

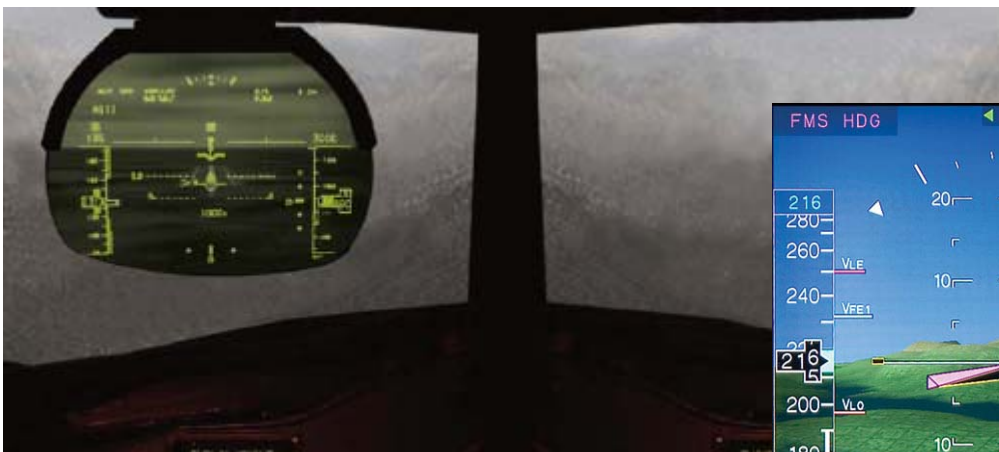
ČVUT v Praze
Fakulta Dopravní
Ústav Letecké Dopravy

SYSTÉMY CNS
(semestrální práce)



PROSTŘEDKY ZLEPŠOVÁNÍ VIZUÁLNÍHO SITUAČNÍHO UVĚDOMĚNÍ

HEAD-UP DISPLAY - HUD
ENHANCED VISION SYSTEM - EVS
SYNTHETIC VISION SYSTEM - SVS



David Příbyla
1. 12. 2007

Obsah:

1. Úvod – obsah této práce	1
2. Principy a funkce HUD, EVS a SVS	2
1.1. Head Up Display (HUD).....	2
1.1.1. Přínosy HUD	3
1.1.2. Omezení HUD	4
1.2. Enhanced Vision System (EVS)	4
1.3. Senzor na bázi radaru pro milimetrové vlny (MMWR).....	7
1.4. Synthetic Vision System (SVS)	8
1.4.1. Srovnání EVS a nočního vidění (NVG)	10
3. Evropský přístup k EVS	11
4. Výrobci a jejich komerční produkty	13
1.5. Gulfstream.....	13
1.5.1. EVS-II	13
1.5.2. HUD-II	14
1.5.3. Synthetic Vision – Primary Flight Display (SV-PFD)	15
1.6. Rockwell Collins	16
1.7. Thales	17
1.8. Bombardier.....	18
1.9. Kollsman	18
1.9.1. Kollsman All Weather Window® EVS II.....	19
1.9.2. Kollsman General Aviation Vision System	19
1.10. CMC Electronics	20
1.10.1. Řada produktů SureSight® I-series.....	21
1.10.2. Řada produktů SureSight® M-series.....	21
1.10.3. Max-Viz.....	22
1.11. L-3 Avionics Systems	22
1.12. FLIR Systems	23
5. Závěr - budoucnost HUD/EVS	24
6. Použité zdroje	25

Seznam obrázků:

<i>Obrázek 1: Ilustrace k vysvětlení principu použití HUD (vlevo)</i>	2
<i>Obrázek 2: Projekční jednotka HUD v DHC-8-202Q (vpravo)</i>	2
<i>Obrázek 3: Projekční jednotka Honeywell HUD 2020</i>	2
<i>Obrázek 4: Delta Air Lines Boeing 737-832 HUD (Thales)</i>	3
<i>Obrázek 5: Princip zobrazení a instalace EVS</i>	4
<i>Obrázek 6: IR senzor EVS a jeho výstup v porovnání s neaugmentovaným pohledem</i>	5
<i>Obrázek 7: Typické umístění senzoru EVS</i>	5
<i>Obrázek 8: Projekce EVS na HUD</i>	6
<i>Obrázek 9: Snímky letadel z IR senzorů při úplné tmě, mlze a dešti</i>	6
<i>Obrázek 10: Senzor radaru milimetrových vln (MMWR)</i>	7
<i>Obrázek 11: Srovnání obrazu radaru MMWR a klasického pohledu při dobrých podmínkách</i>	7
<i>Obrázek 12: Obraz z IR senzoru, MMW radaru a jejich fúze</i>	7
<i>Obrázek 13: Příklad možného zobrazení SVS na PFD</i>	8
<i>Obrázek 14: Příklad možného zobrazení zakřiveného přiblížení: NAV3D SVS</i>	8
<i>Obrázek 15: Srovnání SVS a EVS</i>	8
<i>Obrázek 16: Dva různé pohledy SVS</i>	9
<i>Obrázek 17: Universal Avionics Vision 1 SVS exocentric view</i>	9

<i>Obrázek 18: EVS po levé straně ve srovnání s fůzí EVS a SVS napravo</i>	10
<i>Obrázek 19: Ilustrace k proklesání DH při použití EVS</i>	12
<i>Obrázek 20: Shrnutí výhod EVS v podání Gulfstream</i>	13
<i>Obrázek 21: Zobrazení EVS na původní HUD 2020 Honeywell</i>	14
<i>Obrázek 22: HUD letounu Gulfstream G550</i>	14
<i>Obrázek 23: SV-PFD zakomponovaný do avioniky Plane View v letounech Gulfstream</i>	15
<i>Obrázek 24: Gulfstream G450 – vybavení Plane View, výrobcem je Honeywell</i>	15
<i>Obrázek 25: zobrazení EVS na HGS v podání Rockwell Collins</i>	16
<i>Obrázek 26: Surface Guidance System na HGS Rocwell Collins</i>	16
<i>Obrázek 27: Instalace senzoru EVS na radomu letounu Global Express</i>	18
<i>Obrázek 28: Kollsman All Weather Window® EVS</i>	19
<i>Obrázek 29: Obraz Kollsman All Weather Window® EVS</i>	19
<i>Obrázek 30: Senzor Kollsman GAViS™ a jeho instalace</i>	20
<i>Obrázek 31: Schopnosti a aplikace produktů CMC Electronics</i>	20
<i>Obrázek 32: Senzor SureSight® I-Series™ CMA2700 (vlevo)</i>	21
<i>Obrázek 33: Porovnání obrazu senzoru CMA-2600 a nové generace CMA-2700 (vpravo)</i>	21
<i>Obrázek 34: Typický Head Down Display (PilotView™ Electronic Flight Bag)</i>	21
<i>Obrázek 37: Thales D-HUD</i>	17
<i>Obrázek 35: Schéma Thales EFVS</i>	17
<i>Obrázek 36: Obraz Thales EFVS promítaný na HUD</i>	18
<i>Obrázek 38: Zobrazení EVS-1000</i>	22
<i>Obrázek 39: Snímek Iris EVS L-3 Avionics</i>	23
<i>Obrázek 40: Zavěšení senzoru FLIR pod křídlem</i>	23

Seznam zkratek:

BBJ	Boeing Business Jet	
BEVS	Bombardier Enhanced Vision System	
CFIT	Controlled Flight Into Terrain	
CRT	Cathode Ray Tube	
DH	Decision Height	Výška rozhodnutí
D-HUD	Digital Head Up Display	
EFVS	Enhanced Flight Vision System	
EGPWS	Enhanced Ground Proximity Warning System	
EVS	Enhanced Vision System	
FAA	Federal Aviation Authority	
HDD	Head Down Display	
HGS	Head up Guidance System	
HUD	Head Up Display	
HUDLS	Head Up Display Landing System	
IFR	Instrument Flight Rules	
ILS	Instrument Landing System	Systém pro přesné přiblížení a přistání
IMC	Instrument Meteorological Conditions	Meteorologické podmínky pro let podle přístrojů
IR	Infrared	Infračervený
JAA	Joint Aviation Authorities	Sdružené letecké úřady
JAR-OPS	Joint Airworthiness Requirements Operations	
LCD	Liquid Crystal Display	
MDH	Minimum Descent Height	Minimální výška sestupu
MMW	Milimeter Wave	
MMWR	Milimeter Wave Radar	
NASA	National Aeronautics and Space Administration	
ND	Navigation Display	

NVG	Night Vision Goggles	
PFD	Primary Flight Display	
RCLL	Runway centre line light(s)	Osové světelné řady RVY
RVR	Runway Visual Range	Dráhová dohlednost
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
SGSTM	Surface Guidance System	
SV-PFD	Synthetic Vision Primary Flight Display	
SVS	Synthetic Vision System	
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System	Protisrážkový výstražný systém pro vyhnutí se
RA	Resolution Advisory	letovému provozu - rada k vyhnutí
TDZ	Touchdown Zone	Dotyková zóna
TWY	Taxiway	Pojezdová dráha
VMC	Visual Meteorological Conditions	Meteorologické podmínky pro let za viditelnosti

1. Úvod – obsah této práce

Situační uvědomění je esenciální z hlediska bezpečnosti provedení letu. Palubní přístroje poskytují přesné indikace polohy a trajektorie letadla, ale v okamžiku, kdy se okolní prostředí stane příliš temným a nebo oblačnost a mlha znemožní pilotům vidět okolní prostředí, musí se piloti spolehnout na bezpečnostní ochranné prostory zakomponované do IFR procedur. To se týká většiny pilotů, avšak stále roste počet těch, kteří mohou využívat pokročilé zobrazovací systémy Enhanced Vision System (EVS) nebo Synthetic Vision System (SVS), které jsou už dnes dostupné i pro malá jednomotorová vrtulová letadla a vrtulníky.

EVS umožňuje pilotům vidět takřka skrz oblačnost a mlhu při přiblížení a také při pojíždění vidět začení RWY a TWY a jejich okolí i za podmínek nízké dohlednosti a je to považováno za významný krok ve směru zvýšení bezpečnosti a omezení tzv. RWY incursions a jiných nebezpečí pramenících z nedostatečného vnímání okolí (CFIT). Od ledna 2004 umožnila FAA pilotům letadel s certifikovaným vybavením Enhanced Flight Vision System (EFVS – viz. dále) klesat při přímém přiblížení pod výšku rozhodnutí (DH nebo i MDH) až do výšky 100ft nad úrovní prahu dráhy, kde musí mít definované vizuální reference, aby mohli dokončit přistání.

FAA poznamenala, že tyto změny předpisů můžou znamenat „provozní výhody, snížení nákladů a zvýšení bezpečnosti pro letadla vybavená EFVS.“ Při současném vybavení letadla HUD celý systém „může znamenat vyšší úroveň bezpečnosti danou lepším situačním uvědoměním a vizuálními prostředky pro stabilizované přiblížení s cílem minimalizovat počty nezdařených přiblížení.“

Tato semestrální práce se věnuje právě pokročilým metodám zobrazování okolního prostředí a zabývá se Head Up Display (HUD), syntetickým zobrazením Synthetic Vision System (SVS) a především se pak soustředí na způsoby využití infračervených kamer pro Enhanced Vision System (EVS). Ve druhé kapitole jsou vysvětelné principy těchto technologií, jejich přínosy a možnosti, ve třetí kapitole je pak rozebrán evropský přístup k EVS a připravované změny některých předpisů, týkajících se použití EVS. Čtvrtá kapitola obsahuje výčet některých dodavatelů systémů EVS, popisy jejich produktů a prakticky současný stav nabídky HUD, EVS a SVS. Jsou zde zmíněny produkty společností Gulfstream, Rockwell Collins, Bombardier, Thales, CMC Electronics, Kollsman, FLIR Systems a Max-Viz. V závěru je pak celkové hodnocení budoucího vývoje těchto technologií.

2. Principy a funkce HUD,EVS a SVS

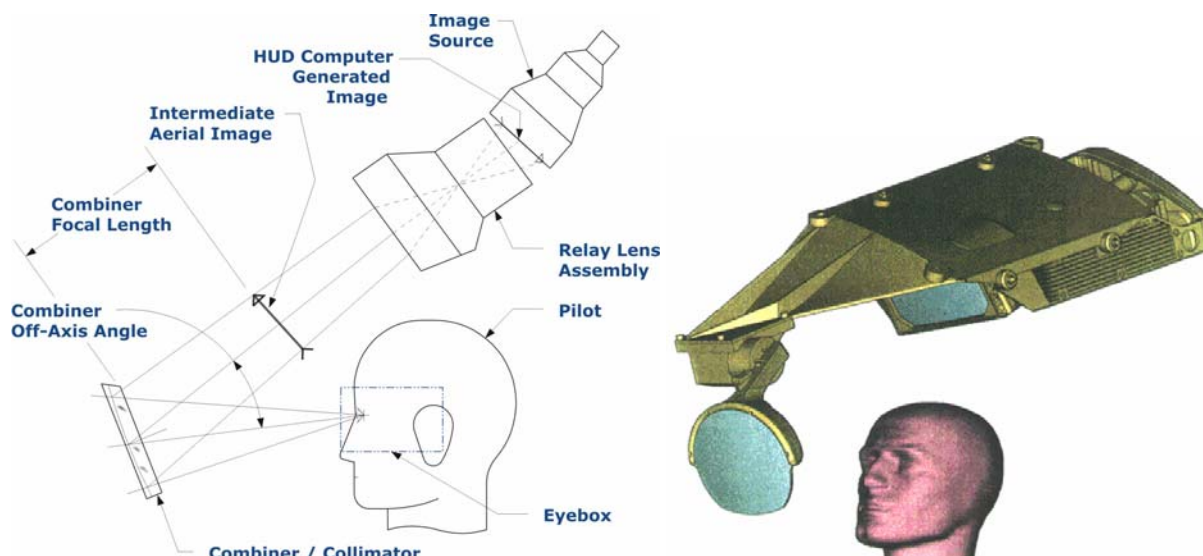
1.1. Head Up Display (HUD)



Obrázek 1: Ilustrace k vysvětlení principu použití HUD (vlevo)

Obrázek 2: Projekční jednotka HUD v DHC-8-202Q (vpravo)

V podstatě „základní“ HUD promítá navigační data z palubních přístrojů na transparentní panel do zorného pole pilota před čelní sklo. To znamená, že během přiblížení pilot nemusí měnit pohled mezi pohledem „dolů“ na navigační přístroje a „nahoru“ aby získal potřebnou vizuální referenci s RWY nebo přiblížovací světelnou řadou, která se takřka vynoří z mlhy nebo oblačnosti. Jedná se o velmi podstatný přínos pro bezpečnost přistání, protože pilot může neustále sledovat venkovní prostředí a současně dodržet přesné vedení letadla při přiblížení podle přístrojů.



Obrázek 3: Projekční jednotka Honeywell HUD 2020

1.1.1. Přínosy HUD

Obecně je možné shrnout přínosy použití HUD do těchto bodů:

- možnost letu s odpovídající úsporou paliva, energetická optimalizace přiblížení, provedení přiblížení nebo odletu s extrémně přesnou rychlostí a sledování ILS,
- přesná indikace bodu dotyku v okamžiku získání vizuální reference s RWY a tudíž možnost vyhnout se přelétnutí TDZ s rizikem přejetí konce RWY při brzdění a potenciálního poškození podvozku nebo trupu letadla,
- spojitá indikace sestupové roviny nebo polohy letadla při vizuálním přiblížení v noci, nad terénem bez charakteristických prvků užitečných pro vizuální vedení nebo nad vodou,
- novější HUDy dále často nabízejí některé pokročilejší funkce jako například:
 - o varování před potenciálním poškozením trupu letadla (tailstrike attitude),
 - o indikace podrovnání a snížení tahu motorů,
 - o vzdálenost ke konci dráhy po dosednutí,
 - o TCAS RA vedení úhybného manévru,
 - o vyvedení letadla z nezvyklých poloh v prostoru (unusual attitude recovery guidance),
 - o vedení při vzletu za nízké dohlednosti.

Je důležité poznamenat, že použití HUD není povoleno pro CAT I, II nebo III kategorii přiblížení nebo pro vzlety za nízké dohlednosti (low visibility takeoff) při absenci indikace ILS nebo jiného radionavigačního zařízení, poskytujícího potřebnou úroveň navigační přesnosti.



Obrázek 4: Delta Air Lines Boeing 737-832 HUD (Thales)

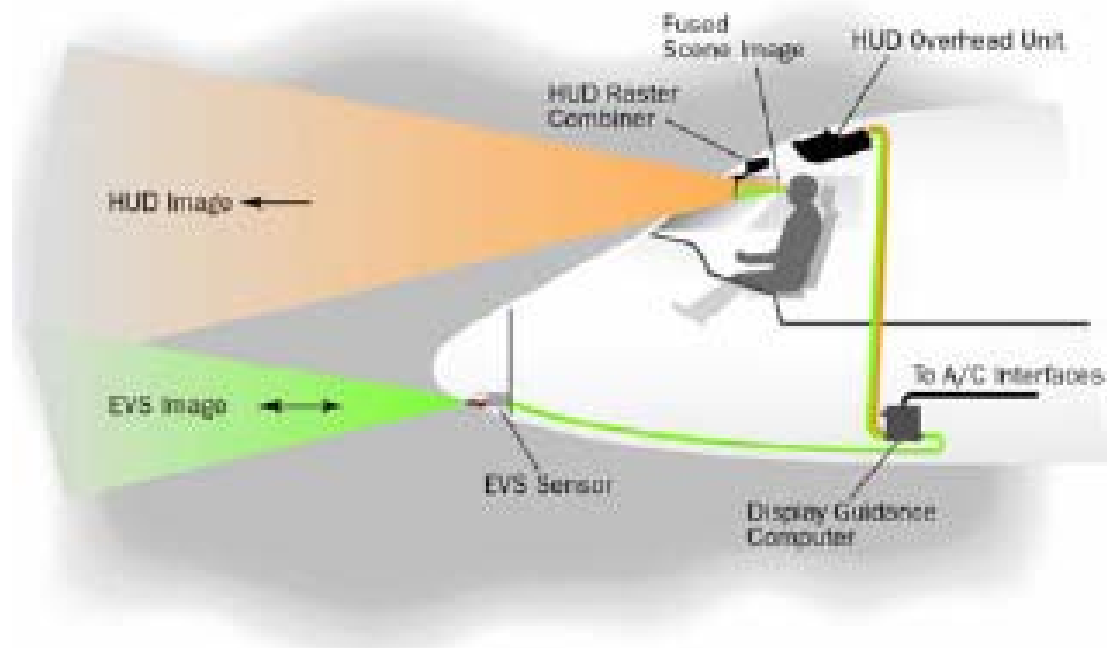
1.1.2. Omezení HUD

Někteří provozovatelé využívající HUD dosáhli povolení používat zmiňované výhody ke snížení limitů při přistání nebo vzletu. Tato povolení jsou ale vždy specifická pro individuální provozovatele, typy letadel a výcvik pilotů a mohou se vztahovat jen na konkrétní letiště. Mimoto jsou tato povolení udělována jen určitými národními regulátory a nejsou přenosná. Znamená to, že je ostatní regulační orgány neuznávají.

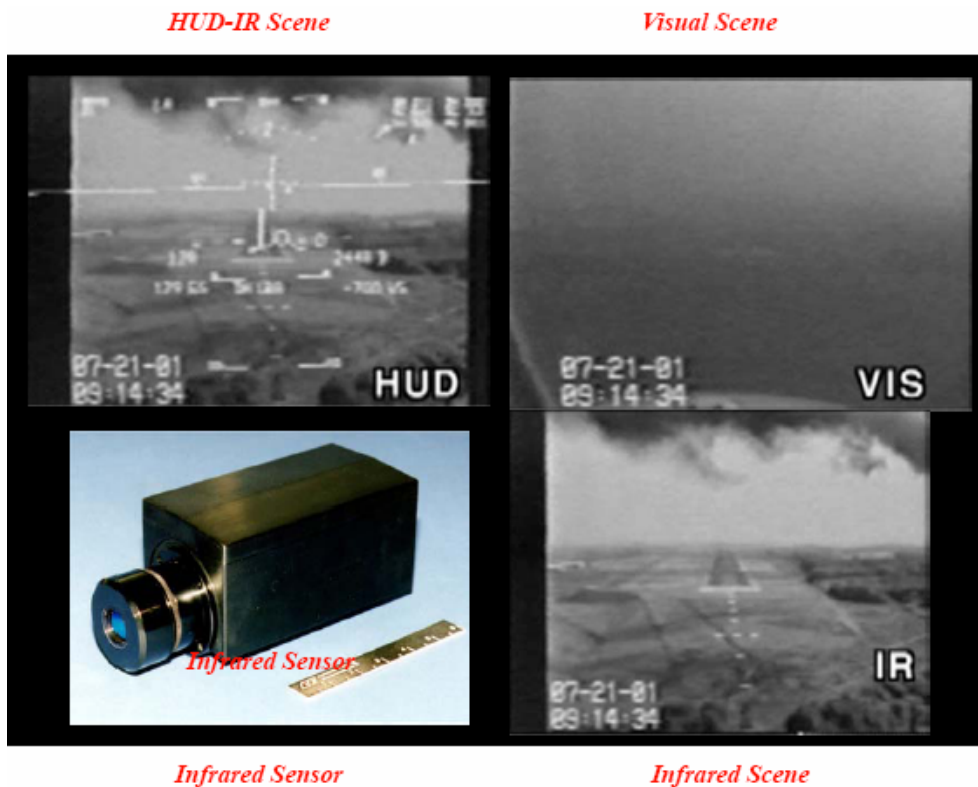
Přestože HUD poskytuje řadu důležitých bezpečnostních výhod, existuje kritické omezení. „Základní“ HUD totiž pouze duplikuje data z navigačních přístrojů a promítá je do vhodnější polohy z hlediska zorného pole pilota. Toto je sice velmi užitečné, ale nezvyšuje dopřednou dohlednost a neumožňuje „vidět“ dále, než je pilot schopen vlastním okem. Znamená to že hlášená RVR 750m se jeví stále jako RVR 750m i pro pilota sledujícího okolí skrz HUD.

1.2. Enhanced Vision System (EVS)

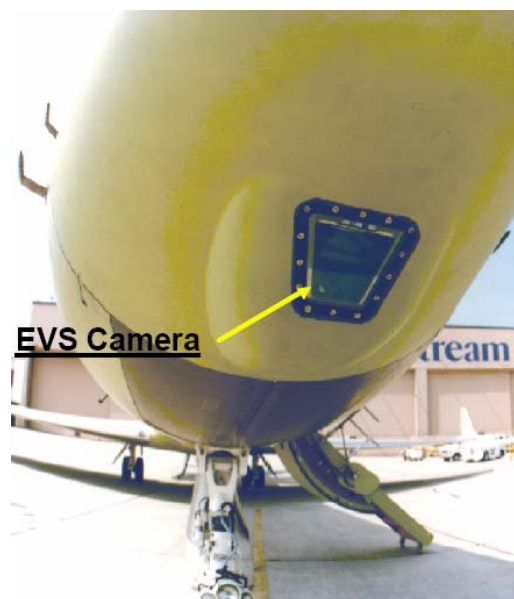
Enhanced Vision System je termín označující skupinu technologicky pokročilých systémů, které poskytují augmentaci zraku pilota. Základní myšlenkou EVS je umožnit podle pravidel letu za VMC za podmínek IMC. EVS tedy směřuje k zvýšení bezpečnosti a snížení minim pro získání vizuální reference za podmínek nízké dohlednosti nebo nízké základny oblačnosti. Enhanced Vision System je v nedávné době vyvinutý systém pro zdokonalení základního HUD. S pomocí EVS je možné „vidět“ skrz tmou a většinu typů srážek a mlhy obraz prostředí před letadlem a prezentovat jej s pomocí projekční jednotky HUD anebo jej zobrazit na Head Down displeji. Pilot tak může získat vizuální reference a vidět letiště, přiblížovací a dráhová světla, RWY a pojižděcí dráhy, ale i ostatní letadla a další nebezpečné překážky, přestože za daných podmínek nejsou lidským okem viditelné. V závislosti na druhu omezení dohlednosti může EVS například v dříve zmiňované situaci RVR 750m poskytnout dohlednost okolo 3 kilometrů. Při projekci na HUD je obraz EVS promítán jako pozadí standardních symbolů HUD a jeho měřítko a orientace odpovídá přesně obrazu, který by pilot viděl za dobrých meteorologických podmínek pouhým okem.



Obrázek 5: Princip zobrazení a instalace EVS



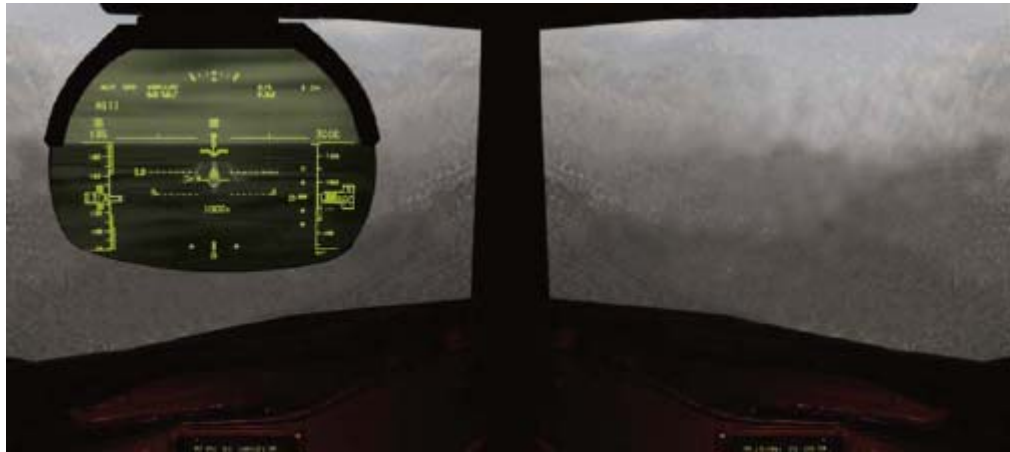
Obrázek 6: IR senzor EVS a jeho výstup v porovnání s neaugmentovaným pohledem



Obrázek 7: Typické umístění senzoru EVS

Primární technologií pro EVS je dnes použití infračervených kamer (detektorů). Tyto senzory detekují elektromagnetické vlnění v části spektra neviditelné pro lidské oko. Je tak možné zobrazit i nepatrné rozdíly v teplotě sledovaných objektů bez ohledu na tyto objekty zakrývající mlhu nebo srážky. Takto získaný obraz představuje „tepelné vnímání“, které je předáváno pilotovi nejčastěji prostřednictvím HUD, na který se obraz EVS promítá po předchozím elektronickém zpracování tak, aby vytvářel souvislý obraz téměř fotografické kvality.

EVS podstatně zlepšuje situační uvědomění a také zvyšuje bezpečnost, protože pilot může nejen přesně zalétnout přiblížení pomocí informací navigačních prostředků zobrazených na HUD, ale současně může i monitorovat situaci a prostředí před letadlem i daleko mimo dosah lidského zraku.



Obrázek 8: Projekce EVS na HUD

EVS přináší tyto důležité výhody:

- pilot je okamžitě informován o potenciálních hrozbách v trajektorii letadla, které nejsou pouhým okem viditelné; tím je myšlen terén, vozidla, další letadla, překážky na RWY nebo jinde na provozních plochách letiště,
- v situacích, kdy je základna oblačnosti nerovná nebo roztrhaná nebo když se vyskytují pásy mlhy nebo prudké nárazovité srážky v prostoru těsně před dosednutím letadla, EVS zajistí to, že pilot neztratí krátkodobě vizuální kontakt s RWY,
- během pojíždění v noci nebo za podmínek nízké dohlednosti poskytuje EVS zřetelný obraz TWY a blížících se křížení RWY, což je chápáno jako silný bezpečnostní přínos především na letištích, se kterými není pilot plně seznámen, a prevence nepovoleného vniknutí na RWY (tzv. RWY incursion); dále EVS zlepšený výhled umožňuje vyšší rychlosti pojíždění a tím i možný vliv na zpoždění odletů a příletů a celkový vliv na kapacitu letiště za podmínek nízké dohlednosti,
- v určitých případech může EVS pomoci předcházet vzniku CFIT, což je velmi podstatný přínos k bezpečnosti, který samotný HUD nenabízí.



Obrázek 9: Snímky letadel z IR senzorů při úplné tmě, mlze a dešti

1.3. Senzor na bázi radaru pro milimetrové vlny (MMWR)

Některé typy oblačnosti, mlhy a srážek mohou snížit účinnost infračervených senzorů. Přestože je to zřídka se vyskytující jev, výzkumníci EVS zjistili, že za těchto podmínek může být dosaženo účinné penetrace pomocí radaru pracujícího v pásmu milimetrových vln. Takto získaný obraz sice nemá stejnou zřetelnost jako obraz získaný pomocí infračerveného senzoru, ale je dostačující pro udržení situačního uvědomění. Radar sice prakticky měří jen vzdálenosti a azimuty, ale po vhodném zpracování toto může být graficky interpretováno jako obraz okolí. Proto jsou v současné době vyvíjeny technologie využívající radaru jakožto možného vstupu pro augmentaci obrazu.

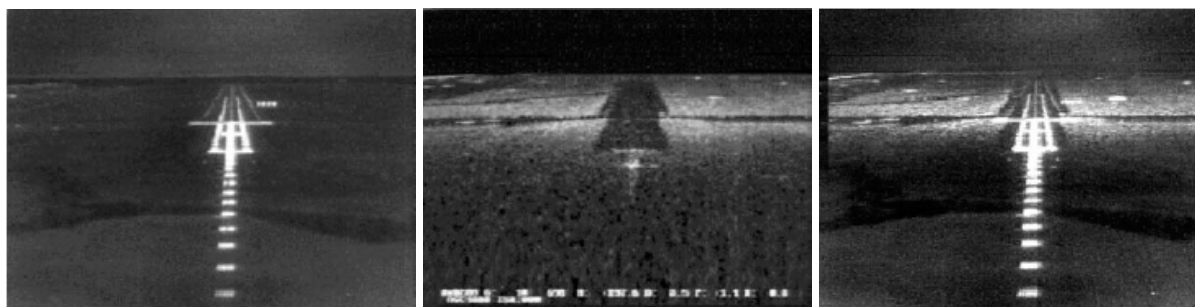


Obrázek 10: Senzor radaru milimetrových vln (MMWR)



Obrázek 11: Srovnání obrazu radaru MMWR a klasického pohledu při dobrých podmínkách

Současný výzkum v oblasti EVS se soustředí na fúzi dat získaných MMWR a infračervenými detektory. Bádání v této oblasti zahájila NASA už před mnoha lety a v dnešní době se touto cestou ubírají i komerční výrobci systémů EVS (např. CMC Electronics). Data těchto dvou odlišných senzorů jsou analyzována a spojována dohromady tak, aby vytvořila přesně souhlasný obraz, který je pak promítán na HUD. Dnes bohužel nejsou MMWR dostupné pro komerční použití ale některé současné moderní systémy EVS už počítají s možností jejich budoucí modulární integrace.



Obrázek 12: Obraz z IR senzoru, MMW radaru a jejich fúze

1.4. Synthetic Vision System (SVS)

Enhanced Vision System (EVS) je občas nesprávně ztotožňován se Synthetic Vision System (SVS), oba systémy jsou ale velmi odlišné. SVS je původem experimentální koncepte NASA, do vývoje SVS se ale v poslední době stále častěji zapojují i komerční výrobci. SVS využívá obsáhlé a velmi podrobné palubní databáze terénu a překážek a s využitím informací o poloze, kurzu a výšce vytváří obraz terénu před letadlem, který je pak možno prezentovat na PFD, ND nebo HUD. Na rozdíl od EVS a obrazu mikrovlnného radaru je vizualizace SVS plně vytvářena palubním počítačem. Využití tohoto systému pro přiblížení za podmínek nízké dohlednosti je bez další reprezentace reálného okolí v nedohlednu a z důvodů celkové problematičnosti technické certifikace a potřeby obsáhlé databáze se předpokládá komerční nasazení systému až za několik let. Pravděpodobně nejdále v tomto smyslu je Gulfstream se svým SV-PFD, ke kterému se vrátíme později.



Obrázek 13: Příklad možného zobrazení SVS na PFD



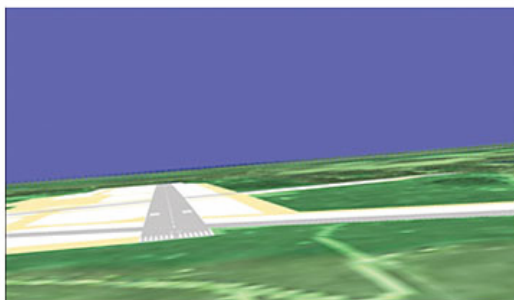
Primary Flight Display
Highway-in-the-Sky (HITS) navigation
synthetic terrain using NASA data



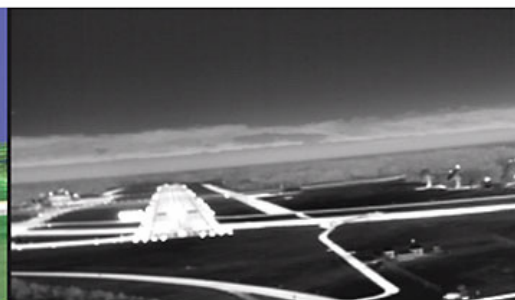
Navigation Display
moving map
HITS flight path and predicted aircraft path

Obrázek 14: Příklad možného řešení palubního zobrazení zakřiveného přiblížení: NAV3D SVS

Synthetic Vision

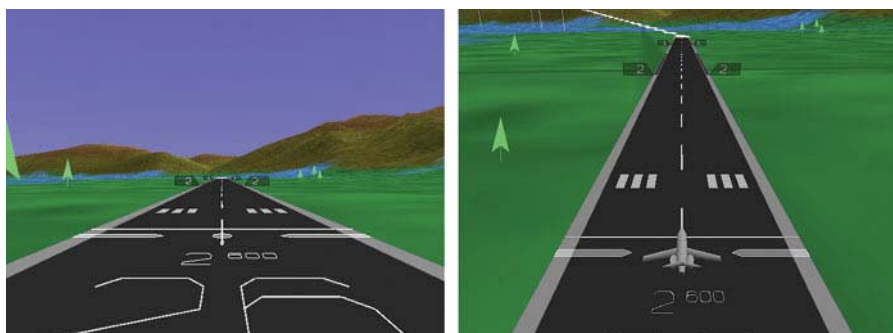


Enhanced Vision



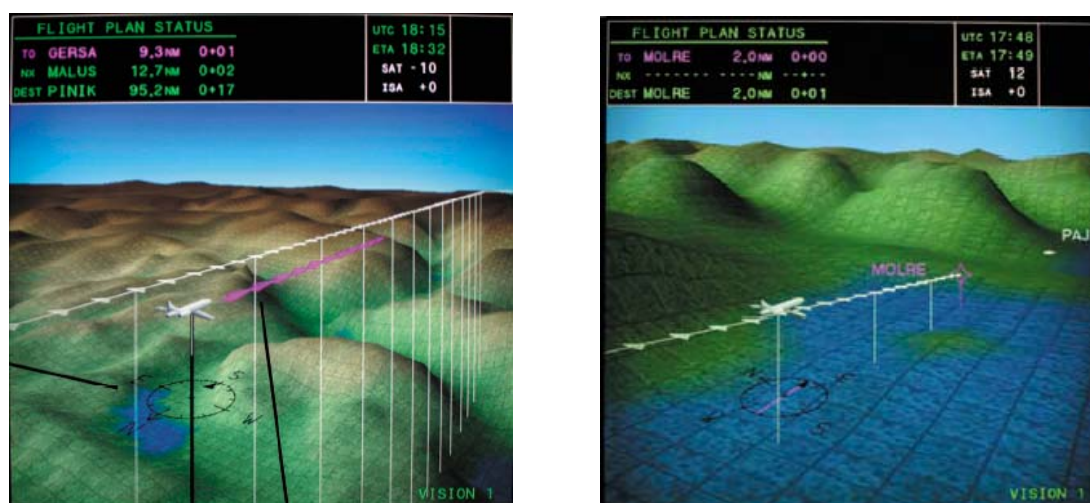
Obrázek 15: Srovnání SVS a EVS

Systémy SVS jsou často integrovány do ND a PFD a zde mohou reprezentovat i externí pohledy na letadlo. Příkladem je Universal Avionics SVS, kde vidíme i zbývající vzdálenost do konce RWY, okolní terén a překážky při vzletu.



Obrázek 16: Dva různé pohledy SVS

V březnu tohoto roku přidala společnost Universal Avionics ke své FAA certifikaci systémi Vision 1 i certifikaci evropskou. Vision 1 vidíme na obrázku 17 (konkrétně exocentrický pohled, pohled egocentrický je k vidění na obálce této práce). Tento SVS používá právě dva typy zobrazení, první je egocentrický pohled zobrazující terén před letedlem orientovaný podle laterální a vertikální polohy letdla a zachovávající standardní symbologii. Tento pohled většinou nahrazuje klasické hnědomodré pozadí PFD. Druhým pohledem je exocentrický pohled, který ukazuje polohu letadla vůči požadované trati a profilu na základě dat FMS, okolní terén a výšku letadla nad terénem, traťové body, kompas a další informace.



Obrázek 17: Universal Avionics Vision 1 SVS exocentric view

Posledním stádiem vývoje je fúze obrazů z SVS a EVS. V tomto směru se ubírají experimenty a bádání NASA. Postup pak předpokládá například při přistání plynulý přechod z čistě syntetického zobrazení SVS přes směs SVS/EVS až po čistý obraz EVS v závislosti na snižující se výšce nad letištěm nebo terénem.



Obrázek 18: EVS po levé straně ve srovnání s fúzí EVS a SVS napravo

Na závěr je třeba k SVS dodat, že Japessn vyvinul vlastní databázi pro podporu vývoje systémů SVS. V této databázi kombinuje data z misí radarové topografie amerických raketoplánů s dalšími zdroji a pokrývá zeměpisné šířky od 60° s.š. po 56° j.š. Jako zdroje dat se také používají databáze EGPWS.

1.4.1. Srovnání EVS a nočního vidění (NVG)

Hlavní rozdíl mezi nočním viděním a IR senzorem je ten, že noční vidění registruje viditelnou část spektra a tu elektronicky zesiluje, kdežto infračervený senzor „vnímá“ elektromagnetické vlnění na nižších frekvencích vyzařované tepelnými zdroji. Noční vidění silně zvyšuje schopnost oka vidět ve tmě, IR senzor ale dává informace i o zdrojích, které nevyzařují viditelné světlo a jsou pro lidské oko neviditelné a to bez ohledu na intenzitu okolního osvětlení.

Proto EVS poskytuje situační uvědomění i v situacích, kdy sledované viditelné světlo cíle je pod prahem detekce nočního vidění. Během pozemních operací v mlze detekuje EVS objekty v podstatně větší vzdálenosti než NVG a v asi 4 až 10-krát větší vzdálenosti než samotné lidské oko. Typické noční vidění je schopno vytvořit použitelný obraz například jen při osvětlení hvězdami průměrným zesílením 1000 až 3000-krát, ale vždy vyžaduje alespoň nepatrné nasvícení sledovaných předmětů.

Nočního vidění využívají v dnešní době především vrtulníky záchranné služby. Mnohem výhodnější je ale kombinace EVS a NVG. Důvod je ten, že pilot tak má možnost zvolit mezi senzory augmentovaného obrazu a může využít výhod EVS v situacích, kdy je noční vidění nepoužitelné. To je především při visu nízko nad zemí, kdy dochází k víření prachu okolo vrtulníku a tím k velmi nebezpečnému omezení kvality obrazu NVG. Dalším důvodem je přechod z temného prostředí při přistání do prostředí značně osvětleného. Na EVS totiž například není přítomen oslňující charakter výstražných světel záchranných vozidel, který noční vidění jen umocňuje a vytváří tak krátkodobé oslnění pilota. Tato „horká“ vozidla jsou na EVS vidět, ale záblesky jejich světel neoslňují nebo téměř nejsou viditelná. Pro vrtulníky se jeví nejvhodnější nechlazené jednosenzorové EVS, které vynikají nízkou hmotností, malým zastavěným prostorem a podstatně nižšími pořizovacími náklady.

3. Evropský přístup k EVS

V Evropě v současné době vyvíjí Sdružené letecké úřady (JAA) předpisy, které brzy mohou provozovatelům letadel vybavených HUD a EVS umožnit zalétnutí přesných přiblížení Cat II a Cat IIIA s manuálním vedením letadla (hand-flown) a provádět přiblížení Cat I se sníženým spodním limitem RVR 400m namísto standardních 550m.

Projednávané změny předpisů rovněž předpokládají, že provozovatelům takto vybavených letadel bude povoleno provádět přiblížení za meteorologických podmínek odpovídajících Cat II přesnému přiblížení do výšky rozhodnutí 100ft při RVR minimálně 400m i na RWY nevybavené pro tuto kategorii odpovídajícím světelným vybavením dotykové zóny a nevybavenými osovými návěstidly RWY (RCLL). Podmínkou zmíněného zmírnění doposud používaných pravidel je vybavení letadla EVS a dodržení všech dalších standardních požadavků pro Cat II ve smyslu navigačního vybavení letadla a výcviku posádek. Všechny tyto změny se rovněž vztahují na letadla nevybavená systémy automatického přistání. Pro provoz za RVR nižší než 400m budou vyžadována alespoň osová návěstidla RWY.

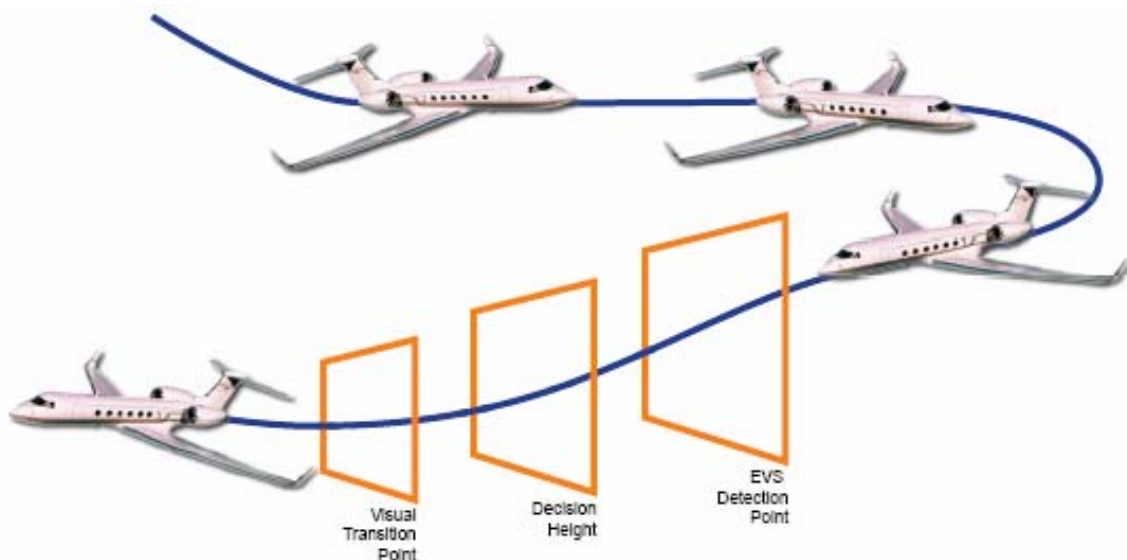
Zvažované předpisy se týkají především výcviku posádek a požadavky pro kvalifikaci související s použitím „Head Up Display Landing System“ (HUDLS), což je termín, který JAA definuje pro účely jednoznačnosti pravidel. Podrobnosti k tomuto obsahuje předložený dodatek NPA-OPS 41. Předpokládaný vzorec je: požadované RVR nebo dohlednost (VIS) v metrech = minimální výška (ft x 0,3048 / tan α) – délka přibližovací světelné řady, kde α je úhel sestupové roviny. V současnosti se jedná o nedokončený materiál, který však prochází postupnými změnami a je možné očekávat konkrétní ustanovení velmi brzy.

Jedním z důsledků změn, které se mohou dostavit už v roce 2008, a závisí na schválení ze strany Evropské komise a JAA je povolení přiblížení za Cat IIIA pro letadla bez systémů automatického přistání (typicky turbovtulová letadla).

Sedm členů JAA all-weather operations steering group testovalo přiblížení s použitím EVS za různých podmínek nízké dohlednosti, v noci a v hornatých oblastech. Bylo oficiálně shledáno, že použití EVS poskytuje dodatečné situační uvědomění během nočního pojiždění, při nízké dohlednosti ale také při nočních přiblíženích za VMC. Za přínos je považováno i dřívější získání vizuálních referencí během přístrojového přiblížení v mnoha, ne však všech případech. Tito odborníci došli k závěru, že různé výsledky použitých systémů EVS při různých atmosférických podmínkách vyvolávají potřebu navržení pravidel a postupů tak, aby byl pokryt široký průměr výkonnosti těchto přístrojů a samotné omezení pramenilo právě z této výkonnosti. Dále je považováno za zřejmé, že klíčovým prvkem je použití HUD a takto vybavené EVS znamenají provozní prospěch.

JAA souhlasí s FAA v tom, že použití augmentovaného zobrazení EVS jakožto vizuální reference může plně nahradit klasické vizuální reference získané pouhým okem, ale přirozená orientace získaná bez užití EVS je potřeba před přistáním. Toto navrhované pravidlo dovoluje pilotovi pokračovat pod standardní výšku rozhodnutí 200ft (Cat I) za použití EVS k vizuální orientaci ale pro další klesání pod 100ft DH je nutné nabýt tyto reference běžným zrakem.

V podstatě byly požadavky na vizuální reference převzaty z předpisu FAR 91.175. Obecně JAA navrhovaná pravidla jsou velmi přiblížena a harmonizována s pravidly FAA, ale obsahují další kritéria nezbytná v evropském prostředí a bude tomu tak až do doby, kdy budou k dispozici podrobnější provozní zkušenosti.



Obrázek 19: Ilustrace k proklesání DH při použití EVS

Hlavním cílem těchto změn předpisů JAA je zvýšení bezpečnosti letového provozu a to především při přistání a přiblížení v podmínkách nízké dohlednosti. Zohledňuje to i skutečnost, že HUDLS je prakticky jediným komerčně dostupným prostředkem, který by mohl umožnit dosažení požadavků Cat III pro běžná turbovrtulová letadla. Současně však je počítáno s tím, že zavedení nižších minim poskytne provozovatelům letadel dostatečný impuls pro ekonomické opodstatnění vybavení letadel HUD.

Z asi 140 simulovaných zkušebních přistání JAA shledalo, že vylepšené vedení poskytované HUDLS plně kompenzuje snížení minimální RVR pro Cat I a absenci osvětlení dotykové zóny a osových návěstidel RWY při provozu Cat II. V případě systémů automatického přistání pak kompenzaci tvoří snížení množství práce v kokpitu a zvýšení přesnosti. Dalším smyslem navrhovaných pravidel pro EVS je nabídnutí výhod při letu podle přístrojů pro provozovatele, kteří svá letadla vybaví EVS aniž by byla snížena bezpečnost. Pro všechny nově navrhované postupy bude vyžadováno speciální školení posádek letadel.

Co se ekonomických podadů týče, JAA uvádí, že harmonizace provozních minim s FAA pro evropské provozovatele znamená srovnání soupeřících podmínek mezi evropskými a americkými provozovateli. Ekonomické dopady jsou však široké. Provozovatelé mohou snížit počty diverzí za špatného počasí, výrobci vybavení získají tržby kompenzující náklady na vývoj nových technologií a bude posílena konkurence a množství investic v této oblasti vedoucí k dalšímu vylepšení vybavení pro provoz „za každého počasí“. V počáteční fázi sice může dojít k finančním důsledkům plynoucím z implementace nových postupů ve výcviku posádek a instalace vybavení, je to ale považováno za jednorázový výdaj, který je vzhledem k očekávaným bezpečnostním a provozním výhodám plně akceptovatelný. Jedná se rovněž o vyhnutelnou záležitost vzhledem ke skutečnosti, že provozovatelé mohou v případě nezájmu pokračovat se stávajícími vyššími minimy.

V následující fázi Evropská komise v prosinci zváží zavedení NPA-OPS 41 do EU-OPS 1, který má charakter zákona pro 27 členských států EU (plus Švýcarsko, Norsko a Island), ale vstoupí v platnost až v polovině roku 2008. Pokud se Evropská komise na tomto shodne, bude nejdříve NPA-OPS 41 začleněn do JAR-OPS 1, které zůstává v platnosti ve členských státech JAA, které nepatří do EU, což umožní synchronizaci předpisů EU-OPS 1 a JAR-OPS 1.

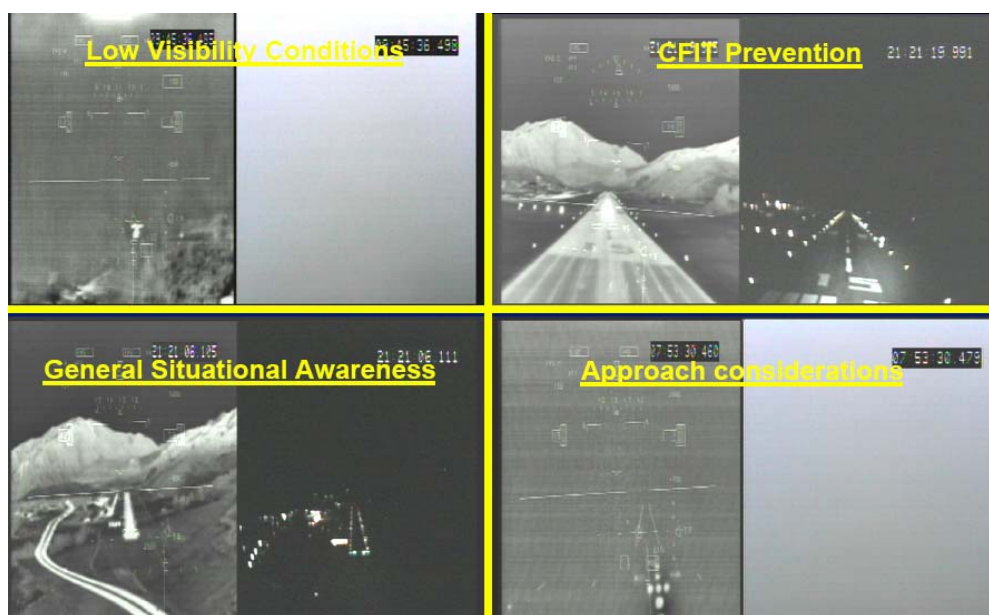
4. Výrobci a jejich komerční produkty

Tato kapitola poskytuje základní pohled do škály produktů nabízených v současné době s důrazem na vybavení EVS. Nejsou zde zmíněny všechny společnosti a produkty, protože toto odvětví se dnes velmi dynamicky rozvíjí, ale jsou zde uvedeny důležité firmy, některé vazby mezi nimi a dostupné komerční produkty. Na celou problematiku je potřeba nahlížet jako na přehled, který je v praxi často komplikován provázaností spolupráce firem například při vybavení konkrétních letadel avionikou. Často se tak stává, že jedna firma je dodavatelem senzorů pro EVS, jiná dodává HUD a třetí nabízí integrované řešení včetně potřebného hardware, software a instalace do kokpitů.

1.5. Gulfstream

14. září 2001 získala společnost Gulfstream certifikaci FAA pro svůj EVS a stala se tak prvním výrobcem civilních letadel, který tuto technologii nabízel. Gulfstream zavedl termín Forward-looking infrared (FLIR) camera k označení svého senzoru a obraz získaný FLIR zobrazoval na HUD svých letounů. Tato technologie byla natolik efektivní, že FAA v lednu 2004 validovala bezpečnostní přínosy EVS a změnila předpisy tak, aby pilotům využívajícím zlepšený obraz EVS bylo umožněno klesat pod DH.

Od té doby Gulfstream zavedl několik nových programů jako EVS-II, HUD-II a Synthetic Vision – Primary Flight Display (SV-PFD). O těch se dále krátce zmíníme.



Obrázek 20: Shrnutí výhod EVS v podání Gulfstream

1.5.1. EVS-II

S více než 350 systémy EVS v dnešní době v provozu je narůstající úspěch EVS Gulfstramu nesporný. Gulfstream EVS je standardním vybavením letounů G550 a G450 a je dostupný pro instalaci do starších typů G500 a G350 ale také do série letounů GV a GIV.

EVS-II je nástupcem předchozího systému a došlo ke zmenšení rozměrů a váhy komponentů, a využití výkonnějších procesorů ke zvýšení spolehlivosti systému. Hardwarové komponenty systému dodává Kollsman Inc, vedoucí na trhu s avionikou a opto-elektronickým vybavením. EVS-II používá vylepšený kryogenicky chlazený detektor, citlivější při identifikaci dráhových světelných bodů. Nový systém EVS-II je lehčí o 22 liber a má 4 krát silnější

výpočetní možnosti a 4 krát více paměti, než předchůdce EVS z roku 2001. EVS i jeho podpůrné systémy pro údržbu jsou integrovány do celokokpitního vybavení Gulfstreamu zvaného PlaneView®.

1.5.2. HUD-II

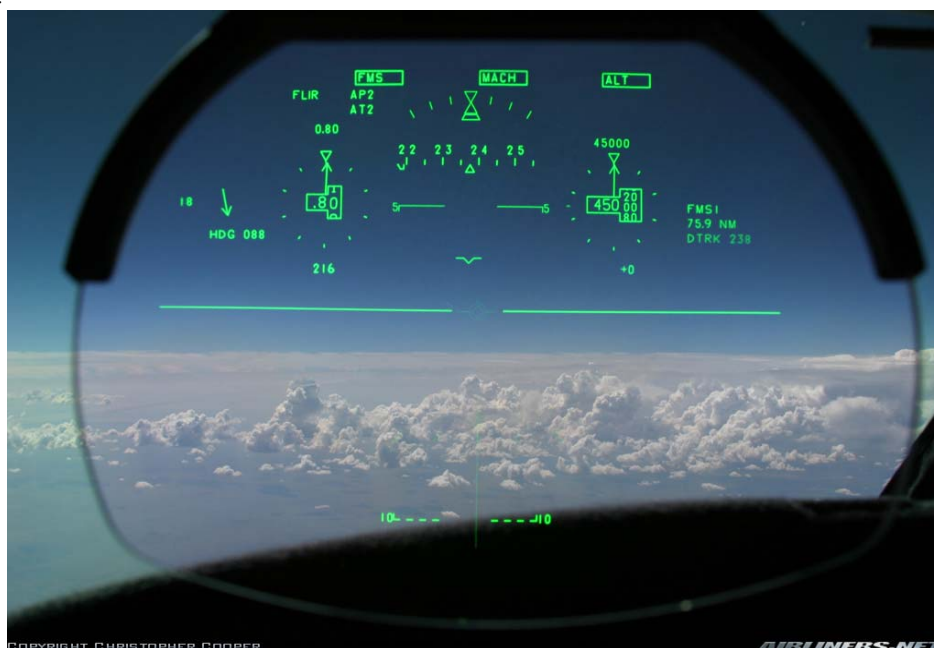
Gulfstream používá HUD-II navržený firmou Rockwell Collins (HGS) a tento integruje se svým EVS-II a Plane View. Vývojově starší technologie HUD a EVS používaly HUD 2020 Honeywell. Avionické vybavení Plane View je pro Gulfstream vyráběno a dodáváno firmou Honeywell.



Obrázek 21: Zobrazení EVS na původní HUD 2020 Honeywell

Obrovským skokem je využití tekutých krystalů pro zobrazování na tomto novém HUD. Důsledkem projekce LCD je vyšší svítivost, rozlišení obrazu, snížení spotřeby energie a vznik optimální platformy pro podporu EVS a SVS a jejich možných kombinací. LED umožňují různé kombinace zobrazení při zachování čitelnosti primárních letových údajů.

Od roku 2009 bude HUD-II standardem na letounech G450 a G550 a jako volitelné vybavení bude dostupný pro G500, G350 a G150. Klíčovým důvodem zavedení nového HUD je integrace do budoucna připravovaných systémů syntetického vidění a možnost jejich zobrazení.



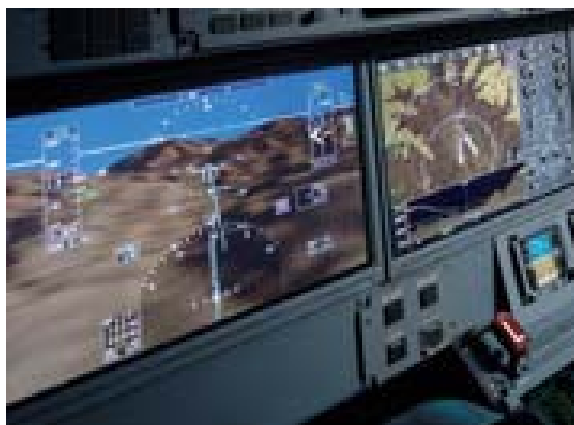
Obrázek 22: HUD letounu Gulfstream G550

1.5.3. Synthetic Vision – Primary Flight Display (SV-PFD)

V červenci 2006 oznámil Gulfstream, že se stane prvním výrobcem biz-jetů, který nabídne technologii syntetického vidění do nových i existujících letounů. Certifikace SV-PFD je naplánovaná na konec roku 2007 a předpokládá se komerční dostupnost v druhé půli roku 2008.

SV-PFD je dramatickým vylepšením doposud nabízených zobrazovacích systémů Plane View a jedná se o třídimenzionální barevný obraz terénu umístěným jako podklad PFD. Umístění zobrazovaných dat PFD bylo změněno tak, aby vznikl velký prostor pro zobrazení obrazu terénu. Systém kombinuje Enhanced Ground Proximity Warning System (EGPWS) společnosti Honeywell s databází překážek a s pomocí nejnovějších grafických procesorů zobrazuje terén, RWY a překážky v lokacích po celém světě.

SV-PFD používá jak tradiční, tak i HUD symbolologii. Tradiční „konvenční“ symboly zůstávají zachovány a mezi nové symboly převzaté z HUD ale zobrazené na takto vzniklém novém PFD můžeme zařadit flight path marker, path-based flight director, runway outline a runway lead-in line.



Obrázek 23: SV-PFD zakomponovaný do avioniky Plane View v letounech Gulfstream



Obrázek 24: Gulfstream G450 – vybavení Plane View, výrobcem je Honeywell

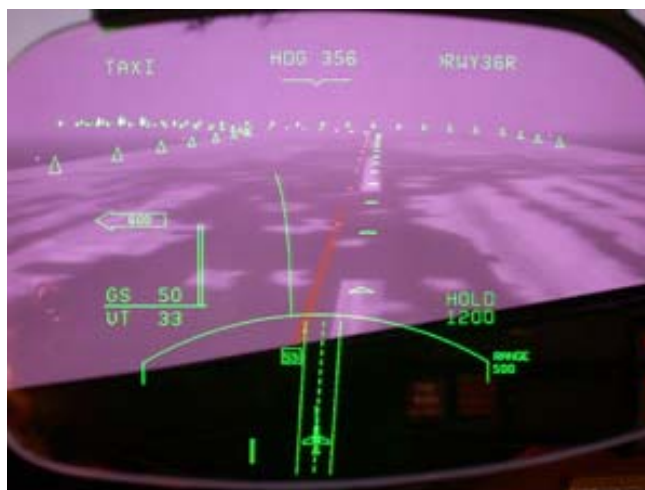
1.6. Rockwell Collins

Jedním z výrobců zabývajících se integrací EVS do HUD a avioniky různých letadel je Rockwell Collins. Ten nabízí EVS v rámci svého produktu Head-up Guidance System (HGS®), který je zaměřen na bezpečnost a energetickou efektivitu ve všech fázích letu. Rockwell Collins používá vstupu infračervené kamery a po optimalizaci a zpracování převádí obraz na průhledovou jednotku (combiner) HGS®-4000. Instalace sensoru EVS včetně modifikace přídě letadla a instalace zobrazovačů EVS tento výrobce rovněž slibuje pro některé modely Boeing 737 nevybavené HUD. Samozřejmostí jsou pak provozní certifikace, servisní dokumentace a poinstalační podpora.



Obrázek 25: zobrazení EVS na HGS v podání Rockwell Collins

Rockwell Collins a jejich HGS je průkopníkem další zajímavé technologie a způsobu zlepšování situačního uvědomění pilotů. Jedná se o takzvaný Surface Guidance System (SGSTM), jehož cílem je zvýšit bezpečnost na letišti. Je to rozšíření systému HGS integrující existující zobrazovací systém HGS s Flight Management System (FMS) a navigační databází. Ve výsledku pak nabízí vedení po TWYs mezi terminálem a RWY a rovněž usnadňuje identifikaci a vedení letadla při použití vysokorychlostních nebo klasických nízkorychlostních odboček k uvolnění RWY. Náhled tohoto systému poskytuje následující obrázek.

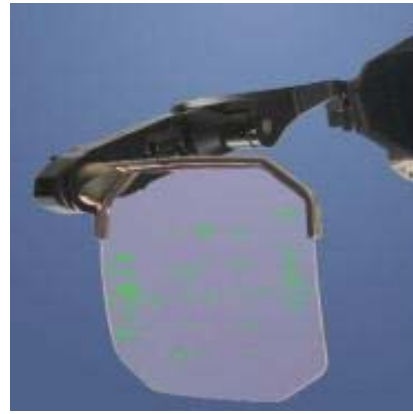


Obrázek 26: Surface Guidance System na HGS Rockwell Collins

1.7. Thales

Dalším světovou organizací soustředící se mimo jiné na vývoj moderní avioniky je Thales. Thales nabízí z tohoto odvětví HUD a celé integrované systémy včetně podpory EVS a SVS. Používá při tom senzory CMC Electronics. Celkové integrované systémy pak různí výrobci instalují do svých letadel (např. Bombardier). Thales nabízí systém Digital HUD (D-HUD) a Enhanced Flight Vision System (EFVS).

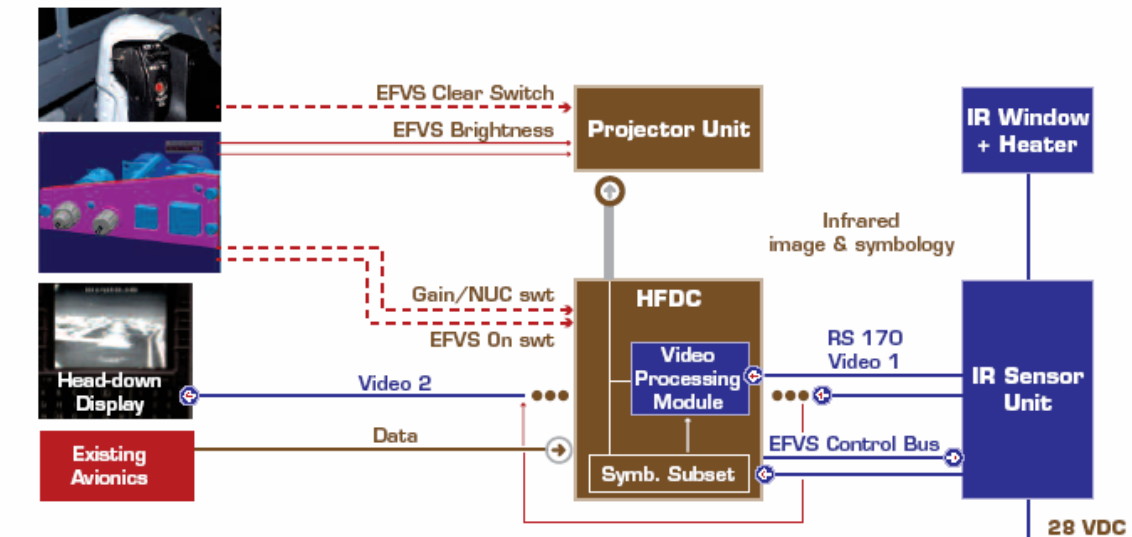
D-HUD firmy Thales už také používá technologii LCD, která ve srovnání s CRT poskytuje vyšší spolehlivost, svítivost obrazu a je u ní snížena hmotnost a spotřeba energie. Mimoto je navržena právě pro podporu dalších zobrazení jako jsou EVS, MMWR, SVS a jejich fúze. Thales dodává tyto HUD především do letounů Airbus (A320, A340, A380, A318 Elite a A319CJ), je však vhodný prakticky pro všechna civilní nebo vojenská dopravní letadla. Instalace je možná s jedním D-HUD nebo v duálním provedení.



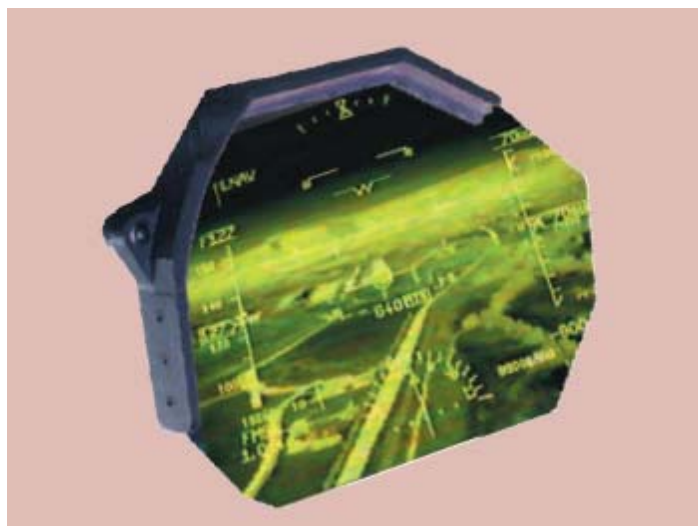
Obrázek 27: Thales D-HUD

Pro EFVS Thales používá senzorovou řadu SureSight CMC Electronics a obraz těchto senzorů promítá na svůj HUD. Přitom je možné zobrazit kopii video signálu na HDD kopilota. Schéma celého systému EFVS Thales je na obrázku 35.

EFVS ARCHITECTURE



Obrázek 28: Schéma Thales EFVS



Obrázek 29: Obraz Thales EFVS promítaný na HUD

1.8. Bombardier

Ani firma Bombardier v tomto oboru nezůstává pozadu a nabízí BEVS (Bombardier Enhanced Vision System) navržený původně pro Bombardier Global Express. Využívá HUD firmy Thales se zorným polem $40^\circ \times 26^\circ$ a senzory společnosti CMC Electronics. Program BEVS byl zahájen v roce 2002, certifikace proběhla v roce 2005. Mimoto je pro letouny Global Express dostupné i EVS-1000 společnosti Max-Vis.

Bombardier dále pracuje na zavedení koncepce Global Vision flight deck, která bude mimo jiné integrovat senzory třetí generace CMA-2700 SureSight® I-Series™ pro EVS, avioniku Rockwell Collins a HUD společnosti Thales. Certifikace těchto systémů Bombardier plánuje na rok 2010 a zavedení do provozu na 2011.



Obrázek 30: Instalace senzoru EVS na radomu letounu Global Express

1.9. Kollsman

Kollsman nabízí jedny z nejlepších senzorů pro EVS na trhu. Soustředí se na použití infračervených senzorů. Je to mimo jiné dodavatel senzorů pro EVS letadel Gulfstream. Kollsman nabízí dvě varianty senzorů. První je nabízena pod obchodním názvem All Weather Window® EVS II a jedná se o senzorové vybavení určené pro větší letadla s vysokou

citlivostí a kvalitou obrazu. Druhým komerčně nabízeným produktem je varianta GAViS™ určená pro menší letadla.

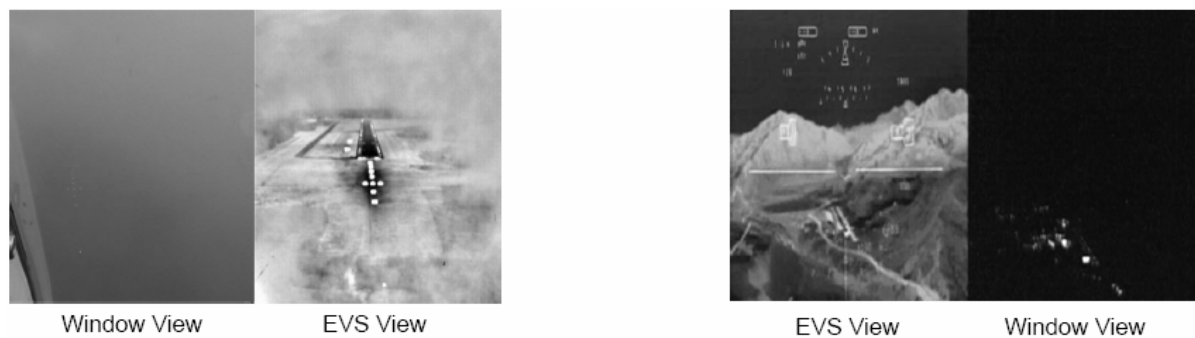
1.9.1. Kollsman All Weather Window® EVS II

The Kollsman All Weather Window® EVS II je neúčinnější senzor nabízený firmou Kollsman. Jedná se o chlazený senzor se záběrem 30° horizontálně a 22,5° vertikálně poskytující rozlišení 320x240 pixelů.

Kollsman All Weather Window® EVS je možné instalovat prakticky do jakéhokoliv obchodního, soukromého nebo vojenského letadla. Systém se skládá z 1-5 mikrometrové infračervené kamery (FLIR – Forward Looking Infrared) speciálně navržené pro tento účel a elektronické procesorové jednotky. Samozřejmostí je pak úprava pláště letadla pro zavedení senzoru. Výstup je možné zobrazit na HUD, nebo HDD a to v provedení CRT nebo LCD.



Obrázek 31: Kollsman All Weather Window® EVS



Obrázek 32: Obrázek Kollsman All Weather Window® EVS

1.9.2. Kollsman General Aviation Vision System

Kollsman GAViS™ (General Aviation Vision System) je malý kompaktní senzor v odolném obalu, určený k externí instalaci. Váží méně než 4 libry a není chlazený. Je primárně určený ke zobrazení na Head Down displejích. Zorné pole má rozsah 30° horizontálně a 22,5° vertikálně. Rozlišení je 320x240 pixelů a spektrum sahá od 8 do 14 mikrometrů vlnové délky.



Obrázek 33: Senzor Kollsman GAViSTM a jeho instalace

1.10. CMC Electronics

CMC Electronics Inc. je populárním výrobcem senzorů EVS na bázi infračervených kamer, které další výrobci avioniky často integrují do svých systémů. Modulární koncepce CMC umožňuje instalaci a využití EVS v letadlech s zobrazovací podporujícími rastrové obrázky (všeobecné letectví) a také zakomponování do zobrazení pomocí HUD. Společnost CMC spolupracuje na vývoji EVS s Thales a Bombardier

CMC Electronics momentálně nabízí dvě řady produktů: I-series (chlazené, určené pro větší letadla) a M-series (nechlazené pro malá letadla všeobecného letectví a vrtulníky) a vyvíjí integraci radaru pro milimetrové vlny. Jejich schopnosti a aplikace jsou v tabulce na obrázku 31.

SureSight® Capabilities			
	M Series™	I Series™	MMW (in Development)
Landing Credits		●	●
RWY/APP Lights		●	●
Extended Range		●	●
Scene Details	●	●	●
Situational Awareness	●	●	●
Day/Night Ops	●	●	●
Air and Ground Ops	●	●	●
CMC Product Support	●	●	●
SureSight® Applications			
	M Series™	I Series™	MMW (in Development)
Bizjet with HUD		●	●
Bizjet without HUD	●	●	
Turbo Prop	●		
Air Transport	●	●	●

Obrázek 34: Schopnosti a aplikace produktů CMC Electronics

Chlazené senzory jsou mnohem citlivější než senzory nechlazené (50 až 100krát), protože pracují v části infračerveného spektra, která umožňuje lepší penetraci. Chlazené senzory jsou rovněž schopny vytvořit obraz terénu (včetně překážek) a letištních světél bez potřeby dalšího senzoru a hardware vybavení pro fúzování obrazu. Na druhou stranu jsou větší, těžší a dražší než nechlazené verze.

1.10.1. Řada produktů SureSight® I-series

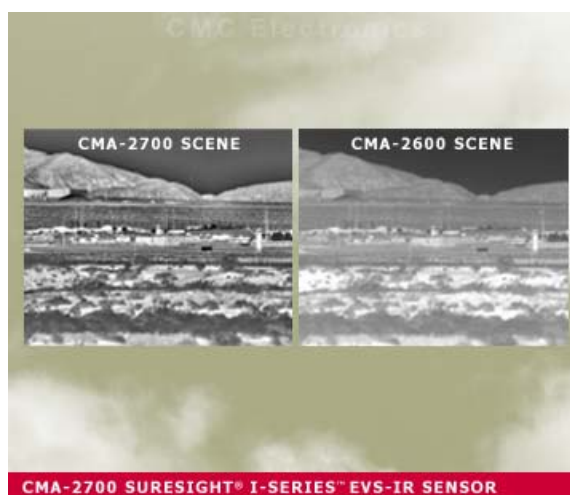
Řada produktů I-series čítá senzory CMA-2600, CMA-2610 a nově představený senzor CMA-2700. CMA-2700 nabízí zpracování signálu nové generace s rozlišením 640x512 pixelů a je určen pro integraci do digitálních HUD. CMC očekává v tomto směru do budoucna zvýšení poptávky po senzorech v důsledku migrace některých dodavatelů avioniky do technologií HUD.

Nejdokonalejší CMA-2700 detekuje vlnové délky 1,0 – 2,5 mikrometrů a 3,5 – 5,0 mikrometrů, jedná se tedy už o dvoupásmový senzor.

Dlaší senzory CMA-2600 a jeho vylepšená varianta CMA-2600i jsou druhou generací ve vývojovém pořadí CMA Electronics. CMA-2600i má rozlišení 256x256 pixelů, zorný úhle stejně jako ostatní produkty CMC 30°, tak jako ostatní senzory řady I-series kryogenické chlazení a detekuje stejné vlnové délky jako novější CMA-2700. CMA-2600 detekuje vlnové délky 1,0-3,0 a 3,0-5,0 mikrometrů.



Obrázek 35: Senzor SureSight® I-Series™ CMA2700 (vlevo)



Obrázek 36: Porovnání obrazu senzoru CMA-2600 a nové generace CMA-2700 (vpravo)

1.10.2. Řada produktů SureSight® M-series

Do této řady patří senzor CMA-2610, který je speciálně upraven především pro malá letadla. Vyniká nízkou cenou, váhou pouhých 4 liber a rozměry 2,8 palců v průměru a délce 7 palců. Jedná se o nechlazený infračervený senzor, jehož výstup je primárně určen pro zobrazení na head-down displejích. Instalace se předpokládá v přední části letadla nebo na konci vertikální ocasní plochy. Rozlišení senzoru je 320x240 pixelů a detekovatelné vlnové délky jsou 8,0-14,0 mikrometrů.

Tyto senzory jsou instalovány nejčastěji do vrtulníku a vybral si je rovněž Pilatus společně s PilotView Class 2 Electronic Flight Bag firmy CMC pro vybavení letounů PC-12 systémem EVS.

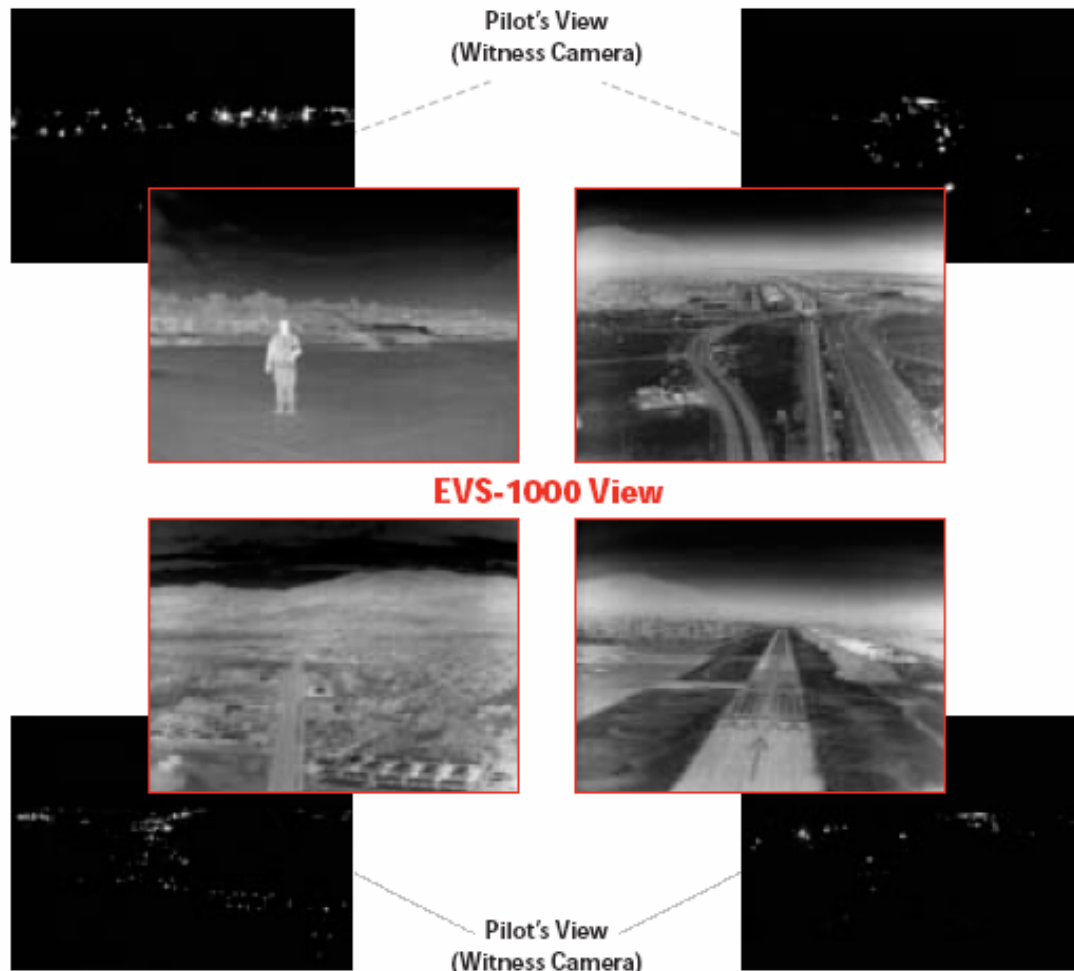


Obrázek 37: Typický Head Down Display (PilotView™ Electronic Flight Bag)

1.10.3. Max-Viz

Max-Viz je společnost, která se zabývá čistě jen výrobou senzorů pro EVS. Je budoucím dodavatelem pro systém HUD Rockwell Collins pro Boeing Business Jet. Max-Viz komerčně nabízí dva senzory EVS-1000 a EVS-2500.

EVS-2500 je dvoupásmový chlazený senzor s rozlišením 320x240 pixelů, který je pro některá letadla dodáván v třípásmové verzi, která obsahuje navíc senzor pro detekci světél LED.



Obrázek 38: Zobrazení EVS-1000

EVS-1000 je senzor určený pro malá letadla a helikoptéry. Předpokládaným zobrazovačem je Head Down Display. Senzor má rozlišení 320x240 pixelů, váží 2,5 libry a rozměry jsou 2,8 palce v průměru a délka 6,8 palců. Příkladem aplikace tohoto senzoru je například Cessna Citation X, kde se obraz promítá na sklopitelný HUD.

1.11. L-3 Avionics Systems

Tato společnost adaptovala infračervenou kameru původně určenou pro automobilový průmysl. Tak vznikl produkt zvaný Iris EVS. Jedná se o další levnou variantu EVS (cena asi \$15,000) určenou pro černobílé zobrazení augmentovaného obrazu na Head Down displejích letadel všeobecného letectví. Senzor má rozlišení 320x240 pixelů a časté využití je i u vrtulníků. Spektrální rozsah je 7-14 mikrometrů a zorné pole kamery 24°x18°.



Obrázek 39: Snímek Iris EVS L-3 Avionics

1.12. FLIR Systems

FLIR Systems je firma s dlouholetou tradicí ve vývoji a distribuci infračervených kamer, která v březnu 2007 představila produkt s názvem EVS3, určený pro letadla všeobecného letectví a vrtulníky, na které se firma v tomto směru specializuje. Jedná se o levnou verzi (\$15,000) senzoru, který je navíc poměrně lehký a má široké možnosti instalace. Senzor je nechlazený, pracuje v pásmu 7,5 až 13,5 mikrometrů, má hmotnost 2,8 libry a poskytuje rozlišení 320x240 pixelů.

V nabídce této společnosti je i systém U8000e, jehož instalaci vidíme na obrázku.



Obrázek 40: Zavěšení senzoru FLIR pod křídlem

5. Závěr - budoucnost HUD/EVS

Podle nedávných zpráv publikovaných v Flight International objednává například JetBlue Airways 100 nových letounů Embraer 190 vybavených HUD nové generace na bázi LCD Rockwell Collins samozřejmě s další možností rozšíření na EVS. Naznačuje to snad, že přichází doba těchto technologií? Mnoho odborníků si myslí, že ano. Pokusím se nastínit proč.

Nejdříve ze všeho je třeba podotknout, že dnes většina výrobců dopravních letadel jako jsou Airbus, Boeing, Bombardier a Embraer nabízí HUD a určitou variantu EVS jakožto volitelné vybavení některých jejich typů. Výrobci malých tryskových letounů pro soukromé účely jako jsou Gulfstream Aerospace, Boeing (Business Jet), Bombardier, Embraer a Dassault Falcon nabízejí HUD ve svých letounech jako standardní nebo jako volitelné vybavení a mají stále větší tendenci integrovat HUD s EVS a dalšími systémy.

Tři největší dodavatelé avioniky: Honeywell, Rockwell Collins a Thales nabízí jakožto své vlastní produkty různé HUDy a Honeywell spolupracuje s Kollsman na vývoji EVS a partnerem Thales je CMC Electronics. Rockwell Collins spolupracuje s Boeingem na EVS pro BBJ.

Za třetí už dnes velký počet aerolinek investovalo do vybavení svých letounů HUDy často s cílem adresovat určité slabiny konkrétních typů za nízké dohlednosti. American, ATA, Delta, Southwest a mnoho dopravců v Evropě tak následovalo průkopníky v instalaci HUD v civilním sektoru – Alaska Airlines. FedEx se dále nechal slyšet, že vybaví své letouny A300, A310, MD-10 a MD-11 systémy Honeywell HUD/EVS.

Bezespory další boom s tímto vybavením přichází ruku v ruce s novými pravidly FAA a připravovanými změnami evropských předpisů. Tyto změny zohledňují nové možnosti a umožňují tak provoz za nízké dohlednosti, který dříve nebyl možný, což dopravcům nabízí určité výhody.

Moderní civilní HUD jsou stále více vybavené a nejedná se už jen o opakování tradičními instrumenty zobrazených informací. Stávají se unikátními letově-navigačními systémy, které integrují stále rostoucí množství vysoce intuitivních indikací „co dělat“, které není možné najít ani na moderních „skleněných“ PFD.

Co se týče bezpečnosti uvádí "Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents" firmy Boeing, že v období 1959 až 2003 došlo k 51% celosvětových nehod tryskových letadel a katastrof v průběhu konečného přiblížení a přistání, 12% v průběhu vzletu a 5% při počátečním stoupání do zatažení vztlakové mechanizace. To znamená, že asi dvě třetiny nehod se stávají přesně ve fázích, kde moderní HUD a EVS mohou mít největší přínos.

EVS může znamenat nové paradigma pro přiblížení s využitím satelitní navigace. Už od počátku devadesátých let pracuje FAA neúspěšně na projektu GPS Local Area Augmentation System. Velkým problémem těchto přiblížení na vysokých kategoriích přesnosti je integrita. S EVS je možné využít Cat I přesnost, kterou bude možné získat z SBAS (např. EGNOS) a s patřičně vybaveným letadlem přistát i za velmi špatných podmínek odpovídajících Cat IIIA. Požadavkem je, aby pilot viděl některé vizuální prvky a získal tak orientaci. Do budoucna se předpokládají další úpravy toto zmiňujících předpisů ve prospěch provozovatelů letadel vybavených EVS. Neznamená to že LAAS nebo GBAS obecně jsou zbytečné, i ty najdou své využití, ale EVS znamená jistou cestu, jak jejich potřebu omezit a spokojit se s SBAS.

Spolu s dalšími dříve uvedenými výhodami je jasné, že HUD/EVS jsou velmi perspektivním vybavením letadel a zasluhují do budoucna patřičnou pozornost.

6. Použité zdroje

[1] Aerodrome Operating Minima Head Head-Up Displays Enhanced Vision Systems NPA NPA-OPS 41
<http://www.luftfartsstyrelsen.se/upload/Luftfartsstyrelsen/Om%20oss/NPAOPS%2041.pdf>

[2] AIN Online
<http://www.ainonline.com>

[3] CMC Electronics EVS
http://www.cmcelectronics.ca/En/Prodserv/Commav/commav_evs_overview_en.html

[4] Connor G.: EVS development surges forward
http://www.tadarvision.com/docs/tech_papers/-AEV%20Systems.pdf

[5] Connor G.: FAA equivalent visual operations - SVS development goes mainstream
http://www.propilotmag.com/September/article2_sep.html

[6] Flir EVS3
<http://www.evs.flir.com/aviation/applications/evs.cfm>

[7] Gulfstream
<http://www.gulfstream.com/news/releases/2007/092407.htm>

[8] Gulfstream EVS presentation
<http://www.dtic.mil/ndia/2002test/freeman.pdf>

[9] HeadUpFlight
http://www.headupflight.net/page_photos.htm

[10] Howells P.: Head-up display: not as easy as it seems!
<http://spie.org/x16913.xml>

[11] Kollsman Inc.
<http://www.kollsman.com/products/commercial-aviation-systems/enhanced-vision-system.asp>

[12] L-3 IRIS
<http://www.l-3avionics.com/products/iris.aspx>

[13] Max-Viz
<http://www.max-viz.com/>

[14] NBAA 2007: Bombardier Premieres Breakthrough Global Vision flight deck on Global Aircraft Family
<http://www.smartbrief.com/news/aaaa/industryMW-detail.jsp?id=FEE3F400-4ABA-4239-9C94-3B30937AD952>

[15] Rockwell Collins EVS
<http://www.rockwellcollins.com/products/cs/br/HGS/evs/index.html>

[16] Thales EFVS
<http://www.thalesonline.com/markets/Activities/Product-page.html?url=/Activities/Airlines-Aircraft-Operators-and-Pilots/Avionics-instruments.html&link=1C443C0E-1563-785E-3E46-1D3C53240E48:central&locale=EN-gb&Title=Enhanced+Flight+Vision+System+%28EFVS%29&dis=1>

[17] Universal Avionics Vision 1
http://www.uasc.com/products/index.asp?contentid=prod_vision

[18] Wingman: Is HUD/EVS About to Become Mainstream?
<http://www.flttechonline.com/News2004/Wingman/Wingman%20Is%20HUD%20EVS%20About%20to%20Become%20Mainstream.htm>