

PROTOTYP SIMULÁTORA LETOVÉHO ENVIRONMENTÁLNEHO LABORATÓRIA EVIROLAB

PROTOTYPE OF FLIGHT ENVIRONMENTAL LABORATORY (ENVIROLAB) INSTRUMENT MODEL

Michal Janovec

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
michal.janovec@fpedas.uniza.sk

Matúš Materna

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
matus.materna@fpedas.uniza.sk

Pavol Pecho

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
pavol.pecho@fpedas.uniza.sk

Branislav Kandra

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
branislav.kandra@fpedas.uniza.sk

Filip Radosa

Katedra leteckej dopravy
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
radosa1@fpedas.uniza.sk

Abstract

The aim of this paper is to create a solid structural platform for the placement of computer equipment and other computer accessories to create a flight simulator from scratch. The simulator will be designed to help pilots in training get accustomed to basic flight procedures and the behavior of aircraft control surfaces during flight. Practical part deals with the design of a simulator inspired by the airplane Zlín Z 242 L, the selection of suitable material and technology to produce this simulator and the measurement of most important dimensions required for the making process. Obtained dimensions will be used to model the structure in a three-dimensional plane with the help of computer aided software, in order to create blueprints of our simulator structure. Said blueprints will be later used to cut building materials to required length and to assemble the construction frame. Last pages are dedicated to seating all required computer software directly on the frame in the correct manner.

Keywords

simulator, construction, air transport, cockpit, flight instrument, modelling

1. Úvod

Odvetvie letectva je jedno z najdynamickejšie rozvíjajúcich sa odvetví priemyslu od svojho vzniku a letecké simulátory sú veľmi rozumnou bezpečnostnou a ekonomickou voľbou pre letecké spoločnosti a ich potenciál a prínos je nespochybniteľný (Kovačik & Novák, 2020). Dostupnosť kvalitných simulátorov pre bežného používateľa a cena sú aj naďalej problémom po vyše 100 rokoch technologického pokroku (Novák & Mrázová, 2015). V súčasnej dobe, kedy sa každý pilot vo výcviku musí prvý krát oboznámiť s kabínou lietadla počas prípravy na postupovom simulátore, môžeme povedať, že kvalitné a cenovo dostupné simulátory pre entuziastov a samoukov predstavujú dieru na trhu, ktorá len čaká na vyplnenie. Článok sa venuje zhotoveniu plne funkčného modelu simulátora, inšpirovaného skutočným letúnom, na ktorom sa vykonáva letecký výcvik pilotov súkromnej licencie pilota (PPL) a to konkrétne letún Zlín Z 242L.

2. Letecký simulátor

Vo všeobecnosti je letecký simulátor akýkoľvek elektronický alebo mechanický systém, ktorý za pomoci zvukových a vizuálnych podnetov rekonštruje prostredie lietadla napr. na účely pilotného výcviku pilotov letúnov, kozmických lodí a členov posádky simuláciou letových podmienok (Škvareková et al., 2020). Účelom simulácie nie je úplné nahradenie skutočného

letového výcviku, ale dôkladné oboznámenie študentov s príslušným systémom skôr, ako podstúpia nákladný a pravdepodobne nebezpečný skutočný letový výcvik (Galieriková et al., 2018). Simulácia je tiež užitočná na preskúmanie a na oboznámenie pilotov s novými úpravami existujúcich lietadiel (Škvareková & Škultéty, 2019). Celý systém funguje pomocou matematických rovníc, ktoré opisujú správanie sa letúna za letu, reakciu daného lietadla na pohyb ríadiacich pŕoch, reakciu na vonkajšie faktory ako je hustota vzduchu, turbulencia, oblačnosť, zrážky alebo strih vetra (Federal Aviation Administration, 2013). Simulácia letu sa používa z rôznych dôvodov, vrátane leteckého výcviku, návrhu a vývoja samotného lietadla, výskumu charakteristík lietadla a ovládania ríadiacich pŕoch (Novák Sedláčková et al., 2020). V súčasnosti sa už takmer každý výcvik lietania začína práve prípravou na takzvanom postupovom simulátore. Naštartovať a vypnúť správne tak zložitý stroj, akým je lietadlo, je mimoriadne dôležité. Podľa učebných osnov si študenti prejdú všetky konkrétne procedúry, pričom po každej nasleduje skúšobný test, kde to musia sami predviesť bez pomoci inštruktora. Profesionálny letecký simulátor je kombináciou výkonného počítačového hardvéru a na mieru ušitého softvéru. Mnohé z týchto zariadení sú unikátne svojou skladbou a nastavením (Letecké simulátory vychovávajú nových pilotov a zároveň pomáhajú vyšetrovať letecké nehody, 2021).

2.1. Využitie simulátora pri leteckom výcviku

Praktický výcvik pilota môžeme rozdeliť na dve základné fázy, na teoretickú výučbu a na praktický výcvik. Obe sú diametrálne odlišné vo forme nadobudnutých zručností, no aj napriek tomu navzájom neodlučiteľné. Počas teoretickej prípravy sa pilot učí letecké predpisy, meteorológiu, rádio-komunikáciu, leteckú frazeológiu, aerodynamiku, všeobecné vedomosti o lietadlách a iné teoretické základy rovnako potrebné pre prax. V praktickej časti si pilot osvojuje základné zručnosti a potrebné návyky pre štart, pristátie a samotný let lietadla. Táto fáza zahŕňa aj oboznámenie sa so všetkými prvkami v kokpite vrátane ovládania riadiacich plôch (Flight Controls: Primary Flight Controls, 2021).

Pre obchodnú leteckú dopravu je potrebná príprava veľkého množstva odborníkov. Posádky lietadiel sa musia najskôr naučiť, ako vykonávať leteckú prepravu a potom si osvojiť používanie konkrétneho typu lietadla. Neskôr si musia tieto návyky prehĺbovať a opakovať. To isté sa vyžaduje aj od technikov lietadiel, od obsluhy, od palubných sprievodcov a pod. Je to dlhá cesta, ktorá sa často začína v aeroklube, neskôr v leteckej škole a prechádza cez malé letecké spoločnosti vykonávajúce obchodnú činnosť v letectve (Flight Controls: Primary Flight Controls, 2021).

2.2. Simulátory pre komerčnú leteckú dopravu

Pri podrobnejšom skúmaní jednotlivých odvetví letectva je zrejmé, že najväčšiu potrebu využívania simulátorov generuje komerčná letecká preprava. Tá predstavuje najväčší počet vzletov a pristátí a teda najviac letových hodín na svete. Prepravuje veľké množstvo pasažierov a nákladu. Obstarávacia cena a prevádzkové náklady lietadiel používaných na leteckú prepravu sú vysoké. To núti majiteľov maximálne efektívne využívať tieto lietadlá na obchodnú činnosť a nie na výcvik posádok, keďže to by iba zvyšovalo ich celkové prevádzkové náklady. Preto, ak chcú letecké spoločnosti udržať vysokú úroveň bezpečnosti letov, musia letové posádky cvičiť na letových simulátoroch (Kaľavský et. al., 2014). Letecké spoločnosti tieto simulátory buď vlastnia, alebo zmluvne využívajú kapacitu iných vlastníkov letových simulátorov. Najviac požadované letové simulátory sú tie s čo možno najväčšou úrovňou reality. Prenos praktických zručností zo simulátora do kokpitu skutočného lietadla je štatisticky veľmi náročný, hlavne z dôvodu prítomnosti vonkajších síl pôsobiacich na lietadlo a samotného pohybu lietadla. Pre zlepšovanie sa technológie simulátorov je potrebná neustála komunikácia s pilotmi v praxi, pričom ich názory môžu byť ovplyvnené subjektívnymi skúsenosťami alebo inými vplyvmi (Sparko et. al., 2010).

3. Návrh leteckého simulátora

Možnosť simulácie existuje v dnešnej dobe nespočetne. Voľba simulácie už závisí len od samotných požiadaviek pilota a leteckej spoločnosti. Absolvovanie výcviku na konkrétny typ lietadla, s ktorým bude pilot lietať je podstatnou časťou výcviku pilota. V článku sa venujeme vytvoreniu plne funkčnej samostatnej jednotky určenej na precvičovanie základných leteckých postupov pre pilotov vo výcviku, ktorý si neskôr vyskúšajú samotný let aj v skutočnom lietadle rovnakého typu, ale už pripravení s potrebnými vedomosťami, ktoré sa naučili na tomto simulátore. V článku sa zaoberáme návrhom

konštrukčnej časti simulátora určeného na simuláciu základných funkcií riadenia letúna typu Zlín Z 242 L, a to konkrétne na návrh, vymodelovanie, výrobu konštrukcie simulátora a jeho následné skonštruovanie, umiestnenie pilota do kostry tohto simulátora a následné uchytenie všetkých základných hardwarových častí potrebných ku ovládaniu letúna a plynulej simulácií všetkých riadiacich plôch (Němeček, 1984).

3.1. Zlín Z 242L

Ako model pre náš simulátor sme si zvolili letún typu Zlín Z 242 L, pričom ide o športový a cvičný dvojseďadlový letún vyrábaný spoločnosťou sídliacou v Českej republike na letisku Otrokovice, Zlín Aircraft a.s. Modely Z 24, Z 142 až Z 242 sú považované vynikajúce a spoľahlivé lietadlá a sú používané na množstvo rôznych leteckých aktivít, od základného a pokročilého leteckého výcviku až po akrobatické lietanie, vlečenie vetroňa, výcvik IFR a nočné lietanie (ZLÍN Z 242 L GURU, 2021). Pre potreby nášho simulátora bude časť hlavných prístrojov vrátane výškomeru, umelého horizontu a rýchlomeru, nahradená jedným LCD displejom, na ktorom sa budú zobrazovať jednotlivé prístroje. Takýto monitor nám umožní ľubovoľne rozloženie prístrojov a možnosť prepnúť na Glass-kokpit podľa potreby. Rozmiestnenie jednotlivých prístrojov tak bude prispôsobiteľné pilotom. Rozloženie prístrojov nie je predmetom tejto práce, práca sa sústreďí len na zástavbu týchto LCD displejov. Voľbou rozloženia simulátora len pre jedného pilota sa nám prakticky zúžila prístrojová doska o jednu tretinu svojej šírky. Ušetríme tým rozmery a materiál a umožní nám to sústrediť sa len na ľavú časť prístrojov, t.j. prístrojov kapitána lietadla.



Obrázok 1: Rozloženie prístrojov letúna Zlín Z 142; časti označené farbou: zelená, žltá a oranžová použijeme v simulátore podľa potreby. Zdroj: Autori.

Najväčší dôraz sme kládli na samotné ovládanie riadiacich plôch lietadla, nakoľko pri výrobe simulátora, u ktorého chceme dbať hlavne na vierohodnosť simulácie, je toto najdôležitejším krokom. Riadiacu páku použijeme originál odmontovanú z letúna Zlín Z 142, umiestnenú v rovnakej vzdialenosti a výške od pilota, ako bola pôvodne nainštalovaná aj v lietadle. Páku plynu a pedále ovládania už nepoužijeme originálne od výrobcu Zlín, ale namiesto toho do simulátora usadíme pedále a plyn od výrobcu Logitech. Oba ovládače sú používané na hobby v domácich leteckých simulátoroch a obsahujú niekoľko programovateľných tlačidiel pre zjednodušenie ovládania simulácie.



Obrázok 2: Pedále Logitech Saitek Pro Flight Rudder a plynová pripuť Logitech GX56 Hotas Flight Simulator throttle. Zdroj: Flight Sim Gear (2021).

Ovládače sú vopred prispôsobené na pripojenie do počítača jednoducho cez USB prípojku. Počítač oba prístroje hneď po pripojení rozozná ako ovládacie zariadenia, sám si skontroluje verziu firmvéru a priebehu niekoľkých sekúnd ich pripraví na použitie (funkcia Plug & Play).

4. Výber materiálu a technologické požiadavky

Pri väčšine konštrukčných riešení je jedným z najdiskutovanejších problémov cena stavebných materiálov. Odborníci dôrazne neodporúčajú nakupovať lacné materiály, väčšinou kvôli nedostatkom v kvalite materiálu. Paradoxne, nákup takýchto materiálov sa pre zákazníkov môže z dlhodobého hľadiska stať veľmi nákladným problémom. Lacné stavebné materiály nemusia z hľadiska kvality vydržať potrebné zaťaženie, alebo sa na jeho povrchu objavia cyklické trhliny oveľa skôr, ako sa pôvodne očakávalo. Prakticky to môže ohroziť bezpečnosť konštrukcie a viesť k nežiaducim poškodeniam alebo nehodám. Vzhľadom na široký sortiment dostupných stavebných materiálov je pre zaistenie štrukturálnej integrity konštrukcie rozhodujúce zvoliť vhodný materiál. Trvanlivosť a pevnosť materiálov sú rozhodujúcimi faktormi pri určovaní celkovej integrity a kvalite štruktúry. Jednou z najdôležitejších vecí, ktorú treba brať do úvahy pri výbere stavebných materiálov, je jeho cenová efektívnosť: zvoliť taký materiál, ktorý bude lacný a zároveň vyhovovať bezpečnostným normám (Tips on choosing the best construction materials, 2021).

4.1. Zváraná konštrukcia z ocelových profilov

Celá konštrukcia simulátora je navrhovaná ako nosníkový rám, v ktorom za základnú časť konštrukcie považujeme tyč z hutníckej ocele štvorcového uzavretého profilu. Akosť oceli uvažujeme S235, podľa normy EN 10219. Vo väčšine ponúkaných rozmerov takáto oceľ dosahuje dostatočnú pevnosť pre usadenie všetkých potrebných komponentov do rámu simulátora, spoločne aj s pilotom. Materiál konštrukcie je ľahko opracovateľný a dobre zvarateľný. Tieto profily sa najčastejšie predávajú v štvorcových alebo obdĺžnikových prierezoch rôznych dĺžok, od 1 metra až do 12 metrov. Vzhľadom na pevnostné požiadavky sme si pre takúto konštrukciu vybrali tyč uzavretého štvorcového profilu, o rozmeroch 25 x 25 mm a hrúbky steny 2 mm. Profil si sami odmeriame a odrežeme na potrebné dĺžky jednotlivých častí, z ktorých potom poskladáme rám simulátora. Na všetky ostatné časti, ako napríklad uloženie LCD monitorov by sme v tomto prípade použili taktiež ocelové prvky: a to plech akosti DC01, podľa normy EN 10130/10131 valcovaný za studena, o hrúbke 2 mm a tyč s uhlovým L-profilom z hutníckej ocele 25 x 25 mm a hrúbke stien 3 mm.



Obrázok 1: Navrhované prvky použité v zváraní ocelevej konštrukcii. Zľava: štvorcový uzavretý profil, uhlový L-profil, ocelový plech. Zdroj: Hutný materiál (2021).

Spojenie kovových profilov navzájom uskutočníme pomocou zvarov. Zvar, ako výsledný produkt zvaračskej činnosti je pevný a nerozoberateľný spoj, používajúci sa hlavne pri kovových materiáloch. Zváranie je technológia spájania dvoch tavielnych materiálov pomocou lokálneho roztavenia, zliatia a následného ochladenia. Na odstránenie takého spoja je potrebné špeciálne náradie, ktorým musíme odobrať materiál v mieste zvaru, až pokiaľ sa spoj neuvoľní. Aj zvarom a aj rozoberaním takéhoto spoja nenávratne poškodujeme materiál a v oblasti zvaru za prítomnosti veľkého zvyškového napätia meníme vlastnosti samotného materiálu. Z tohto dôvodu je potrebné pri zváraní pracovať dôkladne a presne, pretože okolie každého ďalšieho prídavného zvaru predstavuje oslabenie konštrukcie. V našom prípade použijeme metódu zvárania elektrickým oblúkom s taviacou sa elektródou v ochrane aktívneho plynu CO₂ (MAG). Jedná sa o poloaufomatické zváranie v ochrannej atmosfére aktívneho plynu. Ten má mimo ochrannej funkcie za úlohu aj vstupovanie do chemických reakcií v zvarovej kúpeli. (Zváranie MAG, 2021).

5. Technické modelovanie v 3D priestore

Aby sme mohli ďalej pokračovať v konštrukcii simulátora, budeme potrebovať plán jednotlivých súčastí a vypočítať rozmery konštrukčných prvkov potrebných na jeho výrobu. Takýto plán nám umožní vrátiť sa späť do procesu navrhovania, ak by sme narazili na prekážku pri výrobe, a skontrolovať kde nastala chyba a ako sa jej môžeme v budúcnosti vyhnúť. Takisto bolo dôležité zistiť, aký typ materiálu bude najvhodnejší pre náš projekt, či už z pevnostného hľadiska alebo rozpočtu. Z tohto dôvodu sme sa rozhodli použiť modelovanie v trojrozmernom priestore v počítačovom softvéri namiesto klasického ručného rysovania na technický výkres. Moderné CAD (Computer Aided Design) softvéry určené na technické krásnenie a modelovanie disponujú veľkou škálou pomôcok a výhod, ktoré nám uľahčia prácu a môžeme ich použiť pri návrhu takéhoto simulátora, od náčrtu, rysovania súčastí s pomocou presných mierok až po samotné vymodelovanie a spájanie konštrukcie. Neoceniteľnou výhodou počítačového softvéru je možnosť zmeny údajov počas práce alebo vrátenia sa o krok späť, a tak môžeme v priebehu niekoľkých sekúnd porovnať viac variant konštrukčných súčastí a jednoduchšie rozhodnúť o ďalšom postupe výroby. Výstup softvéru CAD je často vo forme elektronických súborov/technických výkresov pripravených na tlač alebo niektorých z výrobných operácií. Konštrukcia simulátora bola modelovaná v softvéri Autodesk Inventor.

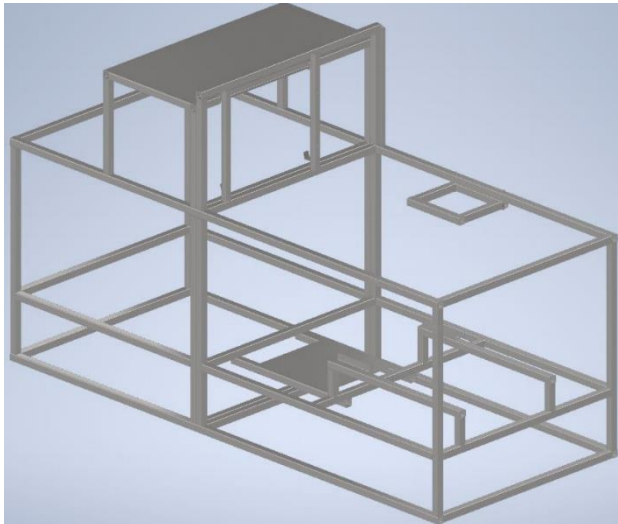
5.1. Autodesk Inventor

Autodesk Inventor je parametrický, adaptívny 3D modelovací program – je to CAD softvér vyvíjaný spoločnosťou Autodesk. Základ konštruovania v Inventore je tvorený súčastami, ktorých

geometria môže byť odvodená od parametrických 2D náčrtov. Tieto súčasti potom môžu byť kombinované a viazané rôznymi typmi väzieb do zostáv. Pri zmene kóty, parametra alebo geometrie automaticky pregenerovanie a je aktualizovaná celá 3D zostava, vrátane jej výkresovej dokumentácie (pohľady, rezy, detaily). Popri štandardných nástrojoch pre tvorbu objemových a povrchových trojrozmerných modelov obsahuje Inventor taktiež funkcie pre modelovanie plechových súčastí, zváraných kusov a oceľové konštrukcie. Vstavaná SQL databáza - Obsahové centrum, obsahuje státisíce normalizovaných súčiastok na použitie v zostavách Inventoru (Inventor: Professional-grade 3D CAD software for product design and engineering, 2021).

5.2. Vytvorenie rámu konštrukcie pomocou databázy SQL

Najefektívnejší spôsob modelovania konštrukcie, ktorý si však vyžaduje od konštruktéra trepezlivosť a dobrú schopnosť orientácie v trojrozmernom priestore. Použitím priestorového modelu má konštruktér zlepšenú kontrolu nad funkciou a vzhľadom ako pri porovnaní s použitím klasického pravouhlého premietania. Zmenou jedného rozmeru súčiastky môžeme zmeniť rozmer druhej súčiastky, ktorá je s tou prvou vo funkčnom vzťahu.



Obrázok 2: Finálna verzia modelu simulátora, pripravená na vloženie elektroniky a kresla pilota. Zdroj: Autori.

Na presnú orientáciu a definovanie koncových bodov vo vektorovom priestore nám bude slúžiť súradnicová sústava. Rozmery modelovaných objektov sú v priestore kreslené a presne definovať ich by bolo zložité bez priestorovej predstavivosti a orientácie. Z tohto dôvodu sa konštrukcia priestorových modelov a ich úprava vykonáva najčastejšie v rovine pri použití upravenej polohy súradnicového systému. Pri modelovaní vychádzame z dvojrozmerného náčrtu objektu, ktorý sa následne premietne do trojrozmerného priestoru. Návrh priestorového modelu objektu priamo závisí od zložitosti konečného tvaru požadovanej súčiastky. V niektorých prípadoch je takmer nemožné vytvoriť celý návrh súčiastky z jedného nákresu, ale je potrebné si takto zložitú operáciu rozdeliť na niekoľko menších objektov. Každý takýto objekt vyžaduje samostatný náčrt a prevedenie do trojrozmerného objektu (Litecká & Pavlenko, 2012).

Najdôležitejším krokom je priradenie profilu cez funkciu „vložiť rám konštrukcie“. Po zakliknutí na túto funkciu sa nám objaví vyskakovanie okno, v ktorom je možné vybrať medzi rôznymi profilmi štandardizovaných súčiastok. V našom prípade nás bude najviac zaujímať výber kategórie profilu, štandardizovaná norma, rodina profilu a rozmer profilu.

6. Realizácia simulátora

V nasledujúcej fáze realizácie prototypu simulátora budeme pokračovať s výrobou konštrukcie. V tejto fáze bude potrebné pripraviť materiál a náradie, s ktorým budeme pracovať. Pri výrobe simulátora budeme postupovať podľa vytvoreného modelu v CAD programe. Prvým krokom teda bude príprava materiálu a rezanie oceľových profilov na potrebnú dĺžku. Odhadovaná celková dĺžka oceľového štvorcového profilu, potrebná na simulátor je približne 32 metrov. Keďže pri rezaní materiálu o časť prideme kvôli odoberaniu materiálu za použitia uhlovej brúsky, je doležiť s touto stratou počítať a vykompenzovať stratu čiastočne dlhšími oceľovými profilmi, ako potrebujeme. Náradie, ktoré budeme potrebovať pri práci a na zváranie oceľového materiálu, bude pre nás dostupné v univerzitných laboratóriách Žilinskej univerzity v Žiline.

7. Záver

Stručným oboznámením sa s základnou teóriou a kategóriami leteckých simulátorov od rôznych výrobcov sme sa snažili poukázať na náročnosť vyhotovenia takéhoto projektu. Kombinácia počítačového modelovania a odhadovaná ručná práca v dielni bude nadmieru náročná a časového aj fyzického hľadiska. Hlavným cieľom práce bol návrh rámovej konštrukcie simulátora letového environmentálneho laboratória Envirolab. Návrh simulátora vychádza z reálneho lietadla Zlín 242L. Navrhovaná rámová konštrukcia leteckého simulátora, bude slúžiť na umiestnenie leteckých prístrojov, výpočtovej techniky a monitorov LCD. Pomocou počítačového modelovania v trojrozmernom priestore sme dokázali navrhnuť celú konštrukciu simulátora a vybrať si spomedzi stovky konštrukčných prvkov, ktoré ponúka vstavaná databáza strojných súčastí. Týmto spôsobom sme otestovali niekoľko rôznych konštrukčných riešení profilov, rozmerov a materiálu a zvolili sme ten, ktorý nám najviac vyhovoval z technologického hľadiska.

Nasledujúca fáza výroby konštrukcie simulátora bude zameraná na zváranie profilov konštrukcie a prípravu simulátora na umiestnenie elektrických agregátov. V tejto fáze projektu bude potrebné dodržať požiadavky na funkčnosť a ovládanie simulátora, ktoré sme si stanovili na začiatku stavby. Konštrukcia bude navrhnutá takým spôsobom, aby na nej bolo možné robiť dodatočné úpravy leteckých prístrojov alebo ovládania základných funkcií lietadla.

Pod'akovanie

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci Operačného programu Integrovaná infraštruktúra pre projekt: Výskum a vývoj bezkontaktných metód pre získavanie geopriestorových údajov za účelom monitoringu lesa pre zefektívnenie manažmentu lesa a zvýšenie ochrany lesov, kód ITMS 313011V465, spolufinancovaný zo zdrojov Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

Referencie

- Federal Aviation Administration. 2013. "FAR 121 Subpart N – Training Program". Retrieved 28 April 2013.
- Flight Controls: Primary Flight Controls. 2021. L'Avionnaire. [cit. 2021-03-08]. Dostupné na: <https://www.lavionnaire.fr/VocableFlightControl.php>
- Flight Sim Gear. 2021. Logitech: Logitech: Wireless Mouse, Keyboards, Headsets & Video. [cit. 2021-05-02]. Dostupné na: <https://www.logitechg.com/en-us/products/flight.html>
- Galieriková, A., Materna, M., Sosedová, J. 2018. Analysis of risks in aviation. Transport Means - Proceedings of the International Conference, 2018, 2018-October, pp. 1427–1431.
- Hutný Materiál. Kovamat: Kované polotovary. 2021. [cit. 2021-05-07]. Dostupné na: <https://kovanepolotovary.eu/42-hladke-materialy>
- Inventor: Professional-grade 3D CAD software for product design and engineering. 2021. Autodesk. [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview?term=1-YEAR>
- Kaňavský, P., Jindřich Gazda, Rozenberg, R., et. al. 2014. Bezpečnost a doprava: sborník konference "Teorie a praxe v bezpečnosti a krizovém řízení v dopravě" : 10. konference s mezinárodní účastí : 14. února 2014, Letiště Hradec Králové - areál DSA. [Pardubice]: Institut Jana Pernera, 2014. ISBN 978-80-86530-92-5.
- Kováčik, L., Novák, A. 2020. The role of aerial application in Slovakia in the 21st century. Transport Means - Proceedings of the International Conference, 2020, 2020-September, pp. 960–963
- Letecké simulátory vychovávají nových pilotov a zároveň pomáhajú vyšetrovať letecké nehody. 2021. Slovak Training Academy. [cit. 2021-02-18]. Dostupné na: <https://sk-ta.com/letecke-simulatory-vychovavaju-novych-pilotov-a-zaroven-pomahaju-vysetrovat-letecke-nehody>
- Litecká, J. & Pavlenko, S. 2012. CAD Technologie. Prešov. ISBN 978-80-553-0816-6.
- Náradie. 2020. Ako sa naučiť zvärať? Zvládne to aj začiatočník. Urob si sám: Online magazín pre domácich majstrov. 13.7.2020 [cit. 2021-05-16]. Dostupné na: <https://urobisam.zoznam.sk/naradie/ako-sa-naucit-zvarat>
- Němeček, V. 1984. Československá letadla. Vyd. 3., přeprac. a upr. Praha: Naše vojsko, 1984. Knižnice letectví (Naše vojsko).
- Novák Sedláčková, A., Kurdel, P., Labun, J. 2020. Simulation of Unmanned Aircraft Vehicle Flight Precision. Transportation Research Procedia, 2020, 44, pp. 313–320.
- Novák, A., Mrázová, M. 2015. Research of physiological factors affecting pilot performance in flight simulation training device. Communications - Scientific Letters of the University of Zilina, 2015, 17(3), pp. 103–107
- Plechy. Kovian: Kované a nerezové polotovary, pohony na brány. 2021. [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://www.kovian.sk/Hutnicky-material/Plechy/>
- Sparko, A., Judith Burki-Cohen, J., Go, Tiau. 2010. Transfer of Training from a Full-Flight Simulator Vs. a High-Level Flight-Training Device with a Dynamic Seat. AIAA Modeling and Simulation Technologies Conference. Reston, Virginia: American Institute of Aeronautics and Astronautics, 2010, 2010-08-02, [cit. 2021-03-08]. ISBN 978-1-62410-152-6. Dostupné na: doi: 10.2514/6.2010-8218
- Škvareková, I. & Škultéty, F. 2019. Objective measurement of pilot's attention using eye track technology during IFR flights. Transportation Research Procedia, 2019, 40, pp. 1555–1562.
- Škvarekova, I., Azaltovic, V., Pecho, P., Kandra, B. 2020. Eye Track Technology in Process of Pilot Training Optimization. NTinAD 2020 - New Trends in Aviation Development 2020 - 15th International Scientific Conference, Proceedings, 2020, pp. 206–210.
- Tips on choosing the best construction materials. 2021. HOME: Smart Beginning SFP. [cit. 2021-05-05]. Dostupné na: <https://www.smartbeginningsfp.org/tips-on-choosing-the-best-constructionmaterials/>
- ZLIN Z 242 L GURU. 2021. ZLIN AIRCRAFT a.s. [cit. 2021-04-20]. Dostupné na: <https://www.zlinaircraft.eu/Letadla/Z-242-L-GURU/>
- Zváranie MAG. 2021. Zváranie - Zváračky: Zváracie metódy, rozdelenie zvárania, zväračky, elektródy WPS. [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <http://www.zvaranie.eu/metoda-zvarania-mag/>