolotu. Głównym celem treningu i nauki na symulatorze SBT jest zapewnienie szkolonym pilotom wirtualnego środowiska oraz graficznego interfejsu człowiek-maszyna, zbliżonego do kabiny samolotu, co pozwoli na rozwinięcie niezbędnych umiejętności praktycznych oraz nabranie niezbędnej pewności w realizacji głównych procedur wymaganych podczas wykonywania misji szkoleniowych przy jednoczesnym ograniczeniu kosztów szkolenia. Istotne funkcje sterowania samolotem są realizowane poprzez odtworzenie elementów systemu HOTAS, jakimi są drążek sterowy oraz dźwignia sterowania silnikiem, które zainstalowane są w rzeczywistym statku powietrznym. Ponadto wszystkie systemy, układy, urządzenia występujące w kabynie zostały rzetelnie odtworzone, a efekt systemowy jest tożsamy z realnym samolotem. Każde ze stanowisk symulatora SBT posiada sterownice nożne

²⁶ M-346 dla polskiego wojska, dz. cyt.

²⁷ Ground Based Training System, dz. cyt.

²⁸ Exploiting M346 Master..., dz. cyt.

²⁹ Instrukcja użytkownika – opis techniczny (IUOT)..., dz. cyt.

³⁰ M-346 dla polskiego wojska, dz. cyt.

³¹ Ground Based Training System, dz. cyt.

³² Exploiting M346 Master..., dz. cyt.

³³ Instrukcja użytkownika – opis techniczny (IUOT)..., dz. cyt.

do odtworzenia wirtualnego sterowania sterem kierunku oraz układem sterowania przednim kołem samolotu, a także układem hamowania kół. Sterowanie każdym przełącznikiem samolotu, elementami odpowiedzialnymi za sterowanie systemami samolotu możliwe jest dzięki wykorzystaniu ekranu dotykowego lub za pomocą kursora myszy (rys. 7)^{34, 35, 36, 37}.

Bardzo ważnym elementem Systemu Treningu Naziemnego jest System Zarządzania Elementami Treningu TMIS. System ten zbiera wszystkie informacje związane ze szkoleniem personelu latającego i dystrybuuje je do innych elementów zintegrowanego systemu szkolenia lotniczego^{38, 39, 40, 41}.

System zarządzania elementami treningu odpowiada za następujące funkcje:

- publikacja lekcji w zależności od etapu szkolenia;
- monitorowanie postępu kursu przez MPDS w oparciu o program szkolenia;
- uaktualnianie misji z możliwością płynnego dostosowania do faktycznych i aktualnych postępów szkolonego pilota;
- monitorowanie postępów w szkoleniu teoretycznym studenta i tworzenie pełnego obrazu osiągnięć szkolonego;
- monitorowanie nalotu pilotów oraz samolotów.

Realizacja powyższych funkcji możliwa jest za pomocą modułów systemu zarządzania elementami treningu, modułów odpowiedzialnych za:

- zarządzanie informacjami personelu;
- zarządzania kursem;
- planowania zasobami;
- zarządzaniem materiałami szkoleniowymi;
- raportowanie i analizę;
- zarządzanie operacjami lotniczymi^{42, 43, 44, 45}.

System Wsparcia Misji (MSS) obejmuje System Planowania Misji i Debriefingu (MPDS), działający w pięcioletowym cyklu szkoleniowym zorientowanym na misję. Każda faza cyklu, z wyjątkiem samej misji, korzysta z oddzielnej funkcji Systemu Planowania Misji i Debriefingu. Misja może być wykonywana na realnym samolocie lub na symulatorze lotu, takim jak kompleksowy symulator lotu FMS lub częściowy symulator lotu FTD. Dzięki Systemowi Wsparcia Misji możliwe jest wykonanie szeregu działań poprzedzających wykonanie zadania w powietrzu lub na symulatorze, takich jak zarządzanie danymi, edycja obiektów, edycja doktryn, planowanie i próby

³⁴ M-346 dla polskiego wojska, dz. cyt.

³⁵ Ground Based Training System, dz. cyt.

³⁶ Exploiting M346 Master..., dz. cyt.

³⁷ Instrukcja użytkownika – opis techniczny..., dz. cyt.

³⁸ M-346 dla polskiego wojska, dz. cyt.

³⁹ Ground Based Training System, dz. cyt.

⁴⁰ Exploiting M346 Master..., dz. cyt.

⁴¹ Instrukcja użytkownika – opis techniczny..., dz. cyt.

⁴² M-346 dla polskiego wojska, dz. cyt.

⁴³ Ground Based Training System, dz. cyt.

⁴⁴ Exploiting M346 Master..., dz. cyt.

⁴⁵ Instrukcja użytkownika – opis techniczny..., dz. cyt.

ćwiczeń, edycja ORBAT/ATO, wspólne planowanie misji połączonych (JMPS), próby misji oraz menedżer transferu danych.

Samolot M-346 „Bielik” charakteryzuje się wysokimi osiągnięciami manewrowymi oraz zaawansowanym wyposażeniem. Samolot ten umożliwia szkolenie przyszłych pilotów samolotów bojowych, w tym wykonywanie lotów taktycznych w ugrupowaniach, a także zaawansowany trening wraz z samolotami bojowymi jako agresor. Samolot M-346 „Bielik” wyposażony jest w turbowentylatorowe silniki Honeywell F124-GA-200, system sterowania Fly By Wire oraz system kontroli FADEC. Układ sterowania samolotem pozwala na automatyczną rekonfigurację w przypadku awarii i zapewnia stabilność lotu. Samolot może symulować pełne uzbrojenie samolotów bojowych i jest wyposażony we wbudowany system szkolenia taktycznego (ETTS), który umożliwia trening z użyciem zaawansowanego uzbrojenia oraz symulację różnych scenariuszy misji taktycznych. System ten umożliwia współpracę samolotów zarówno w środowisku symulacyjnym, jak i rzeczywistym, co pozwala na skuteczne szkolenie pilotów. Jedną z funkcji wbudowanego systemu szkolenia taktycznego jest funkcja trafiania celu bez zwolnienia środka bojowego (NDS), która służy do oceny skuteczności wykonania ataków powietrze-ziemia podczas treningu. Narzędzie to umożliwia graficzną interpretację danych dotyczących ataków oraz pozwala na analizę skuteczności działań.

Samolot M-346 „Bielik” wykorzystuje zaawansowany system szkolenia taktycznego (ETTS), który umożliwia symulację różnych rodzajów uzbrojenia, w założeniu pełnego uzbrojenia wykorzystywanego na samolocie F-16 Block 52+. Użycie tego zaawansowanego uzbrojenia wymaga odpowiedniego szkolenia w powietrzu, obejmującego podstawowe manewry atakowania celów naziemnych przy użyciu niekierowanego uzbrojenia bombardierskiego. Atakowanie celów naziemnych przy użyciu niekierowanych środków bojowych ma kluczowe znaczenie dla budowania umiejętności taktycznych pilotów przyszłych samolotów bojowych.

Analizując zestawienie ćwiczeń oraz procedury wykonania ataków powietrze-ziemia, można zauważyć, że trening atakowania celów naziemnych jest skomplikowany i obejmuje wiele etapów. Warto zwrócić uwagę na kilka kluczowych aspektów:

- Pierwsze misje powietrze-ziemia są wykonywane z użyciem niekierowanego uzbrojenia lotniczego, aby nauczyć pilotów podstawowych czynności i taktyki atakowania celów naziemnych.
- Istnieją konkretne procedury dotyczące lotów na poligonie lotniczym oraz wykonywania ataków powietrze-ziemia poza poligonami lotniczymi.
- Atakowanie celów naziemnych można przeprowadzać zarówno z lotu nurkowego, jak i z lotu poziomego, przy użyciu odpowiednich manewrów.
- Procedury ataków powietrze-ziemia wykorzystujące niekierowane uzbrojenie bombardierskie obejmują różne profile ataków, takie jak manewr box pattern i pop-up. Każdy z tych manewrów ma swoje charakterystyczne parametry, które muszą być zachowane przez pilota w celu skutecznego ataku.
- Misja SA (Surface Attack) na samolocie M-346 „Bielik” ma na celu zniszczenie z powietrza celu naziemnego przy użyciu nieprecyzyjnego uzbrojenia

bombardierskiego, takiego jak bomby Mk 83 LD, symulowanego przez system ETTS. Skuteczność misji SA oraz poziom wyszkolenia ocenia się poprzez celowanie zgodne z nakazanymi parametrami bombardowania i trafienie celu za pomocą treningowego uzbrojenia bombardierskiego BDU-33 D/B.

Każda wykonana misja SA:

- zwiększa doświadczenie w atakowaniu celów naziemnych;
- podnosi świadomość zagrożeń podczas rzeczywistego zadania bojowego;
- rozwija nawyki wykonywania zadań lotniczych poprzez wielokrotne powtórzenia ataków na cele naziemne;
- dostarcza doświadczenia dotyczące zależności umieszczenia punktu celowania i utrzymania parametrów zrzutu.

Ważne jest, aby utrzymywać dobre nawyki i eliminować błędne poprzez szczegółowe omówienia każdej wykonanej misji. Standardy lotów szkoleniowych mają bezpośredni wpływ na standardy misji operacyjnych. Metody oceny skuteczności szkolenia lotniczego powinny uwzględniać cały proces szkolenia oraz grupę szkoloną. Analizując populację pilotów samolotów M-346 „Bielik” podczas ich treningu i szkolenia w 41. Bazie Lotnictwa Szkolnego w Dęblinie, zebrano dane wykonanych misji SA, polegających na ataku na cel naziemny z użyciem uzbrojenia bombardierskiego.

Przedmiotem analizy było wykonanie misji SA na atakowanie celu naziemnego zgodnie z obowiązującymi ćwiczeniami na samolocie M-346 „Bielik”. Analiza została oparta na atakach wykonanych w misjach powietrznych, gdzie po wykonaniu poszczególnych ataków na cele naziemne, a następnie pozyskaniu danych z MPDS, zarejestrowanych w momencie użycia przez pilota przycisku bojowego (WRB), poddano analizie poniższe dane (zmiennie do badania):

- kąt nurkowania – zmienna pitch;
- prędkość bombardowania – zmienna CAS (ang. Calibrated Air Speed);
- wysokość bombardowania – zmienna altitude;
- przechylenie samolotu – zmienna roll;
- przeciążenie – zmienna G.

W wyniku rozmów z instruktorami, korzystając z doświadczenia eksperckiego autorów, wykorzystano poniższe zmiennie, pochodzące z analizy wykonanych ataków:

- pitch;
- CAS;
- altitude.

Analizując dane z wykonanych ataków oraz dodatkowo korzystając z narzędzia NDS, uzyskano ocenę, będącą zmienną „scoring”, dla każdego wykonanego ataku. Ponadto dla każdego wykonanego ataku, dzięki szczegółowej analizie parametrów zrzutu na stacji MPDS oraz zgodnie z kryteriami ocen zawartymi w dokumentach normatywnych szkolenia lotniczego na samolocie M-346 „Bielik”, otrzymano zmienną „ocena”.

Rozkład normalny danych był jednym z kluczowych założeń analizy. Wprowadzono podstawowe pojęcia matematyczne, takie jak przestrzeń wyników, zdarzenia, funkcję

prawdopodobieństwa oraz zmienną losową. Analiza rozkładu normalnego została opisana za pomocą funkcji gęstości prawdopodobieństwa oraz definicji wartości oczekiwanej i wariancji.

Dysponując danymi zebranymi w procesie szkolenia i treningu pilotów opracowana została metoda oceny efektywności szkolenia lotniczego z wykorzystaniem Zintegrowanego Systemu Szkolenia Lotniczego samolotu M-346 „Bielik”.

Metodę tę rozpoczynają czynności przygotowawcze, następnym etapem jest wykonanie misji SA na samolocie M-346 „Bielik”. Po wykonanej misji w procesie analizy, przy wykorzystaniu MPDS, zebrano przedstawione dane wejściowe (analizowane zmienne). Kolejny etap stanowi opracowanie badań. Pierwszym krokiem tego etapu jest badanie korelacji monotonicznej pomiędzy zmienną „ocena” a zmienną „scoring”. Brak korelacji pomiędzy zmienną „ocena” a zmienną „scoring” dotyczy problemu braku subiektywnej oceny skuteczności procesu szkolenia, zwłaszcza w kontekście utrzymania parametrów pilotażu. Zastosowane oprogramowanie na samolocie M-346 „Bielik” umożliwia ocenę pilota na podstawie zmiennej „scoring”, która opiera się na parametrach opisujących dokładność wykonania ćwiczenia, jednak brak jest dokumentacji dotyczącej algorytmu jej wyliczenia. Natomiast zmienna „ocena” wystawiana przez instruktora, mimo oparcia na normach ocen, jest podatna na czynnik ludzki. Czynniki te wpływają na przejście do kolejnych kroków oceny efektywności szkolenia lotniczego. W związku z tym, iż nie istnieje zależność monotoniczna pomiędzy tymi zmiennymi przechodzi się do kolejnego kroku, badania wpływu istotności zmiennych zależnych: „altitude”, „CAS” oraz „pitch”, na zmienną zależną „ocena”. Konsekwencją tego badania jest porównanie, czy typy zmiennej niezależnej wpływają w jednakowy sposób na zmienną zależną. Głównym narzędziem tej części jest analiza ANOVA – na którą składa się badanie normalności i jednorodności wariancji, która wykazuje, iż można przyjąć, że zmienne zależne „altitude”, „CAS” oraz „pitch” w sposób istotny statystycznie wpływają na zmienną „ocena”. Kolejny etap stanowi badanie regresji liniowej wielokrotnej, celem wykazania, która ze zmiennych „altitude”, „CAS” oraz „pitch” ma najistotniejszy wpływ na zmienną „ocena”. Wyniki wskazują, że zmienna „altitude” ma istotny wpływ na zmienną „ocena”, podczas gdy zmienne „pitch” i „CAS” nie wykazują istotnego wpływu. Następnie, biorąc pod uwagę jedynie zmienną „altitude”, korzystając z prostej regresji liniowej, otrzymano współczynnik kątowy, który stanowi wskaźnik skuteczności szkolenia. Szkolenie można uznać za efektywne, jeśli współczynnik kątowy prostej otrzymanej metodą najmniejszych kwadratów jest ujemny. Jest to ostatni etap oceny skuteczności szkolenia pilotów poprzez zintegrowany system szkolenia lotniczego samolotu M-346 „Bielik”. Wykorzystana została prosta regresja liniowa do oceny związku między zmiennymi ilościowymi.

Analiza przeprowadzonych badań oraz wykonanych ataków na cele naziemne przy użyciu niekierowanego uzbrojenia bombardierskiego przy zastosowaniu Zintegrowanego Systemu Szkolenia Lotniczego M-346 „Bielik” umożliwiła stworzenie **algorytmu badania skuteczności tego szkolenia** (rys. 8). Metodyka tego sprawdzenia umożliwia racjonalne użytkowanie samolotu M-346 „Bielik” w procesie szkolenia przyszłych

pilotów samolotów bojowych, jak również w czasie treningu ciągłego pilotów wykonujących loty na tym samolocie.

Algorytm rozpoczynają **czynności przygotowawcze**. Kolejnym etapem jest **wykonanie lotu** samolotem M-346, wynikiem czego jest otrzymanie zmiennych wejściowych odnoszących się do każdego wykonanego ataku. Następnym etapem jest **analiza** otrzymanych **wyników**, korzystając z omówionych wcześniej narzędzi i w efekcie otrzymanie **wskaźnika kąтового w regresji liniowej**, będącego miarą skuteczności szkolenia dla poszczególnych pilotów podlegających badaniu. Pozwala to:

- na wnioskowanie o jakości szkolenia lotniczego badanych;
- określenie dalszego kierunku szkolenia badanych.

Jeżeli współczynnik kątowy jest **ujemny (szkolenie efektywne)**, pilot kontynuuje szkolenie, natomiast jeżeli współczynnik kątowy jest **dodatni (szkolenie nieefektywne)**, pilot zostaje skierowany do określenia przydatności przez NZAPL. Po spotkaniu tego zespołu:

- szkoleny otrzymuje dodatkowy lot na poprawienie się, lub
- szkoleny zostaje wydalony ze szkolenia, lub
- szkoleny kontynuuje szkolenia, jednak po zatwierdzeniu przez Nieetatowy Zespół Analizy Personelu Latającego. Rozwiązanie takie musi zostać ze względu na specyfikę wojskowego szkolenia lotniczego.

Istotnym jest fakt, iż ocena skuteczności opiera się zawsze na ostatnich 5 lotach na misje SA i może być prowadzona ciągle, nawet po wykonaniu dodatkowych misji lub w przypadku pilotów uczestniczących w treningu ciągłym. Jeżeli grupa szkoleniowa wykonuje 6 ćwiczeń SA, badanie skuteczności opiera się na analizie ostatnich 5 misji SA. Wyniki są następnie poddawane analizie, a wskaźnik kątowy w regresji liniowej służy jako miara skuteczności szkolenia dla poszczególnych pilotów. Na podstawie tego wskaźnika można wnioskować o jakości szkolenia i określić dalszy kierunek szkolenia.

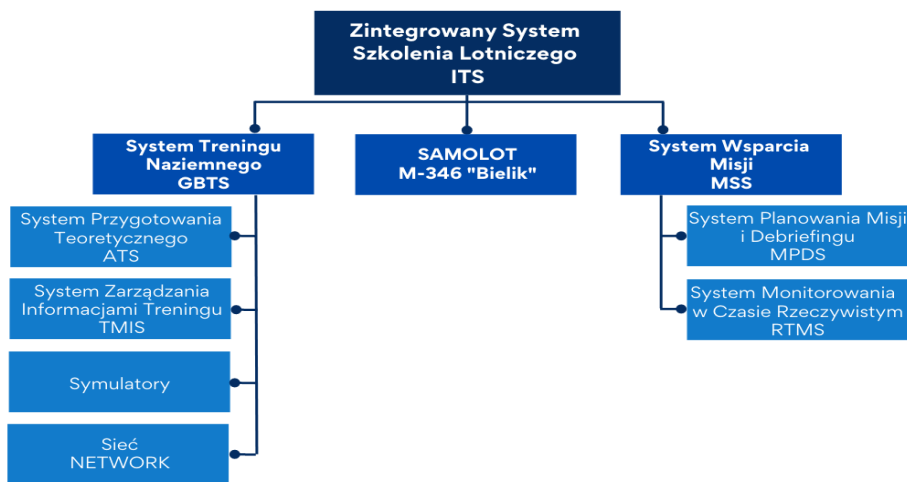
Badanie skuteczności zintegrowanego systemu szkolenia lotniczego oparto na analizie systemu szkolenia pilotów samolotów odrzutowych w Siłach Zbrojnych RP, ze szczególnym uwzględnieniem szkolenia w Lotniczej Akademii Wojskowej i 4. Skrzydle Lotnictwa Szkolnego w Dęblinie. Przeanalizowano również proces szkolenia pilotów, odnosząc się do danych ilościowych charakterystycznych dla poszczególnych grup szkoleniowych.

Wnioski z analizy systemu szkolenia lotniczego w Polskich Siłach Zbrojnych potwierdzają, że metoda oceny skuteczności szkolenia pilotów samolotów bojowych z wykorzystaniem Zintegrowanego Systemu Szkolenia Lotniczego samolotu M-346 „Bielik” została opracowana prawidłowo. Dokonana analiza identyfikuje niedostatki dotychczasowego szkolenia, skupiając się na konieczności utrwalania procedur charakterystycznych dla misji bojowych. Zaproponowany algorytm oceny skuteczności szkolenia może być wykorzystywany zarówno w procesie szkolenia, jak i w treningu ciągłym pilotów. Implementacja tej metody może przyczynić się do podniesienia skuteczności szkolenia pilotów samolotów bojowych, zachowując priorytetowe warunki bezpieczeństwa.

Przeprowadzone badania i analizy wykonanych ataków na cele naziemne przy użyciu niekierowanego uzbrojenia bombardierskiego dzięki zastosowaniu Zintegrowanego Systemu Szkolenia Lotniczego samolotu M-346 „Bielik” pozwoliły określić metodykę badania skuteczności tego szkolenia. Metodyka tego sprawdzenia umożliwi racjonalne użytkowanie samolotu M-346 „Bielik” w procesie szkolenia przyszłych pilotów samolotów bojowych, jak również w czasie treningu ciągłego pilotów, wykonujących loty na tym samolocie.

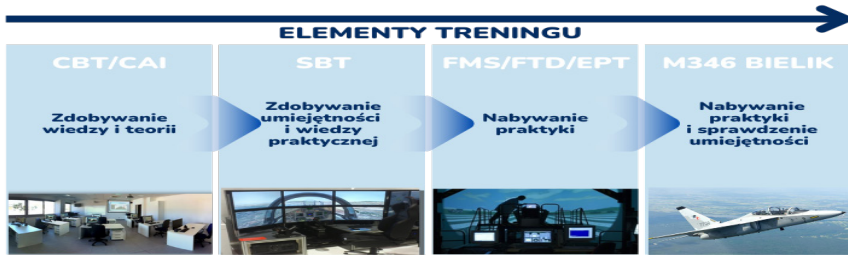
Wnioski płynące z analizy systemu szkolenia lotniczego samolotu M-346 „Bielik” wskazują na jego kompleksowość i wszechstronność. Wyposażenie w nowoczesne symulatory oraz systemy wsparcia pozwala na efektywne przygotowanie pilotów do operowania na zaawansowanych samolotach bojowych. Skuteczność procesu szkolenia może być oceniana dzięki analizie danych szkoleniowych i parametrów misji, co pozwala na ciągłe doskonalenie szkolenia lotniczego.

Podsumowując, zakup i wprowadzenie do eksploatacji w Polskich Siłach Powietrznych Zintegrowanego Systemu Szkolenia Lotniczego samolotu M-346 „Bielik” był wysoce potrzebny i zasadny, również jako narzędzie umożliwiające monitorowanie, analizę i ocenę szkolenia lotniczego. System ten daje ogromne możliwości monitorowania i analizy szkolenia lotniczego oraz jego obiektywnej oceny. Jednak jego efektywne i skuteczne wykorzystanie wymaga ciągłej analizy efektów szkoleniowych oraz weryfikacji planów i grafików szkolenia lotniczego każdej grupy podlegającej szkoleniu, w czym znajduje zastosowanie opracowana i przedstawiona powyżej metoda badania skuteczności szkolenia lotniczego pilotów samolotów bojowych.



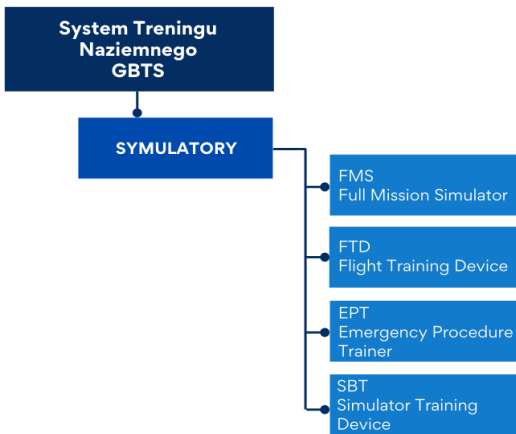
Rys. 1. Schemat Zintegrowanego Systemu Szkolenia M-346 „Bielik”

Źródło: opracowanie własne na podstawie: M-346 dla polskiego wojska, dz. cyt.; D. Bogusz, Symulatory i trenażery lotnicze..., dz. cyt.; Ground Based Training System, dz. cyt.; Exploiting M346 Master..., dz. cyt.



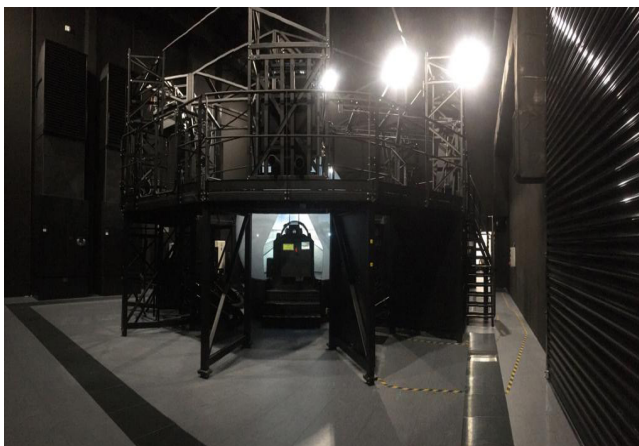
Rys. 2. Kompleksowe podejście do szkolenia lotniczego dzięki wykorzystaniu zintegrowanego systemu szkolenia lotniczego

Źródło: opracowanie własne na podstawie: K. Madej, J. Kozuba, Technology as a capability..., dz. cyt.; Exploiting M346 Master..., dz. cyt.; D.R. Walker, The Impact of Training Context..., dz. cyt.



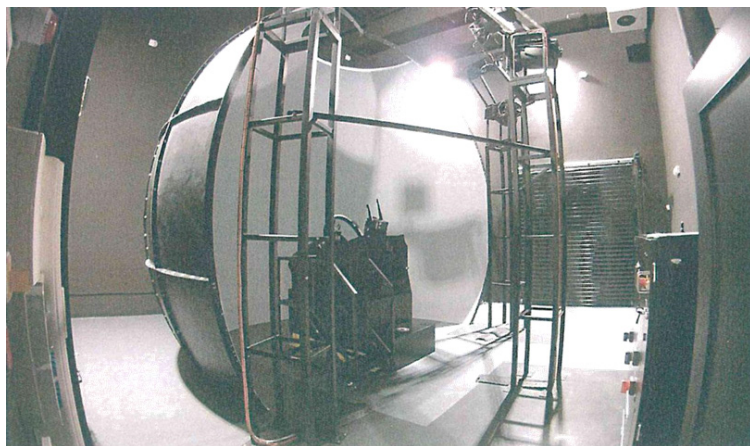
Rys. 3. System treningu naziemnego

Źródło: opracowanie własne na podstawie: M-346 dla polskiego wojska, dz. cyt.; Ground Based Training System, dz. cyt.; Exploiting M346 Master..., dz. cyt.



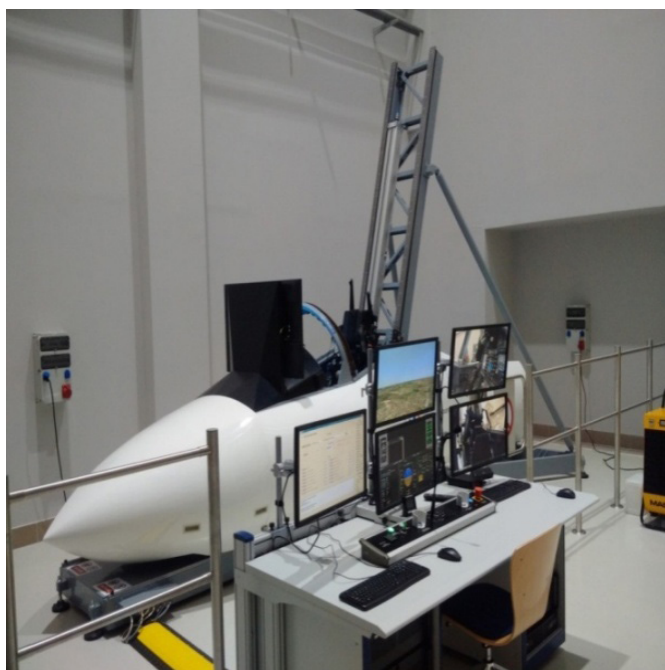
Rys. 4. Symulator FMS

Źródło: ze zbiorów autorów.



Rys. 5. Symulator FTD

Źródło: ze zbiorów autorów.



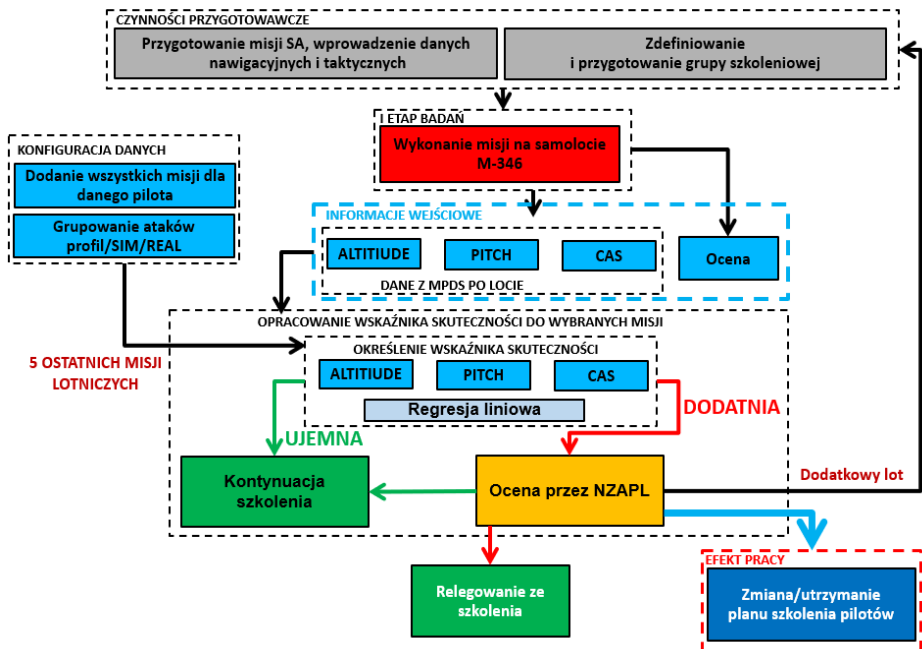
Rys. 6. Symulator FTD

Źródło: ze zbiorów autorów.



Rys. 7. Symulator SBT

Źródło: ze zbiorów autorów.



Rys. 8 Algorytm metody badania skuteczności szkolenia lotniczego z wykorzystaniem Zintegrowanego Systemu Szkolenia Lotniczego samolotu M-346 „Bielik”

Źródło: opracowanie własne.

LITERATURA

Bogusz D., Symulatory i trenażery lotnicze w szkoleniu pilotów wojskowych w Polsce, LAW, Dęblin 2022.

Exploiting M346 Master in Dissimilar Air Combat Training and Companion Training roles, Polish Air Force Academy 90th Anniversary, Dęblin 19.06.2015.

Ground Based Training System, <http://www.leonardocompany.com/en/-/gbts> [dostęp: 9.11.2020].

Instrukcja użytkownika – opis techniczny (IUOT). Symulator procedur awaryjnych EPT M-346 (EPT M-346), ETC-PZL Aerospace Industries Sp. z o.o., 2018.

Instukcja użytkownika – opis techniczny. Kompleksowy symulator, Finmeccanica Aircraft Division, 2016.

M-346 dla polskiego wojska, <http://www.m-346.com/m-346/szkolenie-pilotow/system-gbts> [dostęp: 9.11.2020].

Madej K., Kozuba J., Technology as a capability enhancement in the air training, 6th International Conference on Military Technologies, ICMT 2017, Brno 2017.

Walker D.R., The Impact of Training Context on Performance in Simulator-Based Aviation Training, MODSIM Paper No. 11 2015.