

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Marko Kotnik

**Večnamenska bojna letala: trenutno stanje in smeri
razvoja za 21. stoletje**

Diplomsko delo

Ljubljana, 2013

UNIVERZA V LJUBLJANI
FAKULTETA ZA DRUŽBENE VEDE

Marko Kotnik

Mentor: doc. dr. Uroš Svetec

**Večnamenska bojna letala: trenutno stanje in smeri
razvoja za 21. stoletje**

Diplomsko delo

Ljubljana, 2013

*»Only the spirit of attack born in the brave heart can bring the success to any fighter plane,
no matter how developed it may be.«*

- Lieutenant General Adolf Galland (Winchester 2010, 6).

Večnamenska bojna letala: trenutno stanje in smeri razvoja za 21. stoletje

Po koncu 2. svetovne vojne je bil svet priča oboroževalni tekmi, ki je najbolj zaznamovala razvoj orožja. Hladna vojna je imela še posebej velik vpliv na razvoj vojaškega letalstva, saj so v tem obdobju iz relativno neučinkovitih in počasnih sistemov nastali kompleksni sistemi, ki lahko natančno napadajo cilje v zraku, na kopnem in na morju. Velik vpliv na hiter razvoj vojaških letal sta imeli 1. in 2. svetovna vojna, kjer je letalstvo pridobivalo na pomenu in prevzemalo vse bolj pomembno vlogo. Za vojaško letalstvo je bila pomembna tudi vojna v Koreji na začetku 50. let, saj so se takrat med seboj že množično spopadala reaktivna letala. Po krvavi vojni v Vietnamu se je povečalo zanimanje javnosti in ob vsaki nadaljnji operaciji so zahtevali čim manj izgub med civilnimi žrtvami in med lastnimi silami. Prav zaradi teh zahtev po učinkovitosti se je v razvoj vojaškega letalstva vlagalo največ denarja, s tem pa letalstvo postane ključno pri bojevanju na daljših razdaljah v 20. in 21. stoletju, pojavijo se prva večnamenska bojna letala.

KLJUČNE BESEDE: večnamenska bojna letala, vojaško letalstvo, 21. stoletje, razvoj, znanost.

Multirole combat aircrafts: The current status and trends for the 21. century

After the Second World War, the world has witnessed an arms race, which had a big influence on the development of weapons. The Cold War had a big influence on the development of military aviation that resulted in the transformation of slow and inefficient systems into complex systems that could attack targets in air, on land and sea. The development of aircraft was influenced by both world wars, during which aircraft were taking on more important roles. The Korean War in the fifties, where jet fighters met in combat, is also significant. The bloody war in Vietnam was undermined by public opinion that demanded fewer casualties among the American soldiers and the civilian population. It is due to these demands, the amount of resources spent on the development of military aircraft was increased, the development accelerated and military aviation became the strike force of 20th and 21st century long distance warfare, when the first multirole combat aircraft were introduced.

KEY WORDS: multirole combat aircrafts, military aviation, 21st century, development, science.

Kazalo:

1 Uvod.....	8
2 Metodološko-hipotetični okvir.....	9
2.1 Cilji in pomen naloge	9
2.2 Hipoteze.....	9
2.3 Metode preučevanja.....	9
2.4 Struktura diplomskega dela	9
3 Moderno vojaško letalstvo	10
3.1 Bojno letalo in naloge.....	10
3.2 Prehod k večnamenskim bojnim letalom.....	13
3.3 Generacije bojnih letal.....	14
3.3.1 Prva generacija.....	15
3.3.2 Druga generacija	16
3.3.3 Tretja generacija.....	16
3.3.4 Četrta generacija	16
3.3.5 Med četrto in peto generacijo	17
3.3.6 Peta generacija	17
4 Oborožitev.....	18
4.1 Topovi.....	18
4.2 Bombe.....	19
4.3 Rakete	20
5 Mehanski in elektronski sistemi.....	21
5.1 Radar.....	21
5.2 Elektroomoptika	22
5.3 Navigacija.....	23
5.4 Komuniciranje pilot – letalo	24
5.5 Motorji.....	25
5.6 Manevriranje in upravljanje letala.....	26
5.7 Materiali.....	27
6 Tehnološke zamisli 21. stoletja	28
6.1 Oborožitev in nove tehnologije	29
6.1.1 Zatemnitvena bomba.....	29
6.1.2 E-bomba.....	29

6.1.3 Orožje s tehnologijo usmerjene energije.....	30
6.1.4 Tehnologija samoobnavljanja	30
6.2 Večnamensko bojno letalo 6. generacije	30
7 Sklep.....	32
8 Literatura:	34

Kazalo slik:

Slika 6.1 Oblika letal od 1. do 5. generacije in predvidena oblika 6. generacije.....	31
---	----

Seznam kratic

ASRAAM	<i>advance short range air-to-air missile</i> / napredne rakete zrak-zrak krajšega dosega
ECM	<i>electronic countermeasures</i> / elektronski protiukrepi
FBW	<i>fly by wire</i> / sistem za elektronsko krmiljenje
GPS	<i>global position system</i> / sistem globalnega pozicioniranja
HMD	<i>head-mounted display</i> / prikazovalnik informacij na vezirju čelade
HOTAS	<i>hands on throttle and stick</i> / sistem najpomembnejših kontrol na pilotovi ročici
HUD	<i>head-up display</i> / elektrooptični čelni zaslon
IRSTS	<i>IR search and track systems</i> / infrardeči iskalni in sledilni sistemi
KM	konjska moč (735 W)
LOT	<i>low-observable technology</i> / tehnologija nizke zaznavnosti
LPI	<i>low-probability of intercept</i> / zmanjšana verjetnost prestrežanja
MRCAs	<i>multi-role combat aircraft</i> / večnamensko bojno letalo
TVC	<i>thrust vectoring control</i> / sistem za usmerjanje smeri potisne sile
UAV	<i>unmanned aerial vehicle</i> / brezpilotni letalnik

1 Uvod

Že Dedal in Ikar, prva letalca našega otroštva, sta hotela z vzgonom¹ kljubovati gravitaciji in poleteti v širo no, ko sta si nadela peruti na telo in se kakor ptici vzdignila v zrak. Hitro sta se končala njuna pionirska poleta, saj je sonce Ikarju stopilo vosek, vezni material, ki je povezoval perje, in zgrmel je v morje, oče pa ga je zaman klical skozi zračni prostor. Tako se je končala ena izmed prvih zgodb o ljudeh, ki so hoteli osvojiti nebo. Takšne pravljice sem prebiral v otroštvu, ob prebiranju znanstvene literature pa lahko ugotovim, da sta brata Montfouier prva, ki sta leta 1783 s poletom z balonom na topli zrak dokazala, da človek lahko leti. Že od nekdanj je bil glavni cilj letalskih navdušencev upravljati zračna plovila, težja od zraka in na motorni pogon. V 20. stoletju tehnologija omogoči bolj zapletene letalne naprave. Letenje ptic je bilo tisto, ki je največkrat navduševalo letalske navdušence, zato ne preseneča, da so si zaradi tega pogosto stregli po zdravju in življenju. Že Leonardo da Vinci je zasnoval primitivno obliko helikopterja, bil pa je tudi mnenja, da človeške mišice popolnoma zadostujejo za letenje. Nekaj stoletij kasneje sta brata Orville in Wilbur Wright po dolgih raziskavah in teoretičnih analizah razvila svoj prvi leteči stroj, s katerim sta leta 1903 opravila prvi vodeni polet letala z motorjem. To je bil eden izmed najpomembnejših izumov 20. stoletja, ki se je razvijal z bliskovito hitrostjo, ogromen vpliv pa je imel tudi na vojaško taktiko.

Tako je leta 1911 italijanski stotnik Piazza opravil prvi bojni polet v zgodovini. Uspeh letal med 1. svetovno vojno je imel v naslednjih desetletjih velik vpliv na medvojno obdobje, čas, ko je pričelo cveteti potniško letalstvo. Strah pred 2. svetovno vojno je botroval temu, da so začeli ustvarjati namenska vojaška letala, kot so lovci, bombniki, prestrezniki itd. Vojna je predstavljala tudi začetek reaktivne dobe, nosilki letalskega razvoja pa sta bili v tistem času Velika Britanija in Nemčija. V obeh svetovnih vojnah so bili položeni temelji za sodobno vojaško letalstvo.

¹ Vzgon – komponenta celotne aerodinamične sile na krilu, pravokotna na smer dotekajočega zraka.

2 Metodološko-hipotetični okvir

2.1 Cilji in pomen naloge

V diplomski nalogi bom predstavil razvoj večnamenskih bojnih letal, različne generacije teh letal, trenutno uporabljana letala v oboroženih silah po svetu ter uporabo informacijskih in drugih sistemov na letalih. Poskušal bom izvedeti čim več o naslednji (šesti) generaciji teh letal in predvideti, v katero smer se bo razvijal ta del vojaškega letalstva ter ali bo ta tip letal doživel popolno robotizacijo.

2.2 Hipoteze

- Vsestranska bojna letala prevzemajo vlogo namenskih letal.
- V prihodnosti lahko pričakujemo popolno robotizacijo vsestranskih bojnih letal.

2.3 Metode preučevanja

Delo temelji na empirični raziskavi. Pri izdelavi diplomskega dela sem si pomagal s preučevanjem relevantnih virov, ki so povezani z vojaškim letalstvom. Tako sem uporabil metodo zbiranja podatkov iz različnih zbornikov, pri razvrščanju večnamenskih bojnih letal sem uporabljal deskriptivno metodo in primerjalno analizo. Pri pisanju sem uporabil tudi zgodovinsko metodo, saj sem s pomočjo virov preučil razvoj vojaškega letalstva od leta 1945 do danes. Pri primerjalni analizi sem si pomagal z naslednjimi indikatorji: oborožitev, pogon, elektronski in mehanski sistemi v kabini in na letalu ter leto izdelave.

2.4 Struktura diplomskega dela

Diplomsko delo vsebuje uvod, jedro in sklep. V uvodu bom predstavil tematiko, o kateri bom pisal, v jedru bom nadaljeval z razvojem večnamenskih bojnih letal, prehodi med generacijami, oborožitvijo, informacijskimi sistemi, radarji in preostalimi sistemi. Izpostavil bom najpogostejše predstavnike, pozornost pa bom namenil tudi pojavu novih tehnologij in 6. generaciji večnamenskih bojnih letal v 21. stoletju. V sklepu bom predstavil ugotovitve in potrdil, deloma potrdil ali pa ovrigel zastavljeni hipotezi.

3 Moderno vojaško letalstvo

3.1 Bojno letalo in naloge

Letalski razlagalni slovar pojem letalo definira kot letalnik, ki je težji od zraka in dobi potreben aerodinamični vzgon na krilu, ko se giblje skozi zrak. Če je letalo namenjeno boju, ga imenujemo bojno letalo. V primeru, da letalo uporablja reaktivni motor², ga imenujemo reaktivno letalo (Gregl 2009, 56).

Bojno letalo je bilo prvič uporabljeno v 1. svetovni vojni in se je kmalu izkazalo za nujno sredstvo, s katerim lahko pilot zbira informacije daleč v nasprotnikovem zaledju. S tehničnimi rešitvami so letala postala eden izmed ključnih sistemov, s katerimi se izvaja kontrolo v zračnem prostoru. Bojno letalo tako predstavlja eno izmed novosti 1. svetovne vojne. V tistem času so prednjačila dvokrilna enosedežna letala, praviloma z enim ali dvema mitraljezoma manjšega kalibra, obstajale pa so tudi izjeme (Spick 2002, 8).

Zelo zanimive so tudi številke o izdelanih zračnih plovilih v državah udeleženkah 1. svetovne vojne. Med letoma 1914 in 1918 so v Franciji izdelali preko 67.000 plovil, v Veliki Britaniji preko 58.000, v Nemčiji preko 48.000, v Italiji pa približno 20.000. V ZDA so jih v tem obdobju izdelali 15.000, sledi Avstro-Ogrska s 5.431 in Rusija s 4.700 zračnimi plovili. Zanimivi so tudi podatki o sestreljenih, uničenih in poškodovanih zračnih plovilih. Pri Francozih se je ta številka ustavila pri približno 52.000 letalih, Britanci so poročali o 35.000 in Nemci o 27.000 uničenih zračnih plovilih (The Aerodrome 2001).

Kot sem že omenil, je bilo letalo je za vojaške namene prvič uporabljeno v italijansko-turški vojni v letih 1911/12, sprva le v izvidniški akciji, ki pa so ji kmalu sledile druge, tudi bombniške. Tako se letalo uveljavi kot eno izmed najučinkovitejših izvidniških, obrambnih in predvsem napadnih sredstev, ki omogoča prevlado v zračnem prostoru, navsezadnje pa tudi v boju. Prvi namenski lovec je bil Fokker EI³. V ta enokrilnik⁴ so vstavili sinhronizirani mitraljez, s katerim je bilo moč streljati v vzdolžni osi letala. Druga svetovna vojna je prinesla težke bombnike, ti pa so za spremstvo potrebovali lovska letala. Leta 1940 se je nad Britanijo pričela odvijati najbolj znamenita letalska bitka v vojni. V tem obdobju so iznajdljivi Britanci prvič pričeli uporabljati elektronsko sredstvo za zaznavanje ciljev v zraku. Poimenovali so ga

² Reaktivni motor je toplotni stroj, pri katerem vroči zgoreli plini ekspandirajo in z veliko hitrostjo iztekajo skozi izpušno šobo ter povzročijo reaktivno potisno silo.

³ Fokker EI – nemško letalo, ki je bilo povod za izdelavo lovcev po 1. svetovni vojni. Sestavljeno je bilo iz preprostih materialov, kot so les, jeklo, tkanina. Bilo je prvo letalo, pri katerem so uporabili sinhroniziran mitraljez. Poganjal ga je motor na notranje izgorevanje z 80 KM, s katerim je lahko dosegel 140 km/h.

⁴ Enokrilnik – letalo z enim krilom.

radar in ta pripomoček je postal eden izmed najpomembnejših izumov med omenjeno vojno. Prvič je bilo moč začutiti vzpon na velike višine, saj so letala tistega časa omogočala letenje na višinah do 4500 m, hitrost pa se je povečala vse do 500 km/h. Zaradi novih višin in velikih hitrosti so se načrtovalci letal znašli pred novimi zahtevami, zato so pričeli z izdelavo kabin pod tlakom in s preostalimi tehnološkimi rešitvami. Z novimi motorji so letala postajala hitrejša in prevlada v hitrosti je postala glavni faktor v zračnih dvobojih med letali, ki so bila opremljena z mitraljezi in topovi. V šestdesetih letih so v bojna letala (predvsem v lovce) pričeli vgrajevati računalnike. Ti so bili povezani z radarji, ki so preko avtomatskega pilota usmerjali lovce na cilje. Letala v tem obdobju presežejo hitrost zvoka in postajajo vse hitrejša, saj letijo prek Machovega⁵ števila 2 (Kolenc 2011, 4–7).

Te izjemne hitrosti je omogočil pojav reaktivnih motorjev. Idejo o turboreakcijskem motorju je prvi predstavil Anglež Frank Whittle, ki je leta 1937 izdelal prototip motorja. Pojav reaktivnih motorjev je prinesel spremembe, saj se višine letenja dvignejo za več 1000 m, povečajo pa se tudi hitrosti. Sprva so imeli ti motorji zaradi slabših materialov kratko življenjsko dobo. Po koncu 2. svetovne vojne so reaktivna letala začela prevladovati, saj v drugi polovici 40. let takšne motorje dobijo vsi novi lovci. Pri podjetju North American so v tem obdobju izdelali prvega ameriškega lovca F-86 *sabre*, ki je lahko letel z nadzvočno hitrostjo. Sprva je bil izdelan kot lovsko letalo za velike višine, zaradi uspešnosti pa je doživel tudi številne izpeljanke: kot prestreznik F-86D, kot lovski bombnik pa F-86D. Predstavljal je napredek, saj je imel prvi puščičasta krila in popolno premično repno višinsko krmilo, kar mu je zagotavljalo izredne manevrske sposobnosti. Glavni konkurent omejenemu letalu je bil sovjetski Mig-15. Kmalu zatem je bil svet priča novemu mejniku, saj je bil izdelan prvi reaktivni bombnik B-45 *tornado*, sledil pa mu je eden izmed najbolj znanih bombnikov B-52 *stratofortress*. Prvi reaktivni bombnik so izdelali tudi Sovjeti in ga poimenovali Tu-4; predstavljal je osnovo za reaktivni bombnik Tu-88. Večina teh letal je bila uporabljenih v Koreji, delovala pa so po taktiki iz 2. svetovne vojne. Bombniki so izvajali množična bombardiranja v velikih formacijah in v spremstvu zaščitne lovskih letal. To je bilo obdobje spopadov na majhnih razdaljah z mitraljezi in topovi, izid dvoboja je bil tako odvisen predvsem od izurjenosti pilotov. V tem obdobju Američani razvijejo tudi 20-mm top *vulcan*, pojavijo pa se tudi vodene rakete zrak-zrak, ki spremenijo zračno vojskovanje. Vojna opozori še na eno pomanjkljivost: manjši doseg letal z reaktivnimi motorji. Rešitev predstavijo

⁵ Machovo število – razmerje med dejansko hitrostjo in zvočno hitrostjo, določeno s temperaturo zraka v okolici. Hitrost zvoka znaša 1235 km/h.

Britanci, saj jim uspe s sistemom za oskrbovanje letal z gorivom v zraku napolniti rezervoarje kar med letom (Babič in drugi 2003, 57–60).

Sodobne vojaškoletalske doktrine med glavne naloge letalstva uvrščajo boj v zraku, napad na cilje na tleh in podporne naloge. Pomembne so tudi naloge, v katerih zračne sile z različnimi zmogljivostmi pomagajo drugim silam, da lažje izpolnjujejo svoje naloge. Prva skupina nalog je usmerjena h kontroli zračnega prostora. To storijo tako, da nasprotniku onemogočijo vstop v lasten zračni prostor in ga, če je treba, s topovi in raketami uničijo. Glavno letalsko nalogo lahko definiramo tudi kot *nalogo zračne prevlade*, to pa najlažje dosežemo z lovskimi letali ali pa z večnamenskimi bojnimi letali. Letala, ki opravljajo naloge zračne prevlade, morajo biti agilna, hitra, dobro oborožena in z dobrimi tehničnimi pripomočki, kot so radarji in ostali senzorji. Takšna letala so zmožna z radarjem zaznati več tarč hkrati, elektronika pa pilotu pomaga držati stik z nasprotnikom in preostalimi morebitnimi grožnjami. Sprva je pri bojnih letalih veljal trend o dodatnem članu posadke, ki je bil zadolžen za opazovanje in delo z elektronskimi pripomočki, tudi orožjem, kasneje pa se je večinoma uveljavil trend letal, ki jih upravlja en pilot. V boju na nebu so piloti le redkokdaj priča idealnim razmeram, zato morajo imeti letala zračne podpore izredne manevrske sposobnosti. To pomeni, da morajo biti zmožna hitro pridobivati višino in vzdrževati visoke hitrosti. V takšnih nalogah se lahko letala znajdejo v bližnjem boju (»dogfight«). V tem primeru gre za osebni boj med dvema pilotoma, kjer letala večinoma letijo s podzvočno hitrostjo, zelo pomembna pa je, kot že omenjeno, visoka manevrska sposobnost, zato morajo motorji delovati z vso močjo. Večina bojev se konča zelo hitro in traja le nekaj minut. Pri bližinskem boju so lahko starejša in manj opremljena letala popolnoma enakovredna trenutno najnaprednejšim lovcem. Še ena izmed bolj pomembnih vojaškoletalskih nalog je *letalska podpora*. Podpora se lahko izvaja v zraku, kot to počnejo različni prestrežniški lovci, ki spremljajo večje bombnike (to je bilo značilno predvsem za obdobje 2. svetovne vojne pa vse do pojava bombnikov nizke opaznosti, ki po navadi niso potrebovali spremstva), ali pa na tleh, ko letala podpirajo pehoto. V Zalivski vojni leta 1991 so tako prvič uporabili taktiko CAS (*Close air support*) oz. taktiko bližinske zračne podpore, ki se je pokazala za zelo učinkovito, saj so zavezniki zmanjšali število napadov na lastne enote, hkrati pa so lahko nasprotnike previdno identificirali in po njih delovali z veliko natančnostjo. Že od nekdaj se za zelo učinkovito metodo uporablja tudi *delovanje po nasprotnikovih strateških ciljih*. Tako lahko vojske z bojnimi letali delujejo po različnih konvojih, mostovih, objektih in s tem zmanjšajo bojno učinkovitost nasprotnika. Uničenje komandnih stolpov in komunikacijskih omrežij lahko prekine linijo poveljevanja, to pa lahko

silam predstavlja velikansko prednost. Za bolj zahtevne in okrepljene cilje, kakršni so bunkerji, uporabljajo vodljive rakete. Takšno vrsto nalog imenujemo precizne misije. Za tak tip nalog uporabljajo letala z nizko zaznavnostjo, a poudariti velja, da tehnologija letal ne naredi popolnoma nevidnih. Na tem mestu lahko omenim tudi sistem, s katerim se bojna letala skušajo izogniti nasprotnikovim izstrelkom, če jih ti opazijo. Piloti lahko tako delujejo proti izstrelkom z ECM (*Electronic countermeasures*) oz. z elektronskimi protiukrepi (Dougherty 2010, 10–14).

3.2 Prehod k večnamenskim bojnim letalom

Razlaga ali razvrščanje vojaških letal že od samega začetka predstavlja predmet različnih teorij. Tako je odvisno, kateremu svetu pripadamo (»zahodnemu« ali »vzhodnemu«) ali na kakšen način želimo razvrstiti ta letala: po konstrukciji, po nalogah, nosilnosti bojnega tovora, načinu pristajanja in vzletanja. Vojaška letala po osnovnem namenu tako delimo na 10 skupin:

1. Prestrezna letala: prestrezajo in uničujejo cilje v zraku, ki delujejo proti ciljem v zraku in izvajajo bližnje dvoboje za prevlado v zraku, predvsem z orožji, kot so topovi ali rakete zrak-zrak. Delimo jih na dve podvrsti: a) prestrezniki; b) taktični lovci.
2. Večnamenska letala: predstavljajo večinski delež sodobnih bojnih letal, namenjena so tako za delovanje v zraku kot napade na cilje na tleh in na morski gladini.
3. Podporna letala: namenjena so predvsem napadom na cilje na kopnem ali morju. Delimo jih na podvrste: a) jurišniki; b) lahki bombniki; c) lovski bombniki; d) letala za nevtraliziranje sistemov protizračne obrambe.
4. Letala za elektronsko in protielektronsko delovanje: namenjena odkrivanju in uničevanju nasprotnikovih radarjev.
5. Izvidniška letala⁶: pridobivajo podatke v plitkem ali v globokem sovražnikovem zaledju. Delimo jih na: a) strateške izvidnike; b) taktične izvidnike.
6. Letala za strateške naloge: učinkovita so pri napadih na najpomembnejše nasprotnikove objekte. Delimo jih na: a) strateške bombnike z malim radijem delovanja; b) strateške bombnike z velikim radijem delovanja.

⁶ Eno izmed najbolj poznanih izvidniških letal je ameriški Lockheed YF-12A, ki so ga pričeli razvijati proti koncu 50. let 20. stoletja. Prvič je poletelo leta 1963 in pri tem doseglo izjemno višino (24.383 m) ter hitrost 3.35 macha. Večina letala je sestavljena iz izjemno močnega titana.

7. Transportna letala: prevoz opreme, vojakov, oborožitve in goriva. Delimo jih na: a) leteče cisterne; b) transportna letala za prevoz oseb in opreme.

8. Šolska letala: pomembna za urjenje pilotov.

9. Letala za posebne naloge: raziskujejo vreme, opravljajo razna merjenja, gasijo požare itd.

10. Letala za delovanje na morju: uničevanje nasprotnikovih ladij, podmornic in ostalih plovil.

Letala lahko razvrstimo tudi na bojna, transportna, šolska in na letala za posebne naloge. Razdelili bi jih lahko tudi na reaktivna in propellerska (Kolenc in drugi 2011, 22–26).

V 60. letih 20. stoletja so bila bojna letala še vedno uporabljana in načrtovana kot enonamenska (lovska letala, prestrezniki, bombniki itd.). Nekatera izmed njih so lahko uporabili tudi za sekundarne naloge, vendar so bila zanje prirejena med operativno uporabo. Nato je v letu 1968 sledila prava mala revolucija. V okvirjih projekta MRCA (*Multi role combat aircraft*) je stekel razvoj prvega letala, ki je imelo novi termin »večnamensko« v svojem uradnem poimenovanju. Pobudnice projekta so bile Zahodna Nemčija, Nizozemska, Italija, Belgija in Kanada. To se je dogajalo v okviru podjetja Panavia, ki je razvilo *Tornado*. To so storili v treh glavnih izvedenkah: prestreznik ADV (*Air defence variant*), lovsko-bombniški IDS (*Interdior/Strike*) in verziji za elektronsko bojevanje in izvidništvo ECB (*Electric combat/econnaissance*). V obdobju med letoma 1980 in 1990 se je v svetu začel uveljavljati trend prehoda od enonamenskih lovskih letal k večnamenskimi bojnim letalom, ki so zmožna relativno enakovrednega delovanja v režimu zrak-zrak in zrak-zemlja (Wikipedia 2013a).

3.3 Generacije bojnih letal

Pri opisovanju in ocenjevanju lastnosti oborožitvenih sistemov so glavna merila tehnično-taktični podatki (TTP), taktično-tehnični elementi (TTE) ali taktično-tehnične značilnosti (TTZ). Z naštetimi izrazi lahko strokovno označujemo kazalnike, s katerimi opisujemo lastnosti konkretnega orožja. Indikatorji so razvrščeni, zbrani in predstavljeni po določeni zamisli, ki v kar največji meri celovito in nazorno razkriva bojno uporabnost ter bojne in tehnične zmogljivosti, pa tudi razne omejitve pri uporabi orožja. Pri opisih letal in helikopterjev tako najpogosteje uporabljamo prej omenjeno kratico TTP. Zanesljive empirične preverljive kazalnike tehnične in taktične kakovosti oborožitvenih sistemov pridobivajo s preizkusi prototipov v tovarnah, v katerih to orožje izdelujejo. To lahko naredijo

s preizkusi v enotah, ki uporabljajo te sisteme, v oboroženih spopadih in v vojnah. Pomembno je tudi razlikovanje med kazalniki. Kot primer lahko vzamemo kazalnike lastnosti protipehotnega sistema, ki se razlikujejo od kazalnikov protipehotnih in ostalih sistemov. Tehnični kazalniki so nam v pomoč pri opisovanju tehničnih lastnosti orožja, saj so z njimi predstavljene tehnične značilnosti in lastnosti orožij. Taktične lastnosti na drugi strani predstavljajo specifične lastnosti, ki so pomembne pri izvedbi in načrtovanju bojnih nalog (Žabkar 2007, 28–42).

Za razvrščanje v različna obdobja se bojna letala deli v generacije. Razvrstitev je odvisna od oborožitve, opreme, pogona, elektronskih in mehanskih sistemov v pilotski kabini in na letalu ter leta izdelave. Uradna razdelitev letal po generacijah ne obstaja, a vseeno večina avtorjev govori o petih generacijah lovskih letal. V nadaljevanju jih bom predstavil, posebno pozornost pa bom namenil predvsem četrti, polpeti in peti generaciji letal, saj se je z začetkom četrte generacije prvič pojavijo MRCA.

Avtor Winchester jih je razdelil v dve skupini. Prvi klasični lovci na reaktivni pogon, kot jih je sam poimenoval, so po njegovem mnenju nastajali med letoma 1945 in 1960. To obdobje velja za »zlato ero« v letalskem dizajnu, saj so se novi prototipi pojavljali skoraj vsak mesec, večina od njih pa je doživela serijsko proizvodnjo. V tem obdobju so se znatno povečale zmogljivosti letal, testiranja pa so bila zelo zapletena in dovršena, saj je razvoj teh letal pritegnil tudi pozornost medijev. O kvaliteti teh letal pričajo tudi podatki v državah uporabnicah, saj nekatere po več kot petdesetih letih še vedno uporabljajo (Winchester 2010, 6–9).

V drugo skupino uvrščamo bojna letala, proizvedena med letoma 1960 in 2013. Po končani vojni v Vietnamu so konstruktorji ubrali popolnoma novo pot, saj je tehnologija omogočala vgradnjo novih naprednih sistemov. Letala so postala veliko bolj učinkovita in dovršena, to pa so omogočale novosti v tehnologiji, o katerih bom še pisal v nadaljevanju (Winchester 2010, 160–163).

3.3.1 Prva generacija

Sestavljajo jo bojna letala, ki so prva pričela leteti z reaktivnimi motorji. Kronološko jih lahko razvrstimo v obdobje med 2. svetovno vojno in vojno v Koreji. Po manevrirnih zmogljivostih spominjajo na turbopropelerska letala. Niso še bila zmožna leteti hitreje od zvoka. Oborožitev je bila identična predhodnikom (mitraljezi, topovi, bombe, rakete). Predstavniki so tako Messerschmit Me 162 *komet*, Lockheed F-86 *sabre*, Saab J21R in drugi (Yoon 2004).

3.3.2 Druga generacija

Za bojna letala druge generacije so bile značilne višje hitrosti, radar in prve vodene rakete zrak-zrak. Letala so nastajala po vojni v Koreji, kjer so se Američani in Sovjeti marsikdaj ušteli, zato so ta letala tudi plod učenja iz napačnih odločitev. Zmožna so bila dlje časa leteti z nadzvočno hitrostjo. Prav tako je radar postal že tako majhen, da so ga lahko vgradili na letalo. Predstavniki so Lockheed F-104 *starfighter*, Mig-19, Mig-21, Saab *draken* in preostali (Yoon 2004).

3.3.3 Tretja generacija

Večina predstavnikov tretje generacije je létala proti koncu vojne v Vietnamu. Nekateri avtorji tretjo generacijo označujejo kot prvo generacijo, v kateri so se pojavijo MRCA, saj so lovci zmožni napadati tako cilje v zraku kot tiste na tleh. Najbolj znan predstavnik je ameriški F-4 *phantom*, ki je bil v uporabi tudi v številnih tujih državah. Poleg njega so glavni predstavniki še Mig-23, Mig-25, Hawker Siddeley *harrier* in preostali (Yoon 2004).

3.3.4 Četrta generacija

Glavna predstavnika te generacija sta ameriški F-16 in sovjetski (ruski) Mig-29. To generacijo bojnih letal so zaznamovale številne tehnološke spremembe. Prvič se pojavijo električni sistemi krmiljenja, steklena kabina, sistem roke na krmilni palici in ročici za potisk, ki so postali osnova za novo generacijo letal. V tem obdobju se pojavijo večnamenski Dopplerjevi⁷ radarji, ki so razširili vidno polje in prinesli številne nove funkcije. Pomembna so bila tudi odkritja na področju mikroelektronike in mikroprocesorske tehnologije, kar je zmanjšalo maso letal. Kasneje se s pojavom elektronskih tehnologij masa letal poveča, to pa predvsem zaradi novih izumov, kot so HUD (*Head up display*), HDD (*Head down display*), HOTAS (*Hands on throtle and stick*),IRST (*Infra red search tracking*) in FBW (*Fly by wire*). Napredek je bil tudi pri motorjih, saj so bili materiali za izdelavo vedno boljši. Letala so postajala manjša, motorji pa močnejši, zato so bile manevrske sposobnosti odlične. V 80. letih so razvili tudi sistem za usmerjanje potisne sile TVC (*Thrust vectoing control*), pojavijo se tudi supermanevrska letala. Glavni predstavniki so F-16 *fighting falcon*, F-18 *hornet*, Mig-29, Mig-31, Saab *viggen* in preostali (Babič in drugi 2003, 63–65; Airforce Technology 2012).

⁷ Dopplerjev radar lahko razlikuje med nepremičnim in gibajočim se ciljem ter določi njegovo hitrost. Pomemben je tudi Dopplerjev frekvenčni pomik, ki spremeni sprejete frekvence zaradi spreminjanja hitrosti izvora.

3.3.5 Med četrto in peto generacijo

V to generacijo uvrščamo letala, ki so po osnovnih karakteristikah podobna tistim iz četrte generacije, vendar nosijo različne napredne tehnologije, ki jih lahko vidimo že v lovcih pete generacije. Glavni predstavniki so F-18 *super hornet*, Eurofighter *typhoon* in Dassault *rafale*. Nekateri Eurofighterja uvrščajo v peto, spet drugi med četrto in peto generacijo. Kronološko jih lahko uvrstimo med leto 1990 in vse do danes. Pojavile so se naslednje nove tehnologije: HMD (*Helmet Mounted Display*), radarji z aktivno elektronsko anteno, motorji s funkcijo superkrižarjenja in s prej omenjenim usmerjenim pritiskom. Posodobili so tudi avioniko in vpeljali konstrukcije iz ogljikovih vlaken, nekatera letala pa že uporabljajo tehnologijo nizke zaznavnosti⁸ (Yoon 2004; Stoker 2012, Airforce technology 2012).

3.3.6 Peta generacija

V 21. stoletju je pridobivanje podatkov postalo strateško zelo pomembno, zato so se v tej smeri razvijala tudi bojna letala. Konstruktorji so zahtevo po pridobivanju informacij rešili z razvojem zmogljivejših tipal in programske opreme. Mehanski radarji so postali preteklost, saj so jih nadomestili tisti z elektronskim snopom pregledovanja zračnega prostora. Poleg radarjev so konstruktorji dodali tudi pasivne sisteme, ki lahko cilje opazijo brez oddajanja signalov. Vse večja potreba po zbiranju podatkov je privedla do združevanja sistemov, saj so tako izboljšali obdelavo podatkov in zagotovili, da je pilot seznanjen z najnujnejšimi informacijami. Tehnologije nizke zaznavnosti, visoka zmogljivost tipal in orožje velikega dosega so vzroki, zaradi katerih se je razvil nov koncept uporabe bojnih letal »prvi vidi, prvi izstreli, prvi uniči«⁹. Novost je uporaba nizke zaznavnosti ob polni oborožitvi, saj je orožje skrito v trupu, nov pa je tudi LPIR (*Low probability of intercept radar*) oz. radar zmanjšane verjetnosti prestrežanja. Razvili so tudi nov visokokvalitetni zračni okvir. Napredovala je tudi računalniška tehnologija, zato so še izboljšali napredno letalsko elektroniko. Izboljšave so se zgodile tudi na motorjih, trenutno najnaprednejši je ameriški Pratt & Whitney F119, ki služi za pogon MRCA F-22. Ameriška letala pete generacije so tako popolnoma kompatibilna s sistemom AWACS (*Airborne early warning and control*), ki posreduje ali prejema podatke o dlje oddaljenih letalih, plovilih in vozilih. Trenutno je F-22 edino operativno letalo te

⁸ Tehnologija nevidnosti se je prvič pričela uporabljati v 60. letih pri Lockheedu. Računalniška tehnologija je ogromno pripomogla k razvoju, saj so z njeno pomočjo izračunali oblike, ki so v popolnem nasprotju z zakoni aerodinamike. Velik vpliv na tehnologijo so imele tudi radarskoabsorpcijske barve na osnovi feritov in drugih materialov. Poglavitni materiali za nevidna letala so fibaloy, kevlar 49, keramika in ogljikovi kompoziti.

⁹ »First look, first shot, first kill!« Tak pristop zagotavlja odkrivanje, spremljanje in napadanje cilja, preden ga nasprotnik zazna. S tem se je začel uveljavljati digitalni zračni boj, saj poteka preko zaslonov, in to na velikih oddaljenostih od bojišča.

generacije. Po letu 2016 naj bi se jim pridružili še ameriški F-35, ruski Suhoj PAK FA/T-50 in kitajski J-20 *chengdu* (March 2001, 256; Jackson 2003; Babič in drugi 2003, 66–69).

4 Oborožitev

Kot primer sodobne oborožitve večnamenskega bojnega letala bom uporabil model F-22 *raptor*, saj je trenutno najnovejše letalo v operativni rabi. V osnovi lahko letalsko orožje razdelimo na topove, bombe in raketno orožje. Pri raketnem orožju je potrebno omeniti, da ga delimo na nevodljivo ali vodljivo, namenjeno pa je ciljem na tleh, v zraku in na morski gladini. Po pojavu prvih vodljivih raket so nekateri konstruktorji z lovskih letal odstranili do tedaj nezamenljive topove in mitraljeze. Glavni opomin je za konstruktorje nastopil šele po arabsko-izraelski vojni v 60. letih 20. stoletja, ko je bilo po nekaterih podatkih z letalskimi topovi uničenih najmanj 15 % vseh letal, zato so jih pričeli ponovno nameščati v bojna letala (Kolenc in drugi 2011, 19–20).

4.1 Topovi

Mitraljezi so bili prvo orožje za boj v zraku, ki so ga konstruktorji namestili na letala. Njihova glavna pomanjkljivost je bil kratek doomet in manjša prebojnost. Prav zaradi tega jih nadomestijo topovi s kalibri od 20 do 30 mm, ki jih bojna letala uporabljajo za boj v zraku ali pa za učinkovite napade na tleh med nizkimi preleti (Daugherty 2007, 16).

Eden prvih zagovornikov ofenzivne vloge letalstva je bil Roland Garros. Dobremu prijatelju Saulnieru je zaradi nezadovoljstva z letalsko oborožitvijo predlagal, naj ustvari mehanizem, ki bo trdno vgrajeni strojnici omogočal streljanje vzporedno z vzdolžno osjo letala skozi vrtilni krog vijaka. To bi pomenilo, da lahko pilot z letalom proti cilju usmeri tudi strojnico ter udobneje in natančneje zadane nasprotnika. Kasneje je sam izdelal odbojne manšete za krogle, izum pa se je pokazal za zelo učinkovitega in povečal vojaško vrednost letala (Jerin 1987, 14–16).

Danes na zahodu v večnamenska bojna letala nameščajo 20mm top M61A2 *vulcan*. Gre za univerzalno orožje, saj lahko piloti z njim uničujejo cilje na tleh in v zraku. S pojavom raket se je vloga topov zmanjšala, a kljub temu ostaja top eno izmed najučinkovitejših orožij na krajših razdaljah. Morda je največja prednost, da ga sovražnik ne more motiti z elektronskimi

pripomočki. V F-35 bodo Američani namestili 25mm top GAU-12. V Evropi se Britanci in Francozi zatekajo h kalibru 30 mm, Nemci pa uporabljajo kaliber 27 mm. Rusi letala opremljajo s topovi kalibra 23 mm in 30 mm (Daugherty 2007, 60–103; Kolenc in drugi 2011, 20).

Uporaba topov se je Američanom najbolj obrestovala pri izvedenki F-4E, ker se je v tem obdobju v Vietnamu v »dogfightih«¹⁰ pokazala prednost 20mm topov, saj se je število zmag nad *migi* krepko povečalo. Tako so v operaciji »Linebaker« leta 1972 mornariški F-4E sestrelili kar 23 *migov*, sami pa so ob tem izgubili le dve letali. Ta bitka je dokaz, da je top nepogrešljiv del opreme (Babič in drugi 2003, 63).

4.2 Bombe

Bombe so klasična oborožitev lovskih bombnikov. V želji po izboljšanju njihove natančnosti so najprej uvedli inercialno vodljive, kasneje pa IR, TV in lasersko vodene bombe. Najbolj razširjena lasersko vodljiva bomba je ameriški *paveway* s samovodljivo napravo. Prvič so jih uporabili v Vietnamu, kjer so se izkazale za zelo učinkovite pri napadanju mostov. Uporabili so jih tudi leta 1972 v napadu na most Thanh Hoa, ki je med piloti slovel kot nezlomljiv. Za uničenje mostu so bila potrebna štiri letala F-4, uporabila pa so lasersko vodene bombe Km-84. Lasersko vodene bombe so se kot zelo učinkovite ponovno izkazale v prvi Zalivski vojni, saj je puščavsko okolje zaveznikom zagotavljalo ugodne okoliščine za uporabo le-teh. Uporabljali so predvsem lasersko vodene bombe tipa GBU-12, s katerimi so uničevali iraške tanke. Kasneje se pojavijo tudi satelitsko-inercialne bombe, ki omogočajo napade na cilje v vsakem vremenu, prvič pa so bile uporabljene v napadu na ZRJ¹¹. V uporabi so tudi bombe kasetnice. Njihova glavna lastnost je, da vsebujejo več bomb, namenjene pa so za uničevanje različnih ciljev, vse od objektov, letaliških stez do vozil. Navsezadnje v to skupino uvrščamo tudi taktične jedrske bombe, ki pa jih običajno nosijo večja letala, kot so bombniki. Najdemo pa tudi nekaj lovskih bombnikov, ki so oboroženi ali z jedrskimi bombami ali s taktičnimi jedrskimi izstrelki (Babič in drugi 2003, 63–66; Kolenc in drugi 2011, 20–21).

Države po svetu so pričele z nadgradnjo klasičnih lasersko vodenih bomb, tako da bombam dodajajo GPS-vodenje. Bombe bodo še vedno delovale na osnovi laserskega vodenja, ki pa bo v primeru izgube ciljne osvetlitve iz laserskega sistema preklopljeno na vodenje s sistemom GPS (Wagner, 2007).

¹⁰ »Dogfight« – bližinski boj med dvema letaloma.

¹¹ ZRJ – Zvezna republika Jugoslavija.

4.3 Rakete

Zadnja generacija večnamenski bojnih letal je opremljena z raketami, velik poudarek pa je tudi na elektrooptičnih infrardečih iskalnikih, ki raketam skupaj s senzorji omogočajo, da lahko ločijo med različnimi infrardečimi protiukrepi. Večja občutljivost sistemov pomeni tudi daljši dolet in možnost identifikacije manjših ciljev, kot so UAV. Dovršena slika tarče omogoča poleg označevanja najbolj izpostavljenega dela letala, izpuha, tudi označevanje drugih bolj ranljivih delov. V prihodnosti bodo vodene rakete nadomestila orožja, ki delujejo s pomočjo mikrovalovne in laserske energije – orožje z usmerjeno energijo (Lambeth 1997).

Raketni izstrelek lahko definiramo kot izstrelek, ki ga poganja raketni motor. Pojav raket je spremenil taktiko bojevanja v zraku. Še posebej učinkovite so vodljive rakete, ki so sloves s 60% uspešnostjo upravičile v arabsko-izraelski vojni leta 1973, še boljše rezultate pa naj bi na Falklandskih otokih leta 1982 dosegli Britanci z 90% učinkovitostjo. Rakete lahko razdelimo glede na dolet in način vodenja ter na rakete zrak-zrak in zrak-zemlja. Glede na dolet jih lahko razdelimo na rakete kratkega, srednjega in dolgega dosega. Po načinu vodenja jih lahko razdelimo na aktivno, pasivno, infrardeče (te rakete sledijo toplotnemu viru) ali pa na kombinirane. Rakete zrak-zrak kratkega dosega so namenjene uničevanju sovražnika do vključno dvajset kilometrov. Morda najbolj znana raketa kratkega dosega je AIM-9, ki jo stalno izpopolnjujejo že vse od leta 1956. Dobro znani sta tudi izraelski raketi kratkega dosega *šafir* in *piton*. Danes so najbolj izpopolnjene rakete ASRAAM (*Advance short range air-to-air missile*). V skupini raket srednjega dosega so med najbolj znanimi ameriška serija AIM-7 *sparrow*, francoska *super matra* R-530, ruski AA-7 in AA-10. Poudariti velja, da so na Zahodu sčasoma to področje pokrili s prej omenjenimi raketami AMRAAM. V tem razredu so sovražnika zmožni uničiti na razdalji od 5 do 50 kilometrov. V zadnjo skupino uvrščamo orožja, ki lahko uničijo sovražnika na razdaljah vse do 150 km in več. Imenujemo jih rakete dolgega dosega, med najbolj znamenite pa uvrščamo ameriško AIM-54A *phoenix*. V Rusiji so razvijali predvsem rakete z zelo dolgim dosegom na turboreakcijski pogon (Gregl 2009, 106; Kolenc in drugi 2011, 20–21).

Ameriški F-22 *raptor* lahko v glavnem in stranskem ležišču ali pa kar na krilnih nosilcih nosi različne tipe raket. Konstruktorji ga lahko tako opremijo s petimi različnimi konfiguracijami. Prvo konfiguracijo sestavljajo rakete zrak-zrak in sicer: 2 x AIM-9 *sidewinder* in 6 x AIM-9-120 AMRAAM. Drugo sestavljajo rakete zrak-zemlja: 2 x AIM-9 *sidewinder*, 2 x AIM-120

AMRAAM in 2 x Mk83 JDAM. Tretjo konfiguracijo sestavljajo rakete z alternativnimi raketami zrak-zemlja: 2 x AIM-9 *sidewinder*, 2 x AIM-120 AMRAAM in 8 x GBU-39 *small diameter bomb*. Četrto skupino sestavljajo rakete zrak-zrak z dodatnimi zunaj nameščenimi rezervoarji za gorivo. Pri teh nastavitvah letalo, za razliko od prvih treh, izgubi nizko opaznost. V trupu najdemo: 2 x AIM-9 *sidewinder*, 10 x AIM-120 AMRAAM. V peti konfiguraciji je stanje podobno, letalo je opremljeno z naslednjim arzenalom: 8 x AIM-120 AMRAAM in štirimi dodatnimi rezervoarji goriva. Tudi ta izvedenka nima več nizke zaznavnosti (Dougherty 2010, 60–66).

Med najučinkovitejše rakete uvrščamo AIM-132 ASRAAM, ki je plod evropskega raziskovanja in nadomestilo za AIM-9 *sidewinder*. Projekt sta že daljnega leta 1980 skupaj izpeljali Nemčija in Velika Britanija, ki pa se kasneje nista mogli dogovoriti glede posameznih podrobnosti, in Nemci so odstopili od projekta. Britanci so nadaljevali z razvojem, raketo pa so leta 1998 prvič namestili na bojna letala (Moir 2006, 375).

5 Mehanski in elektronski sistemi

5.1 Radar

Radar je sistem za odkrivanje in opazovanje letalnikov ali drugih objektov s pomočjo oddaje in sprejema odbitega visokofrekvenčnega elektromagnetnega valovanja (Gregl 2009, 105).

V letalski vojaški industriji so trenutno najsodobnejši tako imenovani radarji AESA (*Active electronically steered antenna*) oz. radarji z aktivno elektronsko krmiljeno anteno, zato pomenijo z vidika operativnega delovanja lovcev pravo tehnološko revolucijo. Takšni radarji so se sicer uporabljali že v 70. letih 20. stoletja, namenjeni pa so bili predvsem nalogam obrambe pred potencialnimi balističnimi raketami. Zaradi še ne tako razvite tehnologije v tistem obdobju so bili radarji izjemno velikih dimenzij. Tehnološki napredek v zadnjih desetletjih je omogočil, da so se komponente radarjev zmanjševale, zato so jih lahko sčasoma pričeli vgrajevati na vojne ladje in kasneje na bojna letala. Na razvoj so vplivale posledice operativnih potreb in zahtev sodobnih oboroženih sil po spremljanju številnih ciljev. Razvoj je šel v dve smeri in razvili so radarje s pasivno elektronsko krmiljeno anteno ter radarje z aktivno elektronsko krmiljeno anteno (Dakič 2010, 46–47).

Med napredne radarje uvrščamo tudi radarje SAR (*Synthetic aperture radar*) oz. radarje s sintetično aperturo. Glavna lastnost tega radarja je snemanje terena s pomočjo gibanja radarske antene, ki je pravokotno postavljena na smer njenega gibanja in lahko izdela radarsko sliko celotne površine. Prednost tega radarja je, da lahko prikaže izjemno natančno radarsko sliko. To mu uspe z gibanjem antene prečno na objekt, ki ga opazujemo, in zajemom večje količine slik iz različnih položajev. To omogoča zajem slike z zelo visoko ločljivostjo. Kvaliteta prikazane slike je najbolj odvisna od valovne dolžine radarja (Mior 2006, 164–167).

Bojno letalo 5. generacije F-22 uporablja radar AESA AFG-77. Omenjeni radar je po mnenju večine trenutno najbolj tehnološko napreden med vsemi, ki so v operativni uporabi. S svojimi 2000 oddajno-sprejemnimi moduli zagotavlja odkrivanje tarč na razdalji preko 200 km. Med lastnosti tega radarja se uvršča tudi tehnologija LPI (*Low probability intercept*) oz. zmanjšana verjetnost prestrezanja. Radar AFG-77 oddaja pulze v širokem spektru frekvenc, to pa v praksi pomeni, da cilj nima časa, da bi lahko zaznal, da ga je odkril, označil in zajel radar z *raptorja* (Dakič 2010, 48–49).

5.2 Elektrooptika

V kabini sodobnega bojnega letala lahko najdemo številne optičnoprikazovalne pripomočke. Mednje uvrščamo TV-zaslone, ki so prešli v uporabo v 80. letih in so še danes stalnica v pilotskih kabinah, saj piloti z njih razbirajo ključne podatke. Nepogrešljiv pripomoček pilotov so tudi očala za nočno gledanje oz. NVG (*Night vision goggles*), ki delujejo na principu multiplacije elektronov. Prvič se pojavijo pred približno 40 leti, danes pa jih lahko razdelimo v 4 generacije. Trend zadnjih let je predvsem uporaba prikazovalnikov HMD, ki že imajo vgrajeno možnost nočnega gledanja. V zadnjih tridesetih letih je vojaškotehnološki svet zaznamovala tudi infrardeča tehnologija, z njo pa se je začel pojav prikazovalnikov in infrardečih sledilnih sistemov, ki med drugim upravljajo z infrardeče vodenimi izstrelki. Eden takšnih je sistem IRSTS (*IR search and track systems*) oz. infrardeči iskalni in sledilni sistem. Značilnost IR-sistemov je tudi to, lahko prejemajo podatke od sistemov C4I¹². V trupu se nahajajo tudi laserji za označevanje tarč in vodenje pametnih bomb, ki so jih Američani prvič uporabili v Vietnamu, poimenovali pa so jih LGB (*Laser guided bombs*) oz. lasersko vodene bombe (Mior 2006, 183–211).

¹² C4I – sistem, ki vključuje poveljevanje, kontrolo, komunikacije, računalnike in informacije.

5.3 Navigacija

Navigacija predstavlja praktično in teoretično načrtovanje, nadzorovanje in ugotavljanje smeri leta letala. Izvršuje se s pomočjo mehaničnih ali elektronskih naprav, s katerimi si lahko pilot pomaga pri navigaciji. Med letom tako pridobiva podatke, ki so potrebni za navigacijo, kot so smer letala, hitrost, trenutna lega, čas in smer vetra. Podatke lahko odčitava z navigacijskega zaslona, na katerem so vsi podatki, s katerimi lahko tudi nadomesti večino druge navigacijske opreme. Pri tem mu je v pomoč vsa oprema na letalu in tista na tleh (Gregl 2009, 75–76).

Pomena navigacije so se zavedali že pionirji letenja, in čeprav se poglobljene načrte navigacije skozi leta niso občutneje spreminjali, je pojav reaktivnih letal sprožil potrebo po zelo natančni navigaciji. Navigacija že dolgo ne predstavlja le poti od točke A do B, saj je zelo uporabna pri izkoristku goriva, doseganju zastavljenih urnikov in preprečevanju morebitnega srečanja – trka dveh letal. Kot za zelo pomembno se lahko navigacija izkaže tudi pri izogibanju SAM (*Surface-to-air missile*) oz. raketam zemlja-zrak in AAA (*Anti-aircraft artillery*) oz. protizračni artileriji. Razvoju vojaškega letalstva skozi leta je sledil tudi razvoj navigacije. Tako poznamo različne vrste navigacije. Najpreprostejša je *osnovna navigacija*, pri kateri si piloti pomagajo z odčitavanjem podatkov z barometra, radarja in magnetnega kompasa. Premika se po oseh X (V_x), Y (V_y) in Z (V_z). Sledil je pojav *radijske navigacije*, sem uvrščamo radijski svetilnik, radiokompas, vsesmerni radijski svetilnik in radijski goniometer. Iz tega obdobja je dobro poznan tudi Dopplerjev radarski sistem. Danes v skupino najsodobnejših navigacijskih sistemov uvrščamo sisteme s *satelitsko navigacijo*. Prvi so z razvojem sistema NAVSTAR-GPS pričeli Američani, deluje pa na principu, po katerem mora GPS loviti najmanj 4 satelite, saj se lahko tako določi geografsko višino, dolžino in širino. Podoben sistem so razvili tudi v Evropi (GALILEO¹³) in v Rusiji (GLONASS). Da sistem deluje, so potrebne naslednje komponente: sprejemni računalnik, antena in vhodno-izhodna enota. Satelitsko navigacijo lahko razdelimo tudi na TACAN (*Tactical air navigation system*) oz. taktični navigacijski sistem in LORAN (*Long range navigation*) – navigacijski sistem dolgega dosega. Sodobna bojna letala uporabljajo še kopico preostalih sistemov, kot so DME (*Distance-measuring equipment*) oz. oprema za merjenje razdalj, ILS (*Instrumental landing system*) oz. instrumentalni pristajalni sistem, MLS (*Microwave landing system*) oz. mikrovalovni pristajalni sistem, GNSS (*Global navigation satellite system*) oz. globalni

¹³ Galileo je globalni navigacijsko-satelitski sistem, ki ga razvijata EU in Evropska vesoljska agencija. Projekt je vreden preko 5 milijard €, poimenovali pa so ga po slovitim italijanskem astronomu Galileju. Glavni cilj razvojne ekipe je ustvariti sistem, ki bi ga lahko prebivalci Evrope uporabljali neodvisno od ruskega GLONASS-a, ameriškega GPS-a in kitajskega Compassa. Ko bo prišel v uporabo, bo imel dva glavna operacijska centra, prvega v Münchnu, drugega pa v Fucinju, v Italiji.

satelitsko-navigacijski sistem in GATM (*Global air transport management*) oz. globalno zračnotransportno upravljanje (Mior 2006, 281–326; Kolenc in drugi 2011, 16–17; Amos 2012).

Letalo F-22 *raptor* uporablja več navigacijsko-tehnoloških sistemov, med najbolj učinkovite šteje LPI, podatke pa lahko preko sistema AEW (*Airborne early warning*) oz. sistema zgodnjega obveščanja o letalih hitro deli tudi s preostalimi letali. Visokotehnološke rešitve in s tem številni problemi so konstruktorjem ter pilotom *raptorja* že povzročali sive lase med poleti od Havajev do Kanade, saj so jih morali zaradi težav s programsko opremo ustaviti (Westnage 2007; Dougherty 2010, 66).

5.4 Komuniciranje pilot – letalo

Zgodovino letalskih prikazovalnih naprav lahko razdelimo na dve tehnološki obdobji. Sprva so bili pilotom v pomoč elektromehanski sistemi, ki pa so jih s pojavom novejših tehnologij nadomestili elektrooptični. V 60. letih 20. stoletja je na razvoj vplival predvsem pojav različnih tehnologij, kot sta katodna CRT (*Cathode ray tube*) in tehnologija tekočih kristalov LCD (*Liquid crystal display*). Kasneje jima sledi pojav večfunkcijskih prikazovalnikov MDF (*Multifunction display*), ki lahko prikazujejo različne formate na istih prikazovalnih pripomočkih, hkrati pa prikazujejo iste podatke na različne načine. Tako so danes sodobna bojna letala opremljena z elektrooptičnim čelnim zaslonom HUD (*Head up display*), na katerem se s pomočjo grafičnih in številčnih simbolov prikazujejo pomembni podatki med letom. V pilotske kabine¹⁴ se vgrajujejo tudi prikazovalniki HMD (*Helmet-mounted display*), s pomočjo katerih se na vezirju čelade lahko vrši in izvaja različne naloge, med njimi tudi namerjanje raket zrak-zrak kratkega dosega. Sistem HMD je sicer sestavljen iz več podsistemov, kot so naglavna sledilna, optična in elektromagnetna naprava. V prihodnosti se bodo na področju prikazovalnikov in zaslonov pojavljale nove mikroprikazovalne, visoko intenzivne, organske in prepustne tehnologije. Pilotu je med letom v pomoč tudi HDD (*Head-down display*) prikazovalnik, ki se ga večkrat omenja tudi kot MPD (*Multipurpose display*) prikazovalnik. Pilotom zagotavlja raznolik pregled nad podatki med letom (Moir 2006, 411–450).

¹⁴ Pilotsko kabino več avtorjev poimenuje tudi »kokpit«, predstavlja pa del letala z napravami za krmarjenje in instrumenti, v katerem je posadka, ki opravlja let.

5.5 Motorji

Motor je stroj, ki pretvarja toplotno energijo v mehanično ali pa mehanično energijo v električno. Pogonski sistem pa je celoten pogonski sistem letalskega motorja z vsemi potrebnimi dodatnimi deli. Skozi desetletja razvoja so se vse bolj izpopolnjevali materiali, ki so lahko prenesli večje pritiske in temperature, zato je bil storjen tudi velik napredek na področju pogona. Večje spremembe so se, kot pri večini komponent, začele dogajati v 60. letih, ko so se dimenzije motorjev pričele zmanjševati. Naraslo je tudi razmerje med potisno silo in maso motorja, ki se je od razmerja 4,4 : 1, kolikor je znašalo pri GE J79¹⁵, povečalo na 10 : 1 pri motorju P&W F-119¹⁶. Rezultat tega je bil, da so lahko naposled gradili manjša bojna letala z močnimi motorji. Razvoj notranje aerodinamike motorjev je prispeval k zmanjšanju števila stopenj kompresorja in turbine ter s tem števila rotirajočih delov. Zaradi močnejših motorjev so razvili tudi sistem za usmerjanje smeri potisne sile TVC (*Thrust vectoring control*), pri katerem znaša ugodno razmerje med potiskom motorja in maso letal 1,2 : 1 v korist potisne sile. Pojavila so se supermanevrska letala, ki med leti premikajo meje aerodinamičnih zakonov in letijo stabilno tudi prek kritičnih vpadnih kotov (Babič in drugi 2003, 64–65; Gregl 2009, 69–91).

Razvoj vojaških letal je nedvomno najbolj prispeval k hitremu razvoju reaktivnih letalskih motorjev. Danes skoraj ni proizvajalca, ki v svoje bojno letalo ne bi poskušal vgraditi najboljših motorjev, saj je prav od pogonskega sistema precej odvisna kakovost bojnega letala, pa tudi nosilnost, manevrske zmogljivosti in preostale karakteristike. Razvoj pogonskih sklopov za bojna letala je zelo drag in tehnično zahteven, zato je proizvajalcev relativno malo. Med glavne uvrščamo ameriška General Electric, Pratt & Whitney, britanski Rolls-Royce, francoski Snecma, sledijo pa tudi konzorciji, kot je Eurojet, ruski Saturn in Aviadvigatel. Prvi reaktivni motorji so bili tako namenjeni le vojaškim letalom, imeli pa so velike specifične potiske in visoko porabo goriva ter omejen obseg uporabe. V 60. letih se pojavijo turboreakcijski motorji, ki jih je odlikovala relativno nizka poraba in boljše delovanje na velikih višinah, kjer je zrak redkejši. Motorjem v tem obdobju dodajo tudi komoro za dodatno izgorevanje, kjer zgoreli plini iztekajo iz turbine motorja in imajo še vedno dovolj kisika za gorenje. Še posebej pa to velja za turboventilatorske motorje. V 80. letih so s pojavom večnamenskih bojnih letal v ospredje prihajali gospodarnejši turboventilatorski motorji. Večina večnamenskih letal opravlja naloge tako na velikih kakor tudi na nizkih višinah, zato

¹⁵ GE J79 je ameriški reaktivni motor, ki so ga vgrajevali v številne lovce in bombnike iz 50. in 60. let.

¹⁶ P&W F-119 je ameriški reaktivni motor, ki so ga vgrajevali v lovce F-15.

je treba dostikrat sprejeti kompromis in vgraditi motor, ki v seštevku delovanja v vseh režimih daje najboljši rezultat, hkrati pa se postavlja vprašanje o številu motorjev – enem ali dveh (Kolenc in drugi 2011, 13–14).

Lockheedov F-22 *raptor* je tako opremljen z dvema P&W F119-PW-100 motorjema s sistemom usmerjanja potisne sile, ustvarita pa 130 kN potiska, z uporabo dodatnega izgorevanja pa kar 156 kN. Merilnik hitrosti se tako ustavi pri 2.410 km/h, maksimalni doseg letala pa znaša 2.960 km (Winchester 2010, 302).

5.6 Manevriranje in upravljanje letala

Krilo je glavna nosilna površina letala, na kateri nastaja potrebni vzgon. Konstruktorji so že v 50. letih ugotovili, da so za letenje z nadzvočnimi hitrostmi najbolj primerna deltasta krila brez vodoravnih repnih površin, a so morali zaradi povečevanja razpona hitrosti iskati nove ideje. Tako so ustvarili krila s spremenljivo puščico, saj zagotavljajo optimalnejše letenje pri različnih hitrostih, kasneje pa so jim dodali še nove naprave za povečevanje vzgona na sprednjih in zadnjih robovih kril. Na razvoj večnamenskih bojnih letal je vplival tudi pojav kanardov, ki jih lahko na prvi pogled označimo kar kot predkrila, ki skrbijo za od 20 do 30% povečanje vzgona (Babič in drugi 2003, 60–62; Gregl 2009, 50; Kolenc in drugi 2011, 8–10).

Ob pojavu prvih bojnih letal, predvsem lovskih bombnikov in lovcev, so bile krmilne naprave, kot so krmilna palica in pedali, z jeklenimi pletenicami, kovinskimi cevmi in vzvodi neposredno povezane s krmilnimi površinami. Pri takšnih mehanskih komandah so sile pomikanja komand pri najvišjih hitrostih zahtevale že kar velik napor. Sile so se z vse večjim povečanjem hitrosti le še bolj povečevale, vse do tiste meje, ko jih tudi najbolj izurjeni piloti niso mogli več pomikati. To je bil povod za hidromehanske pomičnike, kjer so mehansko povezavo še vedno ohranili. S pojavom puščičastih kril so v sisteme za krmarjenje začeli uvajati naprave za stabilizacijo leta. Še večjo revolucijo je sprožil pojav računalnika, saj je ta postal vmesni člen, v katerega so prihajali pilotovi ukazi. Sprva so imeli piloti določene težave z nezanesljivostjo elektronskih komand, zato so v začetku obdržali kombinacijo tako elektronskih kakor tudi mehanskih komand. V 70. letih je prišlo na področju krmarjenja do popolne uresničitve zamisli strokovnjakov izpred desetletij. Za to je poskrbel sistem za električno krmarjenje oz. FBW (*Fly by wire*), pri katerem gre za prenašanje komand, ki jih na poti do krmilnih površin v realnem času ustrezno analizira in obdela računalnik, rezultat pa je izhodni signal, ki so pomočjo servopomočnika ustrezno premika krmilne površine. Sistem pilotu tudi preprečuje tiste najbolj nevarne ukaze, saj ima v programski podpori vgrajene

omejitve, ki ne dovoljujejo določenih manevrskih elementov. Sistem je zelo pomemben z vidika razbremenjenosti pilota, saj se lahko pilot tako osredotoči na zahtevne bojne manevre ob relativno varnem letu (Knific 2008b).

Ko je govora o aerodinamiki letala, so v ospredju njegova aerodinamična oblika, sledijo pa krmarjenje in stabilnost. Pri nadzvočnih hitrostih se težave pojavijo predvsem pri stabilnosti, ki pa jo konstruktorji poskušajo rešiti s pomočjo naprav za stabilizacijo leta. Stabilnost pri letalu pomeni, da se letalo po motnji, povzročeni na primer z nenadnim nenamenskim pomikom krmilne ročice, vrne v prvotni položaj brez pomoči pilota. V primeru oddaljevanja sil od položaja ravnotežja postane letalo še bolj nestabilno. V takih primerih delimo stabilnost na dinamično in statično, prva govori o celotni časovni sliki pomikanja letala po motnji, druga pa pomeni težnjo pomikanja v uravnoveženi položaj po motnji, ki je povzročena zaradi sunka vetra ali s pomikanjem krmilnih površin (Knific 2008c).

Pomemben tehnični pripomoček, ki pripomore k boljši stabilnosti, je tudi sistem HOTAS (*Hands on throttle and stick*) oz. sistem najpomembnejših kontrol na pilotovi ročici, ki pilotu omogoča, da kar najbolje izkoristi možnosti, ki mu jih ponuja letalo, v tem primeru F-22 (Dougherty 2010, 65–66).

Ena izmed zahtev pri načrtovanju letal 5. generacije je tudi navpično vzletanje in pristajanje. Ideja se je v zvezi NATO prvič pojavila že na začetku 60. let, glavni razlog pa so bile težave pri klasičnih letališčih, saj so ta zaradi menevrirnih raket postala zelo ranljiva. Sistem za navpično vzletanje in pristajanje so poimenovali V/STOL (*Vertical/Short take-off and landing*). Idejo o takšnemu tipu letal so najbolje uresničili Angleži s projektom P.1150, ki ga je poganjal novi motor *pegasus*, pri katerem so izpušni plini teki skozi štiri premične šobe, ki so se obrnile za 90° navzdol in zagotovile vzgonsko silo. Tako je iz omenjenega projekta nastal zdaj že znameniti *harrier*, ki so ga skozi leta le še posodabljali in izpopolnjevali. Omenjeno tehnologijo V/STOL v družini letal 5. generacije že uporablja ameriški F-35 *lightning*, ki pa trenutno še ni v operativni uporabi (Babič in drugi 2003, 62; Dougherty 2010, 102–103).

5.7 Materiali

Na vse do sedaj omenjene mehanske in elektronske sisteme so imeli največji vpliv prav novi materiali, ki so se pojavljali vse do danes. Sprva sta bila glavna materiala les in platno, danes pa smo priča pojavu bistveno bolj trdnih materialov, pojavljati pa so začele že prav eksotične zlitine. Aluminij s svojimi zlitinami je bil prvi izmed bolj revolucionarnih materialov in še

danes je med najpogosteje uporabljanimi prav zlitina iz aluminija in litija. Z uporabo jekla in kasneje titana so konstruktorji uspeli zagotoviti tudi ustrezno trdnost. V obdobju 5. generacije bojnih letal pa so se pričeli uveljavljati kompozitni materiali, saj imajo številne prednosti. Odlikuje jih izjemna trdnost (to jim omogočajo karbonska vlakna¹⁷), so relativno lahki, hkrati pa so radarsko manj opazni oz. nevidni, kar je ena izmed najpomembnejših lastnosti 5. generacije. Uporaba teh materialov je še posebej vplivala na zmanjšanje mase letal, saj je masa tovrstnih letal za kar do 40 % nižja od tistih izpred dvajsetih let (Knific 2008č; Wikipedia 2013b).

Materiali, med katerimi so tudi kompoziti iz karbonskih vlaken, in oblika letalu F-22 omogočajo, da lahko med letom vzdržuje nizko radarsko opaznost, k temu pa veliko pripomore dizajn z ostrimi robovi in skladiščenje orožja znotraj trupa letala (Dougherty 2010, 64).

6 Tehnološke zamisli 21. stoletja

Mikroelektronika je korenito spremenila sisteme sodobnih orožij, njihove senzorje in vžigalnike za njihovo uničevanje. Brez vmešavanja človeka so orožja zmožna lastnega »razmišljanja«, ko jih izstrelijo ali celo zgolj namestijo v nek prostor. Pri letalskem delu je to še posebej pomembno pri razvoju izboljšav na področju daljinsko vodenih letal in novi oborožitvi kakor tudi pri tehnologiji zmanjšanje radarske vidljivosti. Že v času konflikta med ZDA in Sovjetsko zvezo je cena orožij in visoke tehnologije predstavljala veliko breme za obe velesili, kar je privedlo do sprejemanja različnih sporazumov o nadzoru nad oboroževanjem. Prav zaradi tega v vojaškem letalstvu vlada trend uvajanja večnamenske opreme, kjer bi lahko v prihodnosti pomembno vlogo igrala prav daljinsko vodena brezpilotna letala brez posadke UAV (*Unmanned aerial vehicle*). V taktični vlogi so takšna letala vse pogosteje v rabi. Izstrelijo se lahko z vozila ali pa s tal. Daljinsko vodljiva letala so relativno majhne, poceni in počasneje leteče naprave brez pilota. Sprva so bili UAV namenjeni predvsem za odkrivanje ciljev z majhne višine, ki jih je kasneje obstreljevala artilerija.

¹⁷ Karbonska vlakna uvrščamo v skupino kompozitnih materialov, kar pomeni, da je material sestavljen iz najmanj dveh gradnikov, ki sta združena skupaj. Tako nastopajo karbonska vlakna kot matice (veziva), saj so narejena iz organskih snovi, h katerim so dodana polnila (armature, kot so polimeri, epoksi smole). Imajo tudi odlične mehanske lastnosti, saj močno presegajo mehanske lastnosti kovin. Njihova največja slabost je visoka cena, saj je postopek pridobivanja vlaken zelo zahteven in drag. Velikokrat se karbonska vlakna zaradi mehanskih lastnosti in majhne teže predstavlja kot kompozit prihodnosti, zato je tudi potreba po njih vedno večja, širi pa se tudi karbonska industrija, ki ustrezno izdeluje ter predeluje karbonska vlakna.

Potencial UAV je prvi izkoristil Izrael leta 1982 ob vdoru v Libanon, od takrat naprej pa so UAV postali skorajda nepogrešljiva vojaška oprema svetovnih velesil. Med glavne naloge UAV uvrščamo elektronsko vojskovanje, saj se lahko z ustreznimi signali vklopi nasprotnikov radar, ki s tem razkrije svoj položaj letalu za elektronsko izvidništvo. Prav izvidništvo pa je tudi ena izmed najpomembnejših nalog UAV, kakor tudi lasersko označevanje ciljev. Brezpilotno letalo lahko izvede tudi samovodenje v nasprotnikov radar, lahko pa se uporabi tudi kot platforma za različne tipe orožja, navsezadnje pa tudi za neposredno uničenje cilja – letečo bombo (Knific 2008a, 278–291).

6.1 Oborožitev in nove tehnologije

6.1.1 Zatemnitvena bomba

Bomba lahko onesposobi naprave za proizvodnjo in distribucijo električne energije. Letalo lahko odvrže nevodeni ali vodeni zabojnik – bombo kasetnico. Zaboj se odpre in odvrže približno 200 kasetnih bombic. Vsaka od njih napihne majhen aerodinamični stabilizator, ki upočasni padanje in jo popravi v navpično lego. Na določeni višini naboj vsake bombice počí in izvrže veliko tankih ogljikovih vlaken, ki se razpredajo in pristanejo na električni opremi, tam pa povzročijo kratek stik (Knific 2008a, 304).

6.1.2 E-bomba

Elektromagnetna bomba povzroči izjemno močan elektromagnetni pulz, ki lahko za dlje časa onesposobi električne naprave v krogu več sto kilometrov od kraja detonacije. Posledice elektromagnetnega pulza onesposobijo električno opremo, živi organizmi pa nanj praviloma niso občutljivi. Ionizirani plini, ki nastanejo zaradi visokih temperatur in visokoenergijskega sevanja, lahko tudi blokirajo radarske in radijske signale. Višina detonacije takšne bombe ima velik vpliv na pojav elektromagnetnega pulza. Tako ima eksplozija bombe visoko nad tlemi večjo moč, zato lahko elektromagnetni efekti inducirajo tokove v kovinskih objektih, žicah, antenah, različnih ogrojdih, letalih itd. Ločimo med jedrskim in brezjedrskim elektromagnetnim pulzom. Prvi nastane pri puku jedrske bombe, drugega pa se lahko ustvari s pomočjo elektromagnetne energije. Glavna razlika med njima je območje delovanja, saj je to pri jedrski bombi dosti širše. Brezjedrske bombe z elektromagnetnim pulzom se že nameščajo na brezpilotna letala, zato jih bodo v prihodnosti najverjetneje pričeli uporabljati tudi na večnamenskih bojnih letalih (Kolšek 2010, Kopp 2013).

6.1.3 Orožje s tehnologijo usmerjene energije

Naslednja generacija bo po vsej verjetnosti opremljena z orožji, katerih glavna lastnost je usmerjena energija. Takšno orožje bo uporabno tako za ofenzivne kakor tudi defenzivne naloge. Tak tip orožja ne uporablja klasičnih izstrelkov, kot so bombe ali rakete, ampak deluje na principu usmerjene energije, ki lahko ima na posadko smrtonosne ali nesmrtonosne učinke. Energija se lahko usmerja na različne načine. Tako lahko deluje na osnovi elektromagnetne radiacije, mikrovalovne energije, laserjev in zvoka. Zelo učinkoviti bodo tudi elektrolaserji, ki bodo v smeri tarče poslali ionizirano plazmo, ki ima podobne učinke kot strele. Podjetje North Grumman je tako leta 2009 testiralo električni laser, ki proizvede 100KW žarek svetlobe. Žarek je dovolj močan, da lahko uniči rakete in artilerijske izstrelke. Laser lahko zaradi relativno majhnih mer namestijo na večino letal, ki so trenutno v operativni rabi. Leta 2011 je isto podjetje testiralo še močnejši elektrolaser, izkazal pa se je kot izjemno učinkovitega pri uničevanju hitro premikajočih tarč. V prihodnosti bo revolucionarno tudi plazemsko orožje. V svetu fizike ali kemije predstavlja plazma eno od agregatnih stanj snovi. Če tej snovi v plinastem agregatnem stanju povečamo energijo, začne prihajati do ionizacije, kjer se od atomov odcepijo posamezni elektroni. Obstaja projekt MARAUDER, pri katerem so inženirji dosegli, da je plazma pospešila skoraj do hitrosti svetlobe. V praksi bi se takšno orožje pokazalo za izjemno učinkovito, saj piloti takšnemu uničevalnemu žarku ne bi mogli pobegniti ali se mu umakniti (Airforce technology 2009; CNN 2011; Scitech connect 2013).

6.1.4 Tehnologija samoobnavljanja

Tehnologija samoobnavljanja oz. *self-healing* se omenja kot ena izmed glavnih prednosti večnamenskih bojnih letal 6. generacije, saj bi lahko letala ostala v zraku kljub hujšim poškodbam trupa. Tehnologija se je prvič pojavila leta 2008, ko so inženirji na univerzi v Bristolu črpali inspiracijo iz rastlinskih in živalskih vrst. Sistem uporablja dve sestavini – epoksi smolo in trdilec –, ki sta nameščeni na najbolj ranljivih delih letala. V primeru poškodbe trupa sestavini ustvarita trajen čep, ki letalu omogoča manevriranje kljub resnejšim poškodbam. Čeprav ta tehnologija v prvi vrsti ni bila razvita za vojaške namene, strokovnjaki ne dvomijo, da bo nekoč predstavljala eno izmed najpomembnejših novosti v vojaški industriji (Airforce Technology 2012).

6.2 Večnamensko bojno letalo 6. generacije

Čeprav večine letal 5. generacije sploh še ni v operativni uporabi, pa se že več let pojavljajo ugibanja o idejah in zasnovi 6. generacije večnamenskih bojnih letal. Vprašanje je, kakšen preskok bo ustvarjen med obema generacijama in kdaj se sploh bo pojavila nova. Morda v

naslednjih dvajsetih letih? Za razvoj lovca 5. generacije F-22 je bilo potrebnih kar dvajset let, zato je moč pričakovati, da bo lovec nove generacije izdelan šele po letu 2025. Po analizah ameriške vojske bo v letu 2030 v uporabi približno 1.500 letal, katerih gonilna sila bo F-35, do tedaj pa bodo upokojili tudi večino letal F-16. V ospredje bodo postavljali predvsem možnost širokega spektra uporabe večnamenskih bojnih letal. Zaradi relativno hitrega razvoja ruskih in kitajskih bojnih letal 5. generacije bi se morali po mnenju nekdanjega ameriškega obrambnega ministra Gatesa Američani čim hitreje usmeriti v razvoj novih tehnologij, saj bi lahko množična ruska in kitajska proizvodnja privedla do zmanjšanja zračne premoči ZDA. Z razvojem nove generacije naj bi sicer v ZDA začeli, ko bo v operativno rabo prišel F-35, saj bodo šele takrat lahko videli glavne prednosti in pomanjkljivosti tega večnamenskega bojnega letala. Uradnega programa za izgradnjo 6. generacije v ZDA do leta 2009 še niso izdali. Kot glavni tekmeči za proizvodnjo se kot vedno omenjajo Boeing, Lockheed Martin in Northrop Grumman. Pa vendar se določene tehnološke rešitve že pojavljajo, spominjajo pa na znanstveno fantastiko. Letala 6. generacije bodo zasnovana tako, da bodo imela še nižjo radarsko zaznavnost, med letom pa bodo lahko z »morphingom« spreminjala obliko kril, da bodo ta kar najbolj optimalne oblike za različne hitrosti. Novejši motorji bodo poskrbeli še za bolj učinkovito nadzvočno in podzvočno hitrost (Tirpak 2009).

Slika 6.1: Oblika letal od 1. do 5. generacije in predvidena oblika 6. generacije (od leve proti desni)



Vir: Air force magazin (2009).

Bojna letala prihodnje generacije bodo najverjetneje opremljena z orožji, ki delujejo na osnovi usmerjene energije, in še bolj naprednimi laserskimi orožji za obrambo pred prihajajočimi izstrelki. S prepredanjem modernih materialov in sodobne elektronike bodo letala kot

senzorji, omenja pa se tudi verjetnost odprave radarja v nosu letala, kot ga poznamo danes. Opremljena bodo z orožji, s katerimi bi lahko izvajali kibernetске in tiste bolj klasične napade. Pojav brezpilotnih letal bi lahko v naslednjih dvajsetih letih vplival na proizvodnjo avtonomnih robotiziranih lovskih letal. Še bolj verjeten pa je pojav brezpilotnih letal, ki bi jih upravljalo več operaterjev naenkrat. Prav tako še niso čisto odločeni, ali bi za izpolnitev zastavljenih ciljev uporabili večnamenska ali pa manjša, bolj specializirana posamična letala. Velik vpliv na novo generacijo bodo imeli tudi sistemi C4I in z njimi povezane tehnologije. Tako bo pilotom na voljo kopica uporabnih podatkov. Ena izmed novosti bo tudi možnost avtomatskega zaznavanja tarč. Senzorji in mikroelektronika bodo pilotu omogočali še boljši pregled nad bojiščem. Letalo bo zmožno preko računalnikov pilotu svetovati, na kakšen način in s katerimi sredstvi ter do katere mere naj napade, uniči ali onesposobi cilj. Tradicionalno zapleteno elektroniko bo sčasoma nadomestila tehnologija fotonov, kar bo privedlo do zmanjšanja mase in zapletenih elektronskih vezij. Velik poudarek namenjajo tudi orožju, ki deluje na principu usmerjene energije. Nasprotniki takšnemu orožju skoraj ne bi mogli pobegniti ali se mu izogniti. Letala prihodnje generacije bodo do dvakrat hitrejša od obstoječih, s petkratno hitrostjo zvoka pa bodo dosegala »hipersonične« hitrosti. Med preostale rešitve lahko uvrstimo še zelo občutljive senzorje. Strokovnjaki ob vseh tehnologijah opozarjajo, da bodo lahko z ustvarjanjem nove generacije pričeli šele, ko bodo dostopne in izpopolnjene vse omenjene nove tehnologije (Tirpak 2009).

7 Sklep

Prvo hipotezo »*Vsestranska bojna letala prevzemajo vlogo namenskih letal*« lahko potrdim, saj sem med izdelavo diplomske naloge prišel do ugotovitve, da se je leta 1968 s projektom MRCA (*Multi role combat aircraft*) in kasneje s pojavom 4. generacije pričelo obdobje uporabe večnamenskih letal, ki hkrati opravljajo več nalog. Uporabna so za prestrežanje, neposredno zračno podporo, izvidovanje, naloge, povezane z elektronskim in protielektronskim delovanjem, opravljajo bombniške naloge in napade na cilje na morju. Vse to jim je omogočila tehnologija, ki se je pojavila v zadnjih štiridesetih letih. Številne izboljšave so bile narejene na področju motorjev in uporabe materialov, s katerimi so letala lahko ob večjem potisku in manjši masi nosila veliko več opreme in oborožitve. Do izboljšav je prišlo na vseh področjih, vse od stabilnosti, krmarnjivosti, hitrosti, senzorjev, radarjev, elektronskih pomagal do nizke radarske zaznavnosti. Računalnik je postal najpomembnejši pripomoček v novih letalih, saj skrbi za delovanje številnih sistemov, orožja, senzorjev,

radarjev, pri novejših letalih z revolucionarnimi oblikami pa poskrbi, da lahko sploh (po)letijo. Izrazit prehod od enonamenskih do večnamenskih letal pa je še posebej opazen v 90. letih 20. stoletja, ko s pojavom 4.5. in 5. generacije postavijo večnamenska bojna letala nove tehnološke smernice in (p)ostanejo vladarji neba, ki so zmožni opravljati zelo raznolike naloge, pilot pa zaradi izboljšave elektronike in avionike ni več neposredni upravljalec letala, temveč samo nadzornik sistemov, ki večino dela opravijo sami.

Drugo hipotezo »*V prihodnosti lahko pričakujemo popolno robotizacijo vsestranskih bojnih letal*« delno potrjujem. Za to sem se odločil na podlagi tehnoloških rešitev, ki so predvidene za 6. generacijo večnamenski bojnih letal. Med predvidenimi novostmi tako najdemo interese po še nižji radarski zaznavnosti, po novejših in bolj učinkovitih motorjih, predviden je tudi »morphing« oz spreminjanje oblike kril med letom. Med orožji se kot revolucionarna novost omenja usmerjena energija in še bolj napredni laserji. Zaradi informacijske dobe, v kateri živimo, bodo letala opremljena s še več senzorji in orožji, s katerimi bodo lahko izvajala kibernetike napade in pridobivala pomembne informacije iz okolja. Omenja se tudi izboljšava kompatibilnosti letalskih informacijskih sistemov s sistemi C4I. Tudi vojno letalstvo je že uvidelo prednosti, ki jih prinaša robotska tehnologija z vozili in plovili brez posadke, zato se omenja tudi razvoj novih plovil UAV, ki bi jih lahko upravljalo več operaterjev hkrati. Med prebiranjem literature nisem zasledil podatkov o popolni robotizaciji večnamenskih letal v prihodnji 6. generaciji, saj bodo piloti še kar nekaj časa opravljali zahtevne naloge in leteli v »sožitju« z napredno avioniko. Se pa že danes UAV uporabljajo za zelo raznovrstne naloge, a za zdaj še ni pričakovati, da bi popolnoma nadomestili klasični tandem – pilota in letalo. To se bo morda zgodilo v 7. generaciji, o kateri pa trenutno še ni dovolj podatkov, in tudi zaradi tega sem se odločil, da drugo hipotezo le deloma potrdim.

8 Literatura:

- Airforce technology. 2009. *Boeing's tactical laser successfully destroys ground target*. Dostopno prek: <http://www.airforce-technology.com/news/newsusaf-champ-missile/> (6. september 2013).

- 2012. *Sixth generation fighter aircraft: rise of the F/A-XX*. Dostopno prek: <http://www.airforce-technology.com/features/featuresixth-generation-fighters-boeing-lockheed/> (6. september 2013).

- Amos, Johnatan. 2012. *Gelileo: Europe's version of GPS reaches key phase*. Dostopno prek: <http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-19933989> (1. september 2013).

- Babič, Sašo, Stane Grčar, Marko Malej, Mitja Maruško, Jure Milijević in Jaka Ilijevski Ulčar. 2003. *Sto let letalstva*. Ljubljana: Tehniška založba Slovenije.

- Dakič Prelc, Drago. 2010. Radarji sodobnih bojnih letal. *Revija Obramba (november)*: 46–51.

- Dougherty, M. Martin. 2010. *Modern air-launched weapons*. London: Amber Books Ltd.

- Fox news. 2011. *Navy shows off powerful new laser weapon*. Dostopno prek: <http://www.foxnews.com/tech/2011/04/08/navy-showboats-destructive-new-laser-gun/?test=faces> (6. september 2013).

- Gregl, Dominik. 2009. *Letalski razlagalni slovar z ustreznici v angleščini*. Ljubljana: Samozaložba Dominik Gregl.

- Jackson, Scott. 2003. *First look, first shot, first kill*. Dostopno prek: <http://mindlace.com/articles/climate33.htm> (1. september 2013).

- Jerin, Zoran, Čedomir Janič, Ciril Trček in Jože Vilfan. 1987. *Bojevniki neba*. Ljubljana: Mladinska knjiga.

- Knific, Boris. 2008a. *Enciklopedija orožja: Od leta 5000 pr. n. š. do 21. stoletja*. Radomlje: Defensor.

- 2008b. *Krmarjenje s pomočjo računalnika*. Dostopno prek: http://sierra5.net/index.php?option=com_content&task=view&id=500&Itemid=1 (28. avgust 2013).
- 2008c. *Stabilnost*. Dostopno prek: http://sierra5.net/index.php?option=com_content&task=view&id=499&Itemid=1 (28. avgust 2013).
- 2008č. *Materiali*. Dostopno prek: http://sierra5.net/index.php?option=com_content&task=view&id=502&Itemid=1 (28. avgust 2013).
- Kolenc, Marjan, Boris Knific in Drago Dakič Prelec. 2011. Bojna in vojaška letala. *Revija Obramba* (december): 4–41.
- Kolšek, Aljaž. 2010. *Jedrsko orožje*. Dostopno prek: http://mafija.fmf.uni-lj.si/seminar/files/2009_2010/Jedrsko_orozje.pdf (7. september 2013).
- Kopp, Carlo. 2013. *The electromagnetic bomb: a weapon of electrical mass destruction*. Dostopno prek: <http://www.airpower.maxwell.af.mil/airchronicles/cc/apjemp.html> (7. september 2013).
- Lambeth, Benjamin. 1996. *Technology and air war*. Dostopno prek: <http://www.airforcemag.com/MagazineArchive/Pages/1996/November%201996/1196tech.aspx> (5. september 2013).
- March, R. Peter. 2001. *Directory of military aircraft of the world*. London: Cassell & Co.
- Moir, Ian in Allan Seabridge. 2006. *Military avionics systems*. West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd.
- SciTech. 2013. *Compact toroid formation, compression and acceleration*. Dostopno prek: <http://www.osti.gov/scitech/biblio/7369133> (6. september 2013).
- Spick, Mike. 2002. *The Illustrated Directory of Fighters*. London: Salamander Books Ltd.
- Stoker, Liam. 2012. *Stealth vs brute force: is the trade-off worth it?* Dostopno prek: <http://www.airforce-technology.com/features/featurestealth-vs-brute-force-trade-off-usaf-aircraft/> (1. september 2013).

- The Aerodrome. 2001. *The aircraft of world war I*. Dostopno prek: <http://www.theaerodrome.com/aircraft/statistics.php> (5. september 2013).
- Tirpak, A. John. 2009. *The sixth generation fighter*. Dostopno prek: <http://www.airforcemag.com/MagazineArchive/Pages/2009/October%202009/1009fighter.aspx> (29. avgust 2013).
- Wagner, Jirka. 2007. *Paveway: laser-guided bombs*. Dostopno prek: http://www.military.cz/usa/air/in_service/weapons/bombs/paveway/paveway_en.htm (5. september 2013).
- Wastnage, Justin. 2007. *Lockheed Martin F-22 Raptors back to Hawaii, abandoning first foreign deployment to Japan*. Dostopno prek: <http://www.flightglobal.com/news/articles/pictures-navigational-software-glitch-forces-lockheed-martin-f-22-raptors-back-to-hawaii-212102/> (31. avgust 2013).
- Wikipedia. 2013a. *Multirole combat aircraft*. Dostopno prek: http://en.wikipedia.org/wiki/Multirole_combat_aircraft (1. september 2013).
- 2013b. *Karbonska vlakna*. Dostopno prek: http://sl.wikipedia.org/wiki/Karbonska_vlakna (31. avgust 2013).
- Winchester, Jim. 2010. *Jet fighters inside out*. San Diego: Thunder Bay Press.
- Yoon, Joe. 2004. *Fighter generations*. Dostopno prek: <http://www.aerospaceweb.org/question/history/q0182.shtml> (31. avgust 2013).
- Žabkar, Anton. 2007. *Pehotna oborožitev in oprema – Stanje in smeri razvoja*. Ljubljana: Defensor.