

**Stredná priemyselná škola technická,
Hviezdoslavova 6, 05201 Spišská Nová Ves**

**LIETADLO POHÁŇANÉ
2-TAKTNÝM PIESTOVÝM PNEUMATICKÝM MOTOROM**

2023

Spišská Nová Ves

Jozef Šaršaň

ročník štúdia: **štvrtý**

Úvod

"Bez popisu absolvujem sériu predbežných experimentov, ktoré ma viedli k úprave určitých detailov, kým neboli všetky podmienky priaznivé. Potom som mal zadosťučinenie, keď som videl, ako sa aparátúra rozbieha so zvyšujúcou sa rýchlosťou a o pár sekúnd sa vozík sotva dotkne zeme." V citáte opisuje Victor Tatin (bol to konštruktér prvých pneumatických modelov lietadiel) svoje pokusy s lietadlami. Príprava a realizácia môjho projektu prebiehala veľmi podobne.

2-taktný piestový pneumatický motor som navrhol a skonštruoval s pomocou dostupných obrábacích strojov a nástrojov z dôvodu otestovania jeho fungovania pre jeho ďalší rozvoj. Pri realizácii tejto práce som čelil mnohým problémom /urobil som mnoho variantov súčiastok, aby boli správne nadimenzované spôsobom pokus - omyl/. Časom som prišiel na ten najlepší variant konštrukcie a materiálu.

Aby som predviedol silu a použiteľnosť tohto pneumatického motora, tak som k nemu navrhol a skonštruoval ľahký model lietadla. Vo vzduchu je potrebné lietadlo riadiť, preto som do trupu lietadla nainštaloval batériu a prijímač, ktorý ovládal klapky na zadnom krídle lietadla. Prijímač komunikoval s vysielateľom, ktorý ovládal na zemi pilot. Inšpiráciou pre túto prácu bol môj osobný sen zostrojiť motor poháňaný vodnou parou. Tento motor sa princípom fungovania a médiom pohonu veľmi nelíši. Motor pokladám za srdce lietadla. Práve jemu som venovala najviac času pri zhotovení lietadla.

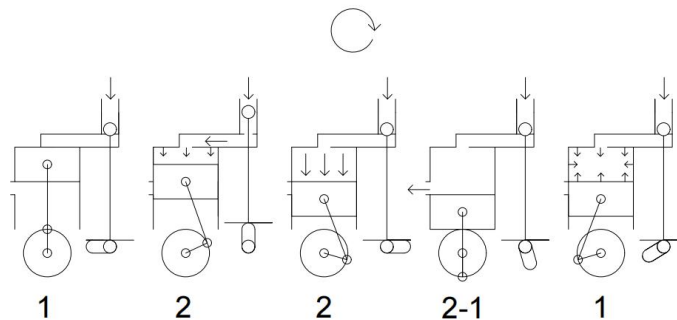
Na tlmenie nárazov pri pristávaní lietadla som zostrojil kvôli tomu podvozok, ktorý sa skladal z troch kolies /dvoch veľkých v prednej časti a jedného malého v zadnej časti lietadla/.

Pri návrhu som sa inšpiroval internetom a skúsenosťami príbuzných. Polotovarmi potrebnými na výrobu boli dural, filament PET-G a na lietadlo balza a fólia. Začal som analýzou fungovania pneumatického motora. Následne som robil nákresy svojej vlastnej konštrukcie pneumatického motora, ktoré som postupne zdokonaľoval k jednoduchosti a ľahkej výrobe. Najprv som riešil funkčnosť a až následne estetiku lietadla.

Princíp fungovania 2-taktného piestového pneumatického motora

V prvej fáze, keď sa piest pohybuje smerom hore sa stlačí vzduch vo valci. V okamihu, keď sa piest dostane hore je vzduch vo valci stlačený najviac.

V druhej fáze piest postupuje dole a zároveň sa vďaka otvára ventil, ktorý vženie stlačený vzduch do valca. V strede medzi koncom úvrate a začiatkom odfuku sa ventil začína zatvárať a škrtiť stlačený vzduch. Nad odfukom je už celkom zavretý a do valca už neputuje stlačený vzduch. Prebytočný stlačený vzduch putuje otvorením odfuku piestom von z valca. Po tomto procese vstupuje opäť zotrvačnosťou do prvej fázy.



Princíp fungovania 2-taktného pneumatického motora [Šaršaň, J., 2023]

Kritéria a varianty konštrukcie

Kritéria, ktoré som musel pri konštruovaní dosiahnuť, sú nasledovné. V prvom rade je potrebné, aby pneumatický motor mal plynulý chod a samozrejme, aby bol bezporuchový. V ďalšom rade som sa musel pokúsiť vybrať čo najjednoduchšiu konštrukciu nenáročnú na výrobu. A v poslednom rade som chcel dosiahnuť vysoký výkon pri čo najmenších rozmeroch. Motorová časť musela byť veľmi ľahká.

Ako prvú možnosť, na ktorú som narazil boli Gasprinové motory poháňané CO_2 , ktoré sa dajú použiť aj so stlačeným vzduchom. Napriek ich nízkej hmotnosti a jednoduchej konštrukcii sú časovo náročné na nastavenie. Je to spôsobené konštrukciou guľôčkového ventilu, ktorý je ovládaný pružinou na pieste. Táto pružina musí mať presné rozmery a tvrdosť, keď sa tak nestane motor vôbec nefunguje. V prípade, že sa dodrží podmienka presnosti, motor aj tak nezaručuje jeho plynulý chod po celý čas fungovania. Pružina sa po čase môže ohnúť alebo stlačiť, a motor sa buď zastaví alebo začne vynechávať. Preto sa táto alternatíva nehodí.

Našiel som aj pneumatický motor, ktorý je ovládaný rotačným ventilom nachádzajúcim sa na kľukovom hriadeľi. Jeho konštrukcia je jednoduchá, má nízku hmotnosť. Napriek tomu má nízky výkon, preto som si ho nevybral.

Posledný variant, ktorý som našiel, sú pneumatické motory, ktoré majú ventily veľmi podobné ventilom používaných v motoroch áut. Je ovládaný ventilmi, ktoré kopírujú vačku. Tieto motory sú spoľahlivé, ale ich konštrukcia je zložitejšia od ostatných variantov. Má aj najvyšší výkon spomedzi všetkých. Ich nevýhodou je vyššia hmotnosť spomedzi ostatných variantov. Tá sa však vykompenzuje vysokým výkonom motora. Tento typ konštrukcie sa preto hodil do projektu.

Ciele práce

Cieľom mojej práce bolo navrhnutie a skonštruovanie stlačeným vzduchom poháňaného 2 - taktného piestového motora a modelu lietadla. Pneumatický motor má poháňať model lietadla, ktorému pomocou krídel dodáva potrebný vztlak na lietanie vo vzduchu. Pneumatický motor musí spĺňať požiadavku nízkej hmotnosti a vysokého výkonu. Model lietadla musí byť zhotovený z ľahkých materiálov, kvôli relatívne nízkemu výkonu pneumatického motora oproti napríklad spaľovacím alebo tryskovým. Lietadlo by malo byť podobnej konštrukcie ako lietadla poháňané gumou alebo vetrone.

Keďže lietadlo vo vzduchu musíme ovládať, aby sa riadilo našimi pokynmi, tak je potrebné do lietadla nainštalovať batériu s prijímačom, ktorý ovláda servo motory. Servo motory následne hýbu klapkami na zadnom krídle lietadla.

Aby lietadlo nenarazilo na motor, alebo na ostatné citlivé časti, musí mať nejaké tlenie. Bude sa skladať z troch kolies. Predné kolesá budú umiestnené na dvoch ramenách, ktorých pohyb tlmia dve pružiny. Zadné koleso bude poddajnejšie. Kolesá dovoľujú pohyb dopredu a hladké pristátie lietadla.

Materiál a metodika

Všetky komponenty, ktoré sa pohybujú a sú namáhané, alebo sú statické, ale sú opotrebované (púzdra) sú z duralu. Tieto komponenty boli obrábané najmä sústružom, dvojkotúčovou brúskou, ručnou pílou na železo, pilníkom na železo, uhlovou brúskou, brúsnym papierom. Časti lietadla sú vyrobené z balzy a následne olopené fóliou na krídla lietadiel. Keďže počet strán práce je obmedzený, tak nemôžem opísať presný postup práce. Počet použitých súčiastok je veľký - niekoľko desiatok kusov rôznych rozmerov a počet operácií na ich zhotovenie je tiež mnoho. Spomeniem len stručne použité metódy obrábania, použité stroje a nástroje.

Pneumatický motor

Po pochopení fungovania a vybraní konštrukcie pneumatického motora som začal s jeho samotným navrhovaním a konštruovaním. Najprv som kreslil rôzne konštrukčné riešenia tohto motora. Avšak proporcie motora sa po nakreslení do programu zmenili. 3D modely jednotlivých častí motora som realizovali v programe Autocad. Jeho podstatnou časťou materiálu, z ktorého je vyrobený, je materiál PET-G používaný na 3D tlač na 3D tlačiarňach. Tento materiál som zvolil kvôli potrebe nízkej hmotnosti pneumatického motora.

Blok motora

Blok motora som navrhol tak, aby som do neho mohol vložiť ložiská a vsunúť do nich kľukový hriadeľ a vačku. Najviac času mi zabralo obrábanie otvorov. Vyrobil som ho z materiálu PET-G pomocou 3D tlače.

Piesty

Skladajú sa každý z dvoch častí - samotného piesta a prítlačného krúžka, ktorý zaisťuje tesniaci krúžok. Vyrobil som do nich piestne čapy, ktoré slúžia na prepojenie samotných čapov s ojnicami. Piesty a aj piestne čapy som sústružil a následne brúsil brúsnym papierom pre hladký povrch. Piesty sú vyrobené z materiálu PET-G.



Piest [foto: Šaršaň, J., 2023]

Ojnice

Vyrobil som ich z materiálu PET-G a vlisoval som do nich duralové púzdra. Sú veľmi malých rozmerov. Najmenšie púzdro má vnútorný priemer 3mm, vonkajší 4mm a šírku 6mm. Ojnice som prepojil púzdrami (púzdro v púzdre), takže po ich skompletizovaní sa nedajú rozobrať. Púzdra som vlisoval do oceľového plechu o hrúbke 0.5mm kvôli malej odolnosti PET-G proti otláčaniu. Tento plech je v tvare U, ktorý spevňuje ojnicu. Ojnice sa otáčajú na čape kľukového hriadeľa, ktorý som vyrobil sústružením z duralu.



Ojnice s púzdrami [foto: Šaršañ, J., 2023]

Vačka

Má v sebe štvorcový výrez, ktorým sa prenáša krútiaci moment z kľukového hriadeľa na vačku a z nej putuje na výstup. Vačku som vyrobil z materiálu PET-G. Kolieska, ktoré kopírujú vačku, som vyrobil z duralu a taktiež ako pre ojnicu som použil plech v tvare U na spevnenie plastového úchytu. Kolieska sa otáčajú okolo duralového čapu, ktorý som vlisoval do spomínaného plechu.



Vačka s kopírovacím kolieskom [foto: Šaršañ, J., 2023]

Valce

Vyrobil som ich z materiálu PET-G a skladajú sa z dvoch častí. Z dvoch častí sú preto, lebo by nebolo technicky možné vytlačiť 3D modely a v nich neprístupné kanály. Časť, po ktorej sa pohybuje piest, som sústružil kvôli potrebe hladkého povrchu.

Hlavy valcov

Ich hrúbka je väčšia kvôli veľkému tlaku, ktorý sa v nich nachádza. Vyrobil som ich z materiálu PET-G. Vedú stlačený vzduch nad ventily. Prvú a druhú hlavu som prepojil pomocou hadíc, ktoré vedú stlačený vzduch od zásobníka stlačeného vzduchu.

Zásobník stlačeného vzduchu

Na uloženie stlačeného vzduchu som použil plastovú fľašku o objeme $0.00225m^3/2.25l$. Do tejto fľaše som vyvrtal dieru, do ktorej som vložil ventil. Zistil som jednoduchým pokusom, že bezpečný tlak je 650000Pa/6,5bar a kritický je 900000Pa/9bar. Pri 9 baroch sa fľaša príliš roztáhovala a hrozil výbuch.

Vrtuľa

Vyrobil som ju z materiálu PET-G. 3D model tejto vrtule nie je mojim výtvorom, ale je stiahnutý zo stránky názvom Thingiverse. Je to jediný model, ktorý som nenavrhol. Je to kvôli

náročnosti navrhnutia tvaru profilu, tvaru a uhlov vrtule. S mojim programom, ktorý používam, by to nebolo možné. Profil vrtule som ručne obrábal žiletkovým nožikom, pilníkmi a brúsnym papierom.



Vrtuľa [foto: Šaršaň, J., 2023]

Ventily

Ventily sú špeciálne v tom, že sa samočinne natáčajú podľa povrchu, ktorý majú zatesniť. Z tohto vyplýva, že tesnia dobre za každých podmienok. Obsahujú kĺb, ktorý som vyrobil z plastovej guľôčky, ktorá zaisťuje natáčanie ventila. Ventil obsahuje odliatok silikónu, ktorý slúži ako tesnenie. Tento odliatok bol pre mňa náročný na výrobu, kvôli nežiaducim bublinám, ktoré sa pri výrobe občas vytvorili. Keď sa tak stalo, musel som odliatok silikónu vytvárať opäť.

Kľukový hriadeľ

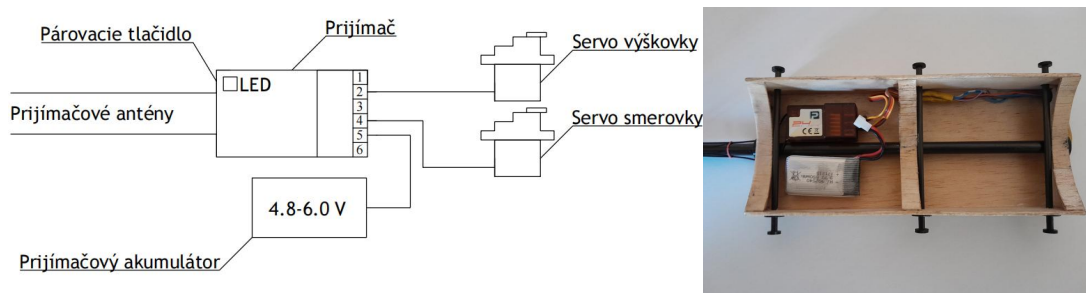
Kľukový hriadeľ som prepojil s vačkou a výstupom. Vyrobil som ho z materiálu PET-G. Do jeho vopred určenom otvore pre skrutku, ktorá prenáša krútiaci moment, som narezal závit. Nachádza sa v osi otáčania. Kľukový hriadeľ som spevnil skrutkou zaskrutkovaním do tohto otvoru. Táto skrutka zabráňuje zlomeniu kľukovej hriadele. Priemer 8mm materiálu PET-G by samotný tento nápor nevydržal. Do diery pre vložku som nalisoval ojnicový čap so samotnou duralovou vložkou. Pre vyváženie kľukového hriadeľa som vyrobil oceľové protizávažie, ktoré pomáha posunúť vibrácie do smeru presunutého o 90°.



Pohľad na kľukový mechanizmus [foto: Šaršaň, J., 2023]

Zapojenie prijímača

Po predĺžení vodičov napojením ďalších dlhších vodičov servo motorov som ich zapojil do prijímača. Tieto vodiče putujú uhlíkovou trubkou až do držiaku predného krídla. Prijímač napája 5V batéria. Tieto časti sa schovávajú v trupe lietadla. Konkrétne v držiaku predného krídla. Batériu a prijímač do trupu som prichytil suchým zipsom. Ich uchytenie a uloženie je veľmi dôležité kvôli tomu, že pri náraze by sa mohli na inom mieste oddeliť a poškodiť. Zo servo motorov vychádzajú z každého po tri vodiče, čiže spolu šesť vodičov. Antény z prijímača som upevnil o uhlíkovú trubku a preto sú zafixované a nepoškodia sa. Pri zapojení vodičov z batérie som musel dodržať potrebnú polaritu zapojenia.



Zapojenie elektroniky [foto: Šaršaň, J., 2023]

Predné krídlo

Je najväčším krídlom a aj najväčším komponentom lietadla. Vyrobil som ho z balzy. Potrebné šablóny na vytvorenie takéhoto krídla som vytvoril v programe Autocad. Profil krídla má názov Clark Y. Po zlepení jednotlivých častí krídla som naňho nalepil fóliu určenú na lepenie modelov lietadiel. Túto fóliu som aplikoval na povrch krídel žehličkou. Na roztiahnutie fólie som použil teplovzdušnú pištoľ. Rozpätie predného krídla je 1600 mm. Má hmotnosť 220 g. Kostru lietadla som navrhol tak, aby mala čo najnižšiu hmotnosť.



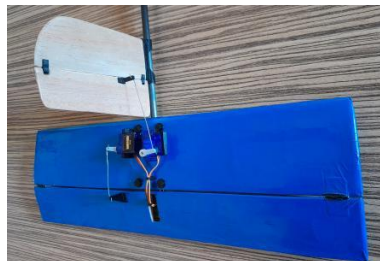
Predné krídla pred lepením fólie [foto: Šaršañ, J., 2023]

Zadné krídlo

Bolo nutné, aby bolo čo najhľadšie kvôli potrebe úspešného vyváženia lietadla. Preto som ho zhotovil z ľahkej balzy. Obsahuje výškovku, ktorá sa otáča na pántoch a je ovládaná servo motorom. Tvar krídla som vytvoril pomocou jednej šablóny zo šablón, ktoré som využil pri výrobe predných krídel. Táto šablóna je najmenšieho rozmeru z veľkého krídla. Po zlepení jednotlivých častí krídla som na nich aplikovali fóliu. Opäť ako u predného krídla som použil žehličku a teplovzdušnú pištoľ. Pod zadné krídlo som namontoval malé koliesko, ktoré slúži na tlmenie nárazu.



Zadné krídlo [foto: Šaršañ, J., 2023]



Výškovka so smerovkou [foto: Šaršañ, J., 2023]

Smerovka

Smerovka sa nachádza pred zadným krídlom. Je ovládaná servom. Vyrobil som ju z ľahkej balzy. Uhlíková trubka prepája zadné krídlo zo smerovkou a taktiež predné krídlo. Touto trubkou vedú vodiče zo servo motorov do prijímača. Klapka smerovky sa otáča na pántoch z materiálu PET-G. Pohyb klapky som zaistil tiahom, ktoré som vytvoril z kancelárskej spinky o priemere 0,5 mm. Smerovka zaisťuje pohyb lietadla do strán vo vzduchu.



Smerovka [foto: Šaršañ, J., 2023]

Držiak predného krídla

Vyrobil som ho z balzy vyrezanej na určitý tvar. Je to vlastne skriňa s otvorom. Otvor je tam kvôli potrebe zníženia celkovej hmotnosti tejto časti. Vyrábam ho pomocou vopred vlastne vytvoreného náčrtu. Do tejto časti som umiestnil elektroniku. Plocha držiaka je pod uhlom 25 °. Je to kvôli lepšej stabilite a nábehu krídla.



Držiak predného krídla [foto: Šaršaň, J., 2023]

Podvozok modelu lietadla

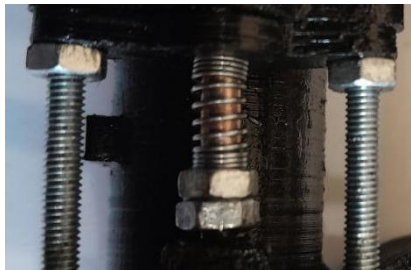
Podvozok som vyrobil z ľahkého materiálu PET-G. Táto tlmiaca sústava sa skladá z dvoch predných kolies väčšieho priemeru a jedného menšieho v zadnej časti lietadla. Tlmenie zaisťujú dve oceľové pružiny a pena z kurenárskej izolácie navlečená na kolesá. Ramená som vyrobil z uhlíkových trubiek.



Predné kolesá [foto: Šaršaň, J., 2023]

Nastavenie pneumatického motora

Nastavenie pneumatického motora a s tým súvisiace kompletizovanie motora bola pre mňa najnáročnejšia konečná práca. Ventily si musia takzvané „sadniť“, čo komplikovalo nastavenie. Pri týchto motoroch sa nastavuje vôľa medzi vačkou a ventilom. Keby tam nebola, tak by ventily neboli schopné dostatočne alebo vôbec tesniť. Taktiež veľká vôľa medzi týmito časťami je nepriaznivá. Motor má vtedy drasticky nižší výkon. Toto nastavovanie sa realizuje otáčaním ventilov z vonku. Časť ventilov z vonku je voľne prístupná a viditeľná, to zaisťuje pohodlné nastavenie. Pružina nad maticami zaisťuje vracanie sa ventila do základnej polohy.



Nastavovacia skrutka ventila [foto: Šaršaň, J., 2023]

Výsledky práce

Pneumatický motor fungoval do tlaku 2bar a bol schopný pracovať pri najvyššom tlaku až 9bar. Výkon, ktorý vyvinul bol vyšší ako som predpokladal. Podľa môjho názoru by bolo možné vyzdvihnúť ťah až na 0.5 kg, čo je na takýto malý motor dosť. Motor vie vyvinúť až okolo 3000 ot. za minútu, čo je 50 otáčok za sekundu. Model lietadla s týmto motorom je schopný letu a riadeného pohybu vo vzduchu za pomoci servo motorov. Ťah pneumatického motora som meral za pomoci váhy na ryby. Približný ťah, ktorý som nameral pri 6 baroch bol 0,4kg. Taktiež som výpočtom zistil brzdný výkon po meraní

jednotlivých veličín potrebných pre výpočet. Zistil som, že pneumatický motor má výkon 4,72 W pri otáčkach 1239,5 ot/min a tlaku 4 bar.

Výpočet:

$$\begin{aligned}m &= 53 \\g &= 0,053 \text{ kg} \\l &= 70 \text{ mm} = 0,07 \text{ m} \\n &= 1239,5 \text{ ot/min} \\g &= 9,81 \text{ m}\times\text{s}^{-1}\end{aligned}$$

m- hmotnosť pôsobiaca na váhu
l- dĺžka ramena
n- otáčky na výstupe
BP- brzdný výkon

$$\begin{aligned}F &= m\times g \\F &= 0,053\times 9,81 \\F &= 0,51 \text{ N}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}BP &= \frac{F\times l\times 2\times \pi\times n}{60} \\BP &= \frac{0,51\times 0,07\times 2\times 3,14\times 1239,5}{60} = 4,72 \text{ W}\end{aligned}$$



Meranie brzdného výkonu [foto: Šaršaň, J., 2023]

Záver práce

Pneumatický motor pracoval výborne napriek tomu, že to je dvojvalec. Takéto ležaté dvojvalce sú známe svojimi vibráciami, čo sa v mojom prípade neprejavilo.

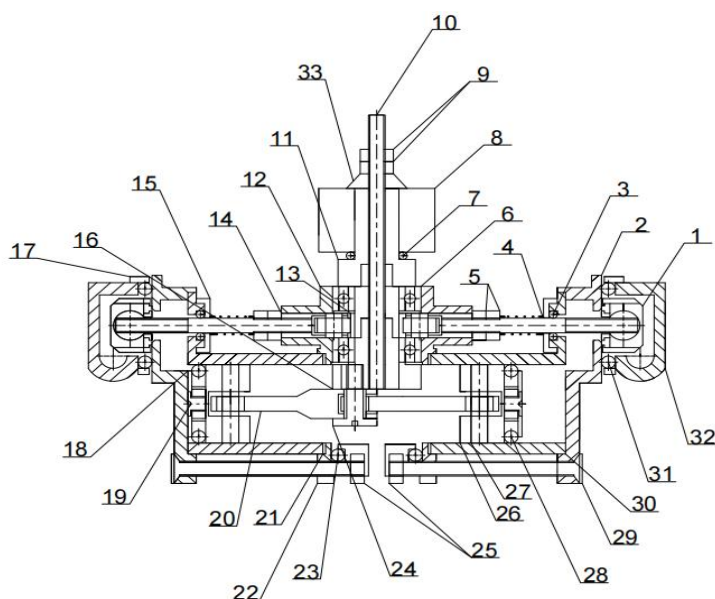
Keďže lietadlo vo vzduchu musíme ovládať, aby sa riadilo našimi pokynmi tak je potrebné do lietadla nainštalovať batériu s prijímačom, ktorý ovláda servo motory. Servo motory následne hýbu klapkami na zadnom krídle lietadla.

Väčšina pneumatických motor od ostatných autorov fungovala na rovnakom princípe ako môj návrh, ale mali malú životnosť a hlavne výkon. Z tohto dôvodu som všetky pohyblivé časti môjho pneumatického motora vyrobil z duralu a tie, čo sú nepohyblivé alebo neopotrebované z materiálu PET-G. Taktiež väčšina nepoužívalo žiadnu záťaž. Výstup motora sa len otáčal. Pre lepšiu demonštráciu jeho sily a použiteľnosti som k nemu navrhol model lietadla riadený servami.

Pneumatický motor sa dá použiť v praxi na premenenie energie stlačeného vzduchu na mechanickú energiu a s použitím vrtule vytvorí prúdenie vzduchu s nižším tlakom. Túto skutočnosť som využil na pohon modelu lietadla. Môj model lietadla je úspešne schopný letu. Pneumatický motor a samotné lietadlo chcem naďalej zdokonaľovať a po zdokonalení aj možno patentovať, keďže pôvodné výkresy pneumatického motora sa do dnešných dní nedochovali. Znížením jeho hmotnosti a zvýšením výkonu pneumatického motora dosiahnem požadovaný výsledok. To docielim pridaním ďalších ventilov, ktoré odstránia kompresiu a tým znížia odpor kladený pri stláčaní svojho vlastného objemu valcov motora. Takéto lietadlá sú energeticky skoro nezávislé. V prírode sa takéto lietadlá napumpujú stlačeným vzduchom z pumpy, ktorú rozhýbeme my. Batériu potrebnú na fungovanie riadenia lietadla je možné nabiť pomocou externej batérie, ktorá sa môže napríklad nabíjať solárnym panelom. Takže lietadlo samotné nepotrebuje sieťové napätie, ktoré napríklad v lese nie je dostupné. V budúcnosti sa takéto lietadla dajú použiť na zistenie svojej polohy v teréne za použitia kamery. Model by sa mohol osamostatniť úplne za použitia dynamu prepojeného s pneumatickým motorom. Dynamo by napájalo potrebné zariadenia.

Príprava tejto práce bola pre mňa prínosom hlavne z hľadiska nadobudnutia nových poznatkov z oblasti mechatroniky, elektrotechniky a strojnictva.

Rez pneumatickým motorom s popisom jeho častí / Špecifikácie lietadla



1	Ventil	18	Krytka piestneho krúžka
2	Dosadacia plocha ventila	19	Skrutka piesta
3	Tesnenie ventila	20	Ojnica
4	Pružina	21	Tesnenie pod valcom
5	Dorazové matice ventila	22	Kryt otvoru tela motora
6	Ložisko	23	Tesnenie krytu
7	Krúžok vrtule	24	Čap kľukového hriadeľa
8	Vrtuľa	25	Matice skrutiek valcov
9	Poistné matice vrtule	26	Piest
10	Výstupná skrutka	27	Piestny čap
11	Redukcia	28	Piestny krúžok
12	Telo motora	29	Skrutka valca
13	Vačka	30	Valec
14	Bežec ventila	31	Tesnenie pod hlavou
15	Kryt tesnenia ventila	32	Hlava motora
16	Kľukový hriadeľ	33	Prítláčny krúžok
17	Krúžok zabraňujúci rozťahnutiu tesnenia		

Počet valcov	2
Vrtanie (mm)	16
Zdvih (mm)	7,9
Odfuk (priemer v mm)	5 x 1
Mazanie	olej
Max. pracovný tlak stlačeného vzduchu (Pa)/(bar)	900000/9
Ťah motora (kg)	0,4
Hmotnosť lietadla (kg)	0,6
Pracovný tlak (Pa)/(bar)	650000/6,5
Šírka lietadla/rozpätie (mm)	1600
Dĺžka lietadla (mm)	1070
Výška lietadla (mm)	200
Objem zásobníka stlačeného vzduchu (m^3)/(l)	0,00225/2,25
Plocha predného krídla (m^2)	0,3059
Plocha zadného krídla (m^2)	0,0546
Maximálne otáčky motora (ot/min) / (Hz)	3000/50
Priemerná rýchlosť pohybu piestov ($m \times s^{-1}$)	0,79
Brzdný výkon pneumatického motora pri 1240ot/min (W)	4.7

Fotodokumentácia pneumatického motora



Fotodokumentácia finálneho výrobku

