

dr GRZEGORZ SŁUŻAŁEK grzegorz.sluzalek@us.edu.pl  
mgr KAROL TONDOS ktondos@gmail.com  
mgr MAREK KUBICA mkubica@us.edu.pl  
Uniwersytet Śląski, Wydział Informatyki i Nauki o Materiałach  
Katedra Materiałoznawstwa, Zakład Technologii Warstw Powierzchniowych  
41-200 Sosnowiec, ul. Śnieżna 2

## Modelowanie uzbrojenia śmigłowca AH-64A Apache

### WSTĘP

Wraz z upływem czasu powstają nowe techniki, możliwości tworzenia i edycji obrazu. Do niedawna przy konstruowaniu części maszyn, bądź całych ich zespołów i finalnych wyrobów przeważała grafika 2D. Do dzisiaj ma ona bardzo duży udział w procesie konstrukcyjnym, jednak rysunek na płaszczyźnie niesie ze sobą pewne ograniczenia.

Rozwój techniki, a w szczególności nieustający rozwój komputerów, produkcja coraz szybszych procesorów, nie tylko centralnych ale także graficznych pozwoliło spojrzeć na grafikę komputerową z całkiem innej perspektywy. Powstały programy grafiki 3D, niosące ze sobą nowe możliwości. Z czasem powstały programy dedykowane konkretnemu przeznaczeniu jak CAD (Computer Aided Design) do wspomaganie projektowania zarówno przedmiotów realnych jak i wirtualnych. Znikła konieczność budowania eksperymentalnych konstrukcji i ich uciążliwego uaktualniania. Rewolucja polega na tym, iż jedna osoba pracująca w tym środowisku, potrafi skonstruować dany obiekt w przestrzeni 3D, przeprowadzić jego dogłębną analizę przestrzenną, utworzyć animację zamodelowanych części jak i przeprowadzić testy wytrzymałościowe, zderzeniowe i to wszystko bez konieczności tworzenia kosztownych realnych prototypów, czy zakupu materiałów.

Śmigłowiec bojowy AH-64A Apache, a obecnie nowsza generacja w wersji AH-64D Longbow powstaje w fabryce należącej do Boeinga położonej w Mesa w Arizonie. Zakłady produkcyjne i centrum badawcze zajmują powierzchnię 86 tys. m<sup>2</sup>. Pracownicy zakładów w Mesa produkują ok. 40 maszyn rocznie. W różnych zakątkach świata służy blisko 1300 tych skomplikowanych konstrukcji. Mała liczba wytwarzanych śmigłowców podyktowana jest specyficzną produkcją, gdyż każdy pojedynczy Apache od momentu pojawienia się pustego kadłuba w fabryce do zamocowania łopat wirnika głównego jest montowany ręcznie.

Co miesiąc do fabryki przywożonych jest sześć egzemplarzy gołych kadłubów. Pracownicy fabryki są odpowiedzialni za wyposażenie aluminiowej konstrukcji tak aby powstał jeden z najbardziej śmiertelnych śmigłowców świata.

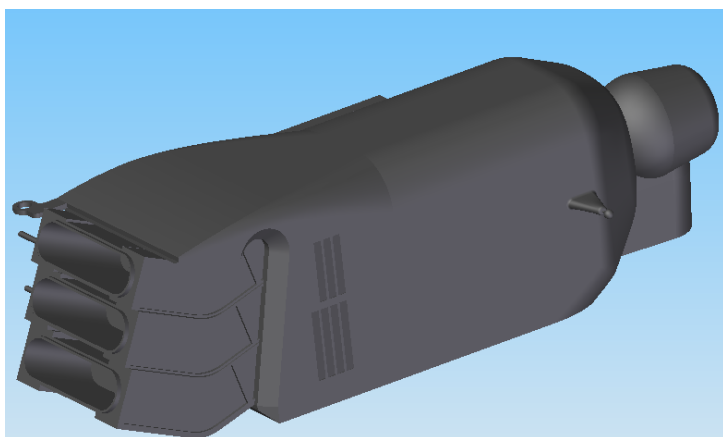


Rys. 1. Goły kadłub śmigłowca Apache. Fragment zrzutu ekranu z filmu Megafabryki: Helikoptery Apache [1]



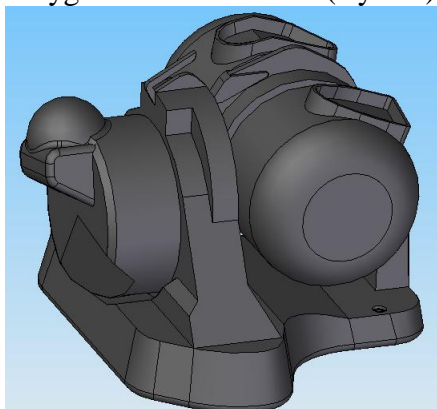
Rys. 2. Trójwymiarowy model kadłuba śmigłowca stworzony w programie typu CAD

Kadłub otrzymuje dwa silniki turbowałowe (Rys. 3.) o łącznej mocy 3600 KM, które pozwalają rozwinąć prędkość maksymalną ponad 320 km/h, dostarczane przez firmę General Electric i poddawane kilku modyfikacjom, jak chociażby wyposaża się je w odpowiednie przewody paliwowe i niezbędne okablowanie.



Rys. 3. Model silnika wyciągnięty w przestrzeń trójwymiarową programu Solid Edge

Ważnym elementem montowanym w śmigłowcu jest system celowniczy umieszczony w dziobie. Zawiera on kamerę wideo, teleskop oraz czujniki umożliwiające nocną obserwację. Wersja Longbow zawiera także mocny radar zamontowany ponad śmigłem. Przygotowanie awioniki (Rys. 4.) wymaga nie lada precyzji.



Rys. 4. Zespół awioniki – system TADS/PNVS – model 3D

Cały jej montaż zaczyna się od zainstalowania trzech komputerów. Skomplikowany system celowniczy w połączeniu z wyświetlaczami wysokiej rozdzielczości, pozwala pilotowi obserwować teren do 19 km przed śmigłowcem. Wieżyczka może obracać się o 120 stopni w obie strony, natomiast w górnej części znajduje się teleskop z kamerą dla strzelca. Poniżej czego zamontowany jest PNVIS (Pilot Night Vision Sensor) - układ nocnego widzenia, który pozwala pilotowi przy całkowitej ciemności odnaleźć i zaatakować cel tak samo łatwo jak to odbywa się w dzień. Termiczny obraz otoczenia wyświetlany jest na rzutniku monookularowym o powierzchni 2,5 cm umieszczonym przed okiem pilota. Wyświetla on między innymi takie informacje jak: prędkość wiatru, wysokość, kurs oraz cele. Największą różnicą od której bierze nazwę nowy model Apache jest radar Longbow. Potrafi on skanować otoczenie w promieniu 360 stopni w powietrzu i 270 stopni na ziemi. Rozpoznaje także, czy dany element na ziemi to czołg, ciężarówka czy samolot. Sprawdza również dane pogodowe, porównując je z tymi wprowadzonymi do pamięci. Umiejscowienie radaru na w najwyższym punkcie śmigłowca pozwala na jego całkowite ukrycie. Maszyna jest zdolna odpalić pociski i uciec, zanim wróg zorientuje się, że była w pobliżu.

### **UZBROJENIA ŚMIGŁOWCA APACHE AH-64A**

Po opuszczeniu fabryki śmigłowiec będzie ważył 8 Mg. Podczas montażu Apache odwiedza 50 kolejnych stanowisk na hali produkcyjnej. W ciągu 3 miesięcy pusty kadłub przemierza całą długość hali po czym jest gotowy do walki. Został on zaprojektowany specjalnie do przewożenia broni, jest zdolny do działania z zaskoczenia zarówno w dzień jak i w nocy, w każdych warunkach pogodowych jak i pod wrogim ostrzałem.

W armii amerykańskiej najnowsze modele śmigłowców bojowych uzbrajane są w trzy główne rodzaje uzbrojenia. Stanowią je:

- pociski raketowe Hellfire, zdolne przebić pancerz o grubości 5 cm z odległości 8 km,
- zasobniki z raketami Hydra, zawierające po 19 sztuk każdy,
- działko automatyczne ATK M230, do eliminacji celów położonych stosunkowo blisko.

W najnowszej wersji śmigłowca montowane jest automatyczne działko Bushmaster o zasięgu 1,5 km i zapasem pocisków wynoszącym 1200 sztuk. Potrafi wystrzelić ponad 600 pocisków na minutę, przy czym możliwe jest wybranie trybu pracy spośród pięciu możliwych ustawień. Przy jednym naciśnięciu spustu mogą zostać wystrzelone odpowiednio: 10, 20, 50, 100 lub wszystkie pociski. Z danych statystycznych mechaników wynika, że w 90% strzelcy wybierają ostatnie ustawienie. W pierwszej kolejności działko jest montowane pod kadłubem, następnie podłączane zostają czujniki podczerwieni i specjalne kamery, przesyłające informacje do pilotów tak aby działko celowało dokładnie tam, gdzie spojrzy pilot. Dzięki czemu celowanie zostało sprowadzone do minimalnych czynności jakie musi wykonać pilot, wystarczy, że obróci głowę namierzając cel i naciśnie spust. Rozwiązanie to jest bardzo sprawne i chwalone przez pilotów, gdyż dzięki maksymalnemu skróceniu czasu, pilot może błyskawicznie wyjść z opresji jak i skupić się na czynnościach pilotażowych.

Ze wszystkich znanych ówczesznie broni masowego rażenia obok bomb to rakiety stanowią najniebezpieczniejszą siłę zagrażającą armii nieprzyjaciela. Standardowe wyposażenie śmigłowca Apache w skład którego wchodzi rakiety dalekiego zasięgu Hellfire i Hellfire II oraz Hydra, jak i raket specjalnego przeznaczenia jak Sidewinder, Starstreak i inne.

## MODELOWANIE UZBROJENIA

### Pociski Hellfire/Hellfire II

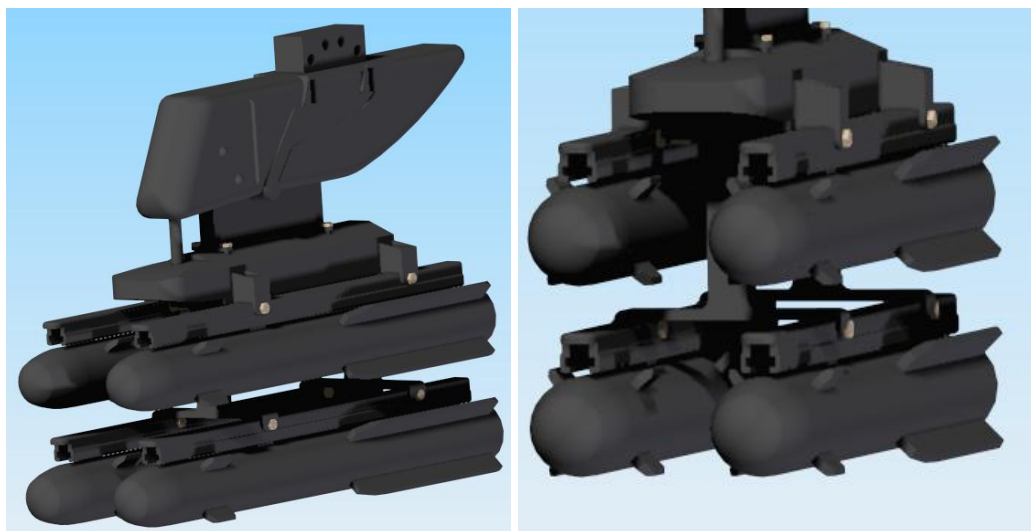
AGM-114 Hellfire – akronim nazwy **H**elicopter **l**aunched **f**ire-and-forget w najnowszej wersji Hellfire II Longbow jest pociskiem typu wystrzel i zapomnij, w przeciwieństwie do poprzednich modeli, które naprowadzane były laserowo, stanowi Amerykański kierowany pocisk raketowy klasy powietrze-ziemia (AGM – Air-to-Ground Missile). Jego głównym przeznaczeniem jest niszczenie celów opancerzonych, głównie czołgów. Zasięg rażenia pocisku AGM-114 jest najdłuższy ze wszystkich używanych przez armię amerykańską tego typu i wynosi 9 km. Montaż pocisku możliwy jest praktycznie na każdym pojeździe mechanicznym (samochody, łodzie, samoloty, śmigłowce), jak i na obiektach (budynki, bunkry) [2]. Oprócz trafienia i eksplozji materiału wybuchowego, wznecają ogień niszczący obrany cel. Apache może zabrać jednorazowo 8 takich rakiet.



Rys. 5. Przekrój rakiety AGM-114L Longbow Hellfire [3]



Rys. 6. Rakieta AGM-114L stworzona w programie Solid Edge



Rys. 7. Rakiety AGM-114L wraz z systemem mocującym do śmigłowca – model 3D

### Pocisk Hydra 70

Hydra 70 – pocisk kalibru 70 mm stanowiący następcę rakiety FFAR, jest pociskiem niekierowanym typu powietrze-ziemia, posiadający 3 aluminiowe, składane stateczniki. Apache może zabrać jednorazowo 4 wyrzutnie M 261 mieszczące 19 pocisków każda [4].



Rys. 8. Wyrzutnia M 261 wraz z rakietami Hydra 70 [5]



Rys. 9. Trójwymiarowy model wyrzutni z rakietami

### Stinger

Stinger jest to przenośny pocisk, ręcznie odpalany, naprowadzany na podczerwień. Produkowany w USA pocisk ziemia – powietrze doczekał się także wersji przeznaczonej dla śmigłowców. ATAS (Air To Air Stinger) ma długość 1,52 m i średnicę 70 mm. Pocisk odpalany jest w dwóch etapach: początkowo uruchamia się mały silnik odrzutowy, który wyrzuca pocisk na odległość bezpieczną dla operatora. Następnie uruchamiany jest drugi silnik na paliwo stałe, który nadaje pociskowi przyspieszenia do prędkości 2.2 machów (2700 km/h) [6].



Rys. 10 Wyrzutnia wraz z pociskiem Stinger [7]

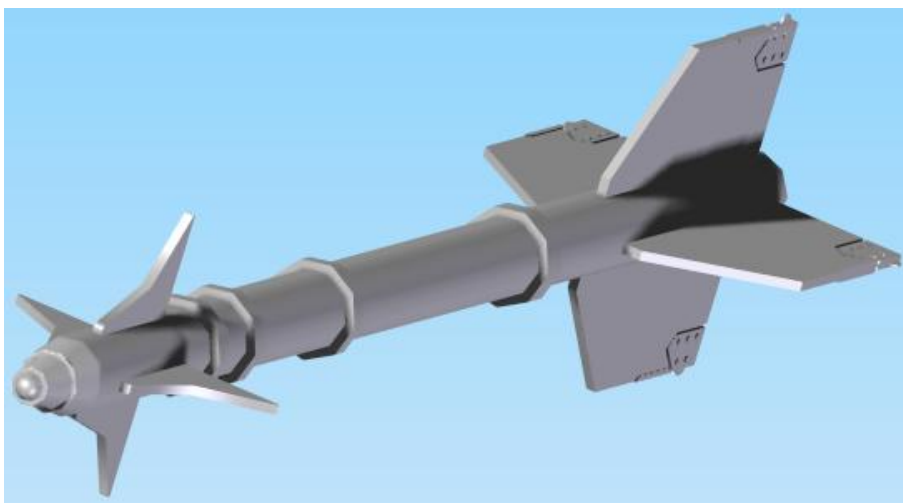
### Sidewinder

AIM-9 Sidewinder – (ang. grzechotnik rogaty) stanowi jeden z najskuteczniejszych amerykańskich kierowanych pocisków rakietowych klasy powietrze-powietrze. Jego nazwa pochodząca od grzechotnika nie bez powodu, tak jak on rakietka lokalizuje swój cel na podstawie wydzielanego przez nią ciepła. Pocisk opracowany w 1950 r. stanowił pierwsze efektywne rozwiązanie tego typu. Został wielokrotnie kopiowany i modyfikowany, wciąż pozostaje w użyciu i będzie wykorzystywany w najbliższej przyszłości. Pocisk o długości

2,85 m i masie 91 kg rozwija prędkość 2,5 Ma (3060 km/h) przy maksymalnym zasięgu 18 km .



Rys. 11. Pocisk AIM-9 Sidewinder [8]



Rys. 12. Model pocisku AIM-9 Sidewinder

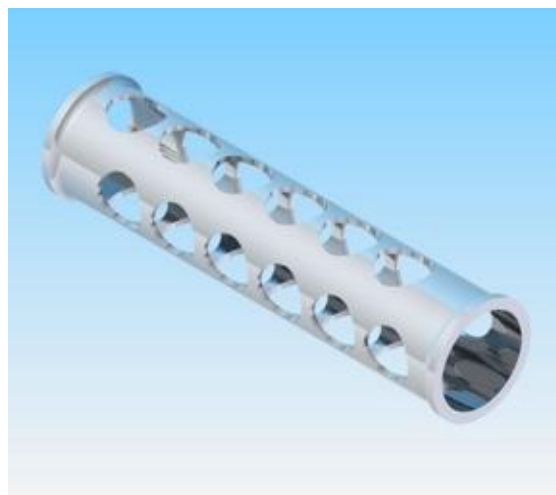
#### Działko ATK M230

Jest to broń jednolufowa, zewnętrznie napędzana silnikiem elektrycznym o mocy 3 KM, elektrycznie sterowana przy pomocy czujników podczerwieni i specjalnych kamer, w wyniku czego działko celuje dokładnie tam gdzie spojrzy pilot. Montowane jest w dolnej części wieżyczki uzbrojenia pod przodem kadłuba śmigłowca Apache. W walce używa się amunicji 30 x 133 mm, w dwóch wersjach odłamkowej podwójnego przeznaczenia oraz odłamkowo zapalającej. M230 potrafi wystrzelić ponad 600 pocisków na minutę, w AH-64 zapas amunicji wynosi 1200 sztuk, a masa całego działka wynosi 57,5 kg [9].

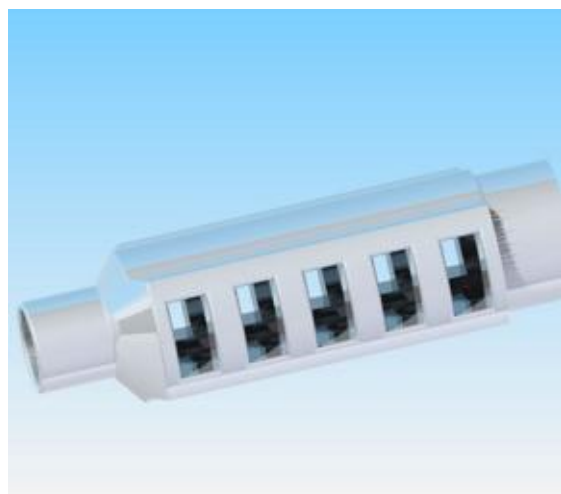
Niektóre części modelowanego i złożonego w module zespół działka ATK M230 zaprezentowano na rysunkach 13-18, a złożenie całego działka przedstawiono na rysunku 20.



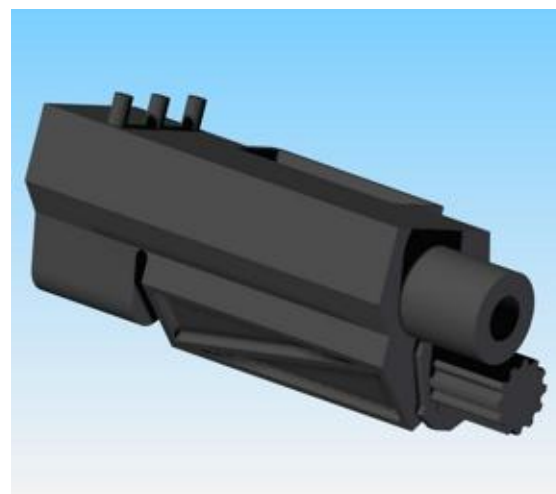
Rys. 13. Osłona lufy działka



Rys. 14. Osłona działka ATK M230



Rys. 15. Końcówka lufy działka



Rys. 16. Silnik działka



Rys. 17. Mocowanie lewe działka



Rys. 18. Mocowanie prawe działka



Rys. 19. Działko ATK M230 [10]

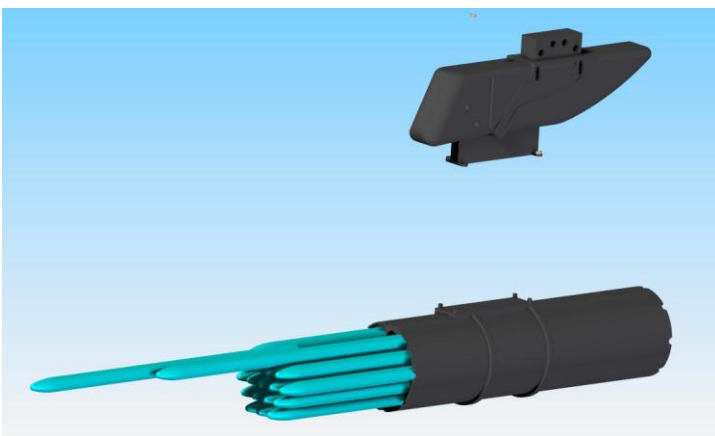


Rys. 20. Rendering złożenia działka ATK M230

Funkcja rozstrzelenia zespołu na poszczególne części w programie Solid Edge pozwala wydzielenie elementów z których została stworzona dana struktura. Przykład rozstrzelenia różnych zespołów zaprezentowano na rysunkach 21-23.



Rys. 21. Rozstrzelenie zespołu działka ATK M230 – mocowania osłony, osłona, silnik, podnośnik, sprężyna, lufa, osłona lufy, mocowanie lufy, amortyzatory, łącznik końcówki, końcówka działka



Rys. 22. Rozstrzelenie zespołu wyrzutni rakiet M-261 – podwieszenie, wyrzutnia, pociski Hydra





Generowane w programach CAD „wirtualne” obrazy scen po renderingu w trybie photorealistic są bardzo podobne do zdjęć rzeczywistych czego przykład można zaobserwować na rysunkach 27 i 28.



Rys. 27. Zdjęcie śmigłowca Apache [12]



Rys. 28. Scena śmigłowca Apache po renderingu w programie Solid Edge

## PODSUMOWANIE

Celem pracy było wykonanie przestrzennych modeli śmigłowca AH-64A Apache przy użyciu programu Solid Edge v19.

Wraz z rozwojem technologicznym komputerów równolegle rozwijają się inne dziedziny z nimi powiązane. Szeroko rozumiana grafika komputerowa jest jedną z tych dziedzin. Praca została wykonana przy użyciu standardowych narzędzi, komputera klasy PC przy użyciu myszki i klawiatury. Obecnie coraz bardziej odchodzi się od tego typu modelowania. Często używa się skanerów 3D, które w znacznym stopniu oszczędzają czas powstania modelu. Również użycie paneli dotykowych znacznie ułatwia modelowanie w przestrzeni, proces ten coraz bardziej przypomina rzeźbienie niż tradycyjne modelowanie. Sceny fikcyjne natomiast w znacznym stopniu przypominają rzeczywistość, a w wielu przypadkach są nie do odróżnienia.

Używając programu Solid Edge stworzono następujące elementy uzbrojenia:

- rakietę AGM-114L (Hellfire),
- wyrzutnię M 261 wraz z raketami Hydra 70,
- pocisk AIM-9 Sidewinder,
- działko ATK M230.

W trakcie modelowania uzbrojenia śmigłowca AH-64A zostało wykorzystanych większość funkcji w module części i złożenia, ale również została utworzona dokumentacja techniczna w module rysunek. Atutem programu jest zapewne łatwość modelowania i składania części, jednak przy ich dużej liczbie wzrasta zapotrzebowanie na moc obliczeniową a kolejne operacje przy użyciu niededykowanego sprzętu znacznie się wydłużają, pozwalając odzwierciedlić szczegóły modelu do pewnego stopnia.

Zaawansowane ustawienia cieniowania, przy połączeniu z renderingiem typu photorealistic są niewątpliwie zaletą programu. Również współpraca z innymi programami graficznymi typu CAD i wzajemna wymiana plików sprawiają, iż Solid Edge obok programów oferowanych przez Autodesk znajduje się w ścisłej czołówce, zarówno pod względem intuicyjności programu jak i jego wydajności.

Niniejsza praca pokazuje, iż w programie stworzonym do konstruowania można uzyskać wyrenderowany obraz równie dobry jak w programach specjalizujących się wyłącznie w tej dziedzinie.

## LITERATURA

1. Film fabularny Megafabryki: Helikoptery Apache, Gareth Harvey, 2006, A National Geographic Television Production.
2. <http://www.lockheedmartin.com/products/HellfireII/index.html>
3. [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1b/Lockheed\\_Martin\\_Longbow\\_Hellfire.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/1b/Lockheed_Martin_Longbow_Hellfire.jpg)
4. <http://www.janes.com/articles/Janes-Air-Launched-Weapons/Hydra-70-rocket-system-United-States.html>
5. [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/67/Hydra\\_70\\_M261.jpeg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/67/Hydra_70_M261.jpeg)
6. Pushies F.J.: Night Stalkers: 160th Special Operations Aviation Regiment (Airborne), Zenith Press 2005
7. <http://www.designation-systems.net/dusrm/fim-92-1.jpg>
8. Kopp C.: The Sidewinder Story, Australian Aviation, Kwiecień, 1994.
9. [http://www.atk.com/customer\\_solutions\\_armamentsystems/cs\\_as\\_gs\\_m230\\_30mm\\_cg.asp](http://www.atk.com/customer_solutions_armamentsystems/cs_as_gs_m230_30mm_cg.asp)
10. [http://farm4.static.flickr.com/3243/2608598492\\_58ca6dfb8e.jpg](http://farm4.static.flickr.com/3243/2608598492_58ca6dfb8e.jpg)
11. Airfighters.pl
12. [http://www.military-today.com/helicopters/boeing\\_ah\\_64a\\_apache.jpg](http://www.military-today.com/helicopters/boeing_ah_64a_apache.jpg)
13. M. Kubica: „Techniki komputerowego wspomaganie projektowania przy użyciu środowiska Solid Edge V19 dla modelu koła samochodowego”. Politechnika śląska, Katowice 2010.