

Eksploatacija pogonskog sustava zrakoplova PA-44 u programu školovanja pilota

Martinjak, Petar

Undergraduate thesis / Završni rad

2015

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Transport and Traffic Sciences / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet prometnih znanosti**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:119:766401>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-12**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Transport and Traffic Sciences - Institutional Repository](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Petar Martinjak

EKSPLOATACIJA POGONSKOG SUSTAVA
ZRAKOPLOVA PA-44 U PROGRAMU
ŠKOLOVANJA PILOTA

ZAVRŠNI RAD

Zagreb, 2015.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

ZAVRŠNI RAD

**EKSPLOATACIJA POGONSKOG SUSTAVA
ZRAKOPLOVA PA-44 U PROGRAMU
ŠKOLOVANJA PILOTA**

**PIPER PA-44 POWERPLANT OPERATION IN A
PILOT TRAINING PROGRAMME**

Mentor: Doc.dr.sc. Anita Domitrović

Student: Petar Martinjak, 0135221854

Zagreb, rujan 2015.

EKSPLOATACIJA POGONSKOG SUSTAVA ZRAKOPLOVA PA-44 U PROGRAMU ŠKOLOVANJA PILOTA

SAŽETAK

Zrakoplov Piper PA-44 Seminole zbog svoje je jednostavnosti i pouzdanosti jedan od najčešće korištenih školskih i privatnih višemotornih zrakoplova na tržištu.

U radu je opisan pogonski sustav zrakoplova sa svim važnim podsustavima i načinom rada istih, tekstualno te kroz sheme i grafikone. Govori se o načinu eksploatacije tijekom školovanja s posebnim naglaskom na eksploataciju pogonskog sustava u svim fazama leta (polijetanje, penjanje, krstarenje, spuštanje i slijetanje) te u radu na zemlji (pretpoletni pregled zrakoplova, pokretanje motora, voženje te zaustavljanje rada motora).

Program školovanja pilota predočen je na primjeru školovanja u Hrvatskom zrakoplovnom nastavnom središtu gdje se završna faza obuke pilota za višemotorno letenje obavlja upravo na navedenom zrakoplovu.

KLJUČNE RIJEČI:

Zrakoplov, pogonski sustav, motor, elisa, eksploatacija, školovanje

PIPER PA-44 POWERPLANT OPERATION IN A PILOT TRAINING PROGRAMME

SUMMARY

The Piper PA-44 Seminole airplane is one of the most frequently used training and private multi-engine aircraft on the market due to its simplicity and reliability.

The airplane's powerplant (engine and propeller), with all of its important sub-systems, is described using text, schemes and graphs. One of the main theses of this paper is airplane operation with special emphasis on powerplant operation during all flight phases (take-off, climb, cruise, descent and landing) and ground operation (preflight check, engine start, taxi and engine shut-down).

Pilot training program is shown on the example of the training in the Croatian Aviation Training Center, where the final phase of a pilot's multi-engine training is conducted on Piper PA-44 airplane

KEYWORDS:

Airplane, powerplant, engine, propeller, operation, training programme

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKE KARAKTERISTIKE ZRAKOPLOVA PA-44.....	3
2.1. Pojam eksploatacije i održavanja	3
2.2. Dimenzije zrakoplova.....	4
2.3. Opis i namjena zrakoplova.....	5
2.4. Sustav upravljanja zrakoplovom i ploča s instrumentima.....	8
2.4. Operativna ograničenja zrakoplova.....	9
3. POGONSKI SUSTAV ZRAKOPLOVA PA-44.....	12
3.1. Motori i sustavi.....	12
3.1.1. Sustav dovoda zraka.....	13
3.1.2. Sustav za podmazivanje	14
3.1.3. Sustav za napajanje gorivom.....	15
3.1.4. Vakuumski sustav	15
3.1.4. Električni sustav	17
3.2. Propeleri	18
3.3. Upravljanje i instrumentacija pogonskog sustava.....	20
4. NORMALNE OPERATIVNE PROCEDURE ZRAKOPLOVA PA-44.....	23
4.1. Pretpoletni pregled	23
4.2. Pokretanje motora	24
4.3. Zagrijavanje motora	25
4.4. Polijetanje i penjanje	25
4.5. Krstarenje	29
4.6. Slijetanje i zaustavljanje rada motora.....	31
5. POSTUPCI U NUŽDI ZRAKOPLOVA PA-44	34
5.1. Prestanak rada motora	34
5.1.1. Izolacija motora – postavljanje elise u položaj za jedrenje.....	34

5.1.2. Otkaz motora na polijetanju	35
5.1.3. Otkaz tijekom leta	36
5.1.4. Slijetanje s jednim motorom u otkazu.....	36
5.2. Požar motora	37
5.3. Preveliki broj okretaja propelera	37
6. EKSPLOATACIJA MOTORA U PROGRAMU ŠKOLOVANJA PILOTA NA PRIMJERU PRAKSE U HZNS-u.....	38
6.1. VFR obuka na zrakoplovu PA-44	39
6.1.1. Vježba V-29: ME VFR zona.....	39
6.1.2. Vježba V-30: ME školski krugovi i Vježba V-31: ME školski krugovi s različitim konfiguracijama.....	44
6.1.3. Vježba V-32: ME VFR zona asimetrična vuča i Vježba V-33: ME školski krugovi asimetrična vuča	45
6.1.3.1. Vježba V-32	45
6.1.3.2. Kritični motor.....	47
6.1.3.3. Vježba V-33	48
6.1.4. Vježba V-34: ispitni let za klasu ME	48
6.2. IFR obuka na zrakoplovu PA-44.....	49
6.2.1. Vježba V-38: IFR prilazi ME.....	49
6.2.2. Vježba V-39: ruta noću	50
6.2.3. Vježba V-40/1 i V-40/2: provjera CPL/ME	51
7. ZAKLJUČAK	52
LITERATURA.....	53
POPIS SLIKA	54
POPIS GRAFIKONA I TABLICA.....	55

1. UVOD

Zrakoplov Piper PA-44-180 proizvodi američka tvrtka „Piper Aircraft, Inc.“ Razvijen je na temelju jednomotornog klipnog zrakoplova Piper PA-28 Cherokee kojemu je dodan još jedan motor veće snage, a nova, dvomotorna inačica nazvana je PA-44 Seminole. Zrakoplov PA-44 Seminole najčešće se koristi kao školski zrakoplov za vježbanje višemotornog i IFR¹ letenja, a veliku ulogu ima i u privatnom zrakoplovstvu. Proizvodnja je tekla u tri perioda, od 1972. do 1982. godine, između 1989. i 1990. godine te ponovo od 1995. godine do danas.

Osnovni pogonski sustav ovog zrakoplova sastoji se od dva Lycoming klipna motora od 180 HP (135 kW) koji pogone kontrarotirajuće Hartzell elise s dva kraka.

Cilj ovog rada jest opisati proces eksploatacije zrakoplova tijekom školovanja pilota s aspekta pogonskog sustava i svih njegovih podsustava i komandi. Objašnjava se pravilno korištenje pogonskog sustava u pripremi zrakoplova za let, svim letnim fazama od polijetanja do slijetanja te proces zaustavljanja rada motora. Usmjerit će se na sve bitne karakteristike i limitacije zrakoplova te moguće posljedice nepravilne upotrebe nekih od sustava. U izradi rada korišteni su podaci i znanja prikupljeni kroz letove tijekom školovanja u razdoblju između 2014. i 2015. godine.

Završni rad podijeljen je u 7 poglavlja:

Uvodni dio predočava strukturu rada i kratak opis tematike svakog poglavlja.

U *drugom poglavlju* opisane su tehničko-eksploatacijske karakteristike zrakoplova. Definiira se pojam eksploatacije i koncepti sigurnog održavanja, navode se dimenzije zrakoplova te njegova namjena i opis vanjskog izgleda. U zadnjem potpoglavlju navedena su operativna ograničenja zrakoplova koja je propisao proizvođač.

Treće poglavlje govori o pogonskom sustavu zrakoplova i podsustavima motora kao što su sustav za dovod zraka, sustav za podmazivanje, sustav napajanja gorivom te vakuumski i električni sustav. Također su opisani i sustavi elise te način upravljanja pogonskom skupinom.

¹ IFR (*Instrument Flight Rules*) – propisi i pravila koja se koriste kada letenje uz vizualne reference nije sigurno. Pilot okolinu percipira na temelju pokazivanja instrumenata unutar kokpita.

Četvrto se poglavlje odnosi na normalne operativne procedure zrakoplova i opisan je način provođenja svih faza leta (pretpoletni pregled, pokretanje motora, zagrijavanje motora, polijetanje i penjanje, krstarenje, spuštanje i zaustavljanje rada motora).

Peto poglavlje govori o postupcima u slučaju nužde, a koji se tiču rada pogonske skupine. Tako su opisani postupci u slučaju otkaza rada motora u raznim fazama leta, izolacija motora u otkazu, požari motora na zemlji i u zraku te postupak u slučaju prevelikog broja okretaja propelera.

Šesto poglavlje opisuje način eksploatacije motora u programu školovanja pilota na primjeru prakse u HZNSu², koji je dio Fakulteta prometnih znanosti, te daje uvid u vježbe kojima se studenta-pilota podučava zrakoplovnim procedurama, tehnicama pilotiranja i vođenju aviona kroz sve faze leta.

Sedmo poglavlje je zaključno i u njemu su jezgrovito predočene sve informacije i činjenice iznesene kroz rad.

² HZNS (Hrvatsko zrakoplovno nastavno središte) – hrvatska organizacija certificirana za pružanje obuke pilota zrakoplova do teorijske razine ATPL (*Air Traffic Pilot License*), dozvole CPL (*Commercial Pilot License*) sa ME (*Multi-Engine*), IR (*Instrument Rating*) i MCC (*Multi Crew Coordination*) ovlaštenjima

2. TEHNIČKO-EKSPLOATACIJSKE KARAKTERISTIKE ZRAKOPLOVA PA-44

2.1. Pojam eksploatacije i održavanja

Cjelokupan čovjekov rad s određenim sredstvom za rad predstavlja eksploataciju sredstva u širem smislu te riječi. Pojam se često koristi i u užem smislu i tada on znači umijeće rukovanja sa sredstvom zasnovano na njegovom korištenju i osiguranju njegovog tehničkog stanja. Kada je to sredstvo za rad – zrakoplov, onda se misli na njegovo korištenje, održavanje, čuvanje, transportiranje i sve druge radnje vezane uz zrakoplov od trenutka njegove proizvodnje pa do njegovog fizičkog zastarijevanja. [1]

U životnom vijeku zrakoplova uočljiva su dva stanja: „u radu“ i „u otkazu“. U radu zrakoplov normalno funkcionira i služi izvršenju nekog cilja, a u otkazu ga tehnička služba osposobljava (popravlja) kako bi ga vratila u početno stanje. Sadašnji zrakoplovi su projektirani tako da osiguraju eksploataciju od 20 do 25 godina, oko 60 000 letova ili približno 90 000 sati naleta. Kroz povijest, pristupi projektiranju „sigurnog zrakoplova“ su se mijenjali, a vidljiva je gruba podjela na tri koncepta [1]:

1. *Safe life* koncept – predviđanje i definiranje sigurnog životnog vijeka određene komponente koja se nakon isteka roka mora zamijeniti novom. Ta se metoda danas primjenjuje na konstrukcije stajnog trapa zrakoplova.

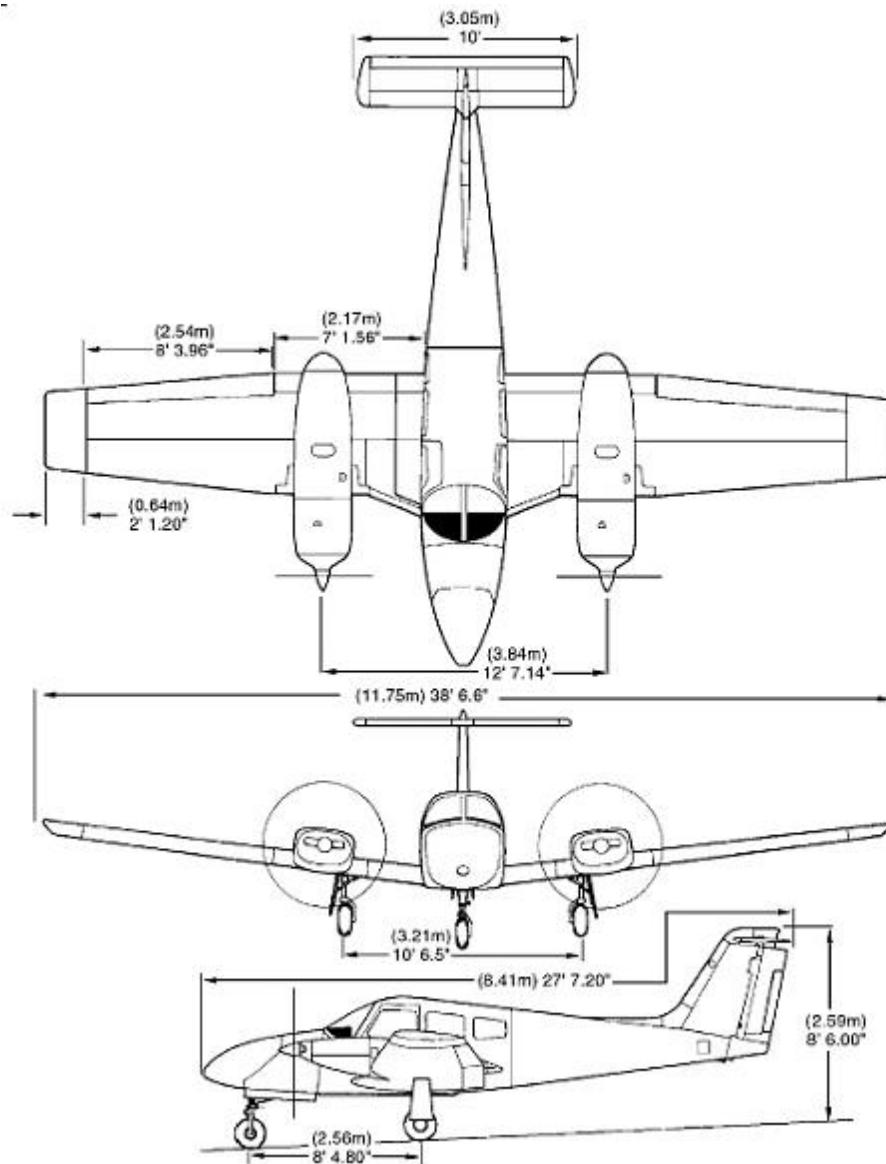
2. *Fail-safe* koncept – osigurava se više paralelnih linija elemenata pod opterećenjem. U slučaju otkaza jednog elementa, preostala konstrukcija ima dovoljnu čvrstoću koja osigurava pouzdan rad.

3. *Damage tolerance* koncept – zasniva se na nedestruktivnim metodama ispitivanja strukture kako bi se oštećenja otkrila i, u slučaju mikropukotina, nadzirala prije nego što dovedu do otkaza sustava.

Kako je iz navedenog vidljivo, eksploatacija i održavanje vezani su neraskidivom uzročno-posljedičnom vezom i bez pravilnog vođenja jednog, drugo nije moguće. Loša eksploatacija (nekompetentnost letačkog osoblja) ili loše održavanje (nekompetentnost tehničkog osoblja) neminovno dovode do nezgoda ili težih zrakoplovnih nesreća.

2.2. Dimenzije zrakoplova

Tehnički nacrt zrakoplova i njegove dimenzije i mase dani su na **slici 1** i u **tablici 1**.



Slika 1: Tlocrt, nacrt i bokocrt zrakoplova PA-44, [2]

Tablica 1: Dimenzija i mase zrakoplova PA-44, Izvor: [3]

Dužina zrakoplova:	8.412 m
Visina zrakoplova:	2.591 m
Raspon krila:	11.75 m
Raspon repnih površina:	3.048 m
Udaljenost nosnog kotača od glavnog podvozja:	2.560 m
Širina glavnog podvozja:	3.213 m
Promjer propelera:	1.880 m
Razmak uzdužnih osi aviona:	3.839 m
Površina krila:	17.1 m ²
Masa praznog zrakoplova:	1070 kg
Maksimalna masa na polijetanju:	1723 kg
Maksimalna masa prtljažnog prostora:	91 kg

2.3. Opis i namjena zrakoplova

Piper PA-44-180 laki je metalni, dvomotorni zrakoplov. Aerodinamički je izveden kao niskokrilac s repnom konfiguracijom oblika „T“. Kao i kod svih višemotornih zrakoplova, inducirani uzgon, uzrokovan pozicijom motora, uvelike pozitivno utječe na aerodinamiku, dok u slučaju otkaza jednog motora ova prednost postaje velika mana zbog povećanih momenata skretanja i valjanja. Unutar kabine mogu se smjestiti pilot i 3 putnika, a podvozje je uvlačeće. Na **slici 2** prikazan je zrakoplov Piper PA-44 u sastavu flote HZNS-a, Fakulteta prometnih znanosti.



Slika 2: Zrakoplov Piper PA-44, [4]

Trup

Trup zrakoplova PA-44 načinjen je od aluminijskih legura. Jedine iznimke su čelični nosači motora, čelično podvozje, nosni dio od stakloplastike (*fiberglass*) te krajnji, vršni dijelovi krila (terminezon) i repa koji su izrađeni od termoplastike. Struktura trupa je izvedena poluljuskasto (*semi-monocoque*³) te nije predviđena za bilo kakva akrobatska opterećenja. Putnička, odnosno pilotska ulazna vrata nalaze se s prednje desne strane, prtljažni otvor sa stražnje desne, a vrata koja se koriste za izlaz u slučaju nužde i otvaraju se s unutarnje strane na lijevom boku. [3]

Krila i repne površine

Krilo je dizajnirano tako da se prema krajevima sužava, što je s aerodinamičkog aspekta negdje na pola puta između ravnog i eliptičnog krila pa je omjer dobiti u obliku smanjenog vrtloženja na vrhovima i financijske isplativosti povoljan. Aeroprofil koji je

³ *Semi-monocoque*: najčešći oblik strukture trupa na civilnim zrakoplovima. Sastoji se od okvira, uzdužnica i oplata od kojih svaki dio preuzima određeno opterećenje.

korišten na ovom zrakoplovu jest NACA⁴ 65₂ – 415. Glavne ramenjače smještene su na 40% SAT⁵, a spajaju se u uporištu koje se nalazi ispod stražnjih sjedala u kabini zrakoplova. Osim glavne ramenjače, svako krilo ima još i prednju i stražnju pomoćnu ramenjaču koje pomažu u raspoređivanju opterećenja, a stražnja služi i kao spojka za krilca i zakrilca.

Repna se sekcija sastoji od vertikalnog stabilizatora, pokretnog horizontalnog stabilizatora i kormila pravca. Kormilo pravca i horizontalni stabilizator (kormilo dubine) opremljeni su anti-servo trimerima koji doprinose stabilnosti zrakoplova. [3]

Podvozje zrakoplova

Zrakoplov je opremljen hidraulički upravljivim, potpuno uvlačecim podvozjem tipa tricikl⁶. Tlak za operacije s podvozjem dobiva se preko električki pogonjene reverzibilne hidrauličke pumpe koja se aktivira jednom od dvije pozicije prekidača unutar kokpita. Kada se prekidač postavi u poziciju UP, podvozje se uvlači, a hidraulički tlak ulja ga drži u toj poziciji. Obrnuto, u poziciji DOWN, tlak ulja se smanjuje i podvozje se izvlači. Krajnje brzine za operacije podvozjem su 109 KIAS⁷ za uvlačenje i 140 KIAS za izvlačenje. U slučaju nužde, odnosno zaglavljivanja podvozja u poziciji UP, u kokpitu se nalazi prekidač za prisilno spuštanje stajnog trapa. Budući da tlak ulja drži podvozje uvučeno, povlačenje ovog prekidača jednostavno ispušta ulje iz hidrauličkog sustava i stajni trap uslijed gravitacije pada u poziciju DOWN. Taksiranje i skretanje izvodi se pomoću kočnica, kormila pravca i diferencijalnog korištenja motora tako da se kotač nosne noge zakreće do 30° lijevo ili desno.[3]

⁴ NACA (*National Advisory Committee for Aeronautics*) – preteča današnje NASA-e (*National Aeronautics and Space Administration*)

⁵ SAT(srednja aerodinamička tetiva)/MAC(*mean aerodynamic chord*) – zamišljena linija koja spaja prednji i stražnji rub krila

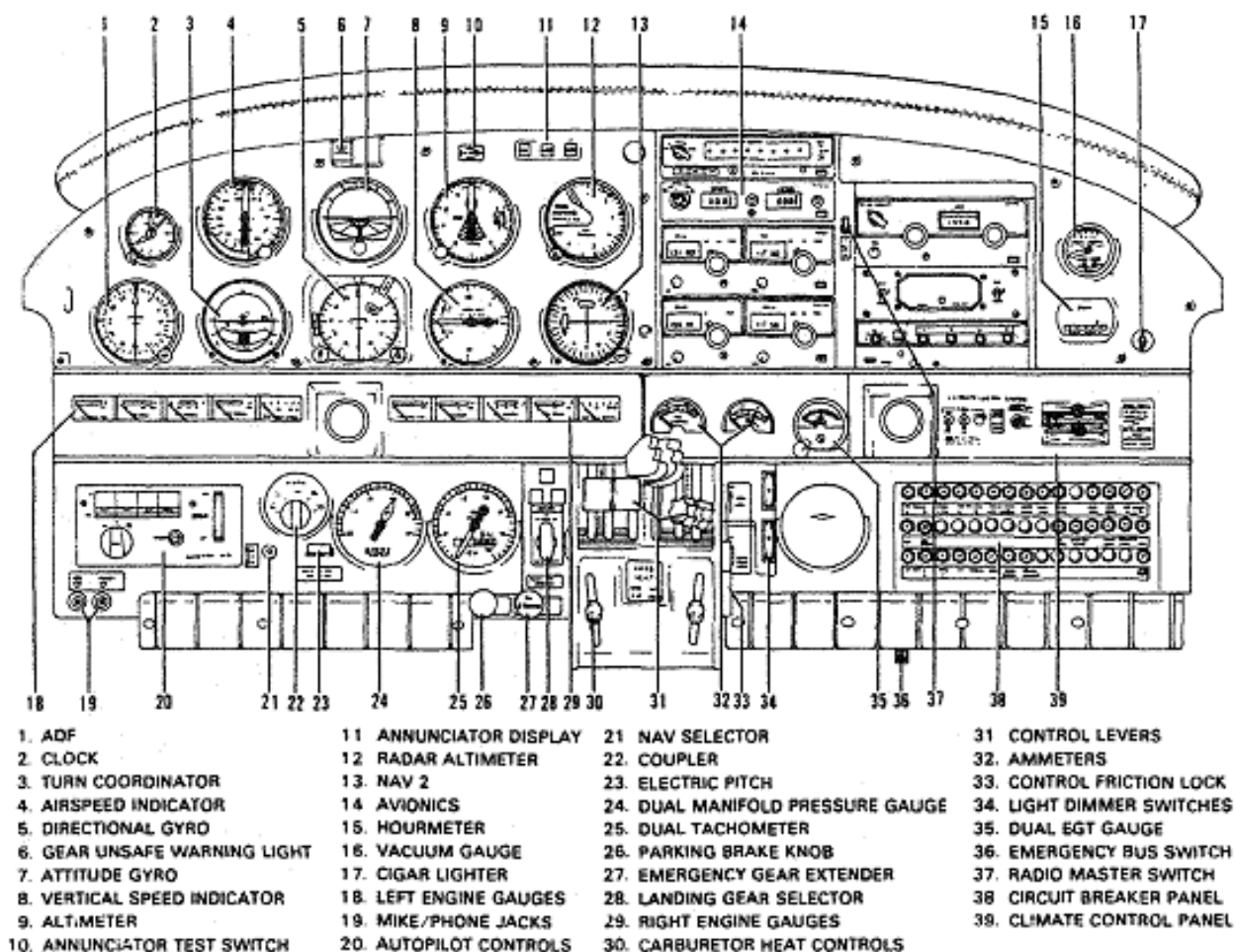
⁶ Tricikl tip podvozja – sastoji se od dvije glavne noge postavljene iza centra težišta i nosne noge ispred njega.

⁷ KIAS (*knots indicated airspeed*) – brzina indicirana na brzinomjeru unutar kokpita, a izražena u čvorovima, KT (NM/h)

2.4. Sustav upravljanja zrakoplovom i ploča s instrumentima

Komande za upravljanje zrakoplovo oko uzdužne, poprečne i vertikalne osi izvedene su dualno, tj. zrakoplovom se može jednako upravljati s pilotske kao i s kopilotske pozicije. Upravljačke površine pokreću se sustavom kablova i opruga. Krilca i kormilo dubine standardno su vezani na volan, čijim se zakretanjem lijevo i desno kontrolira valjanje zrakoplova (*roll*), a pokretima naprijed i nazad postavlja se uzdužni nagib (*pitch*). Kormilo pravca vezano je na pedale kojima se zrakoplov zakreće oko vertikalne osi (*yaw*). Trimeri kormila dubine, kormila pravca i četverostupanjska poluga za upravljanje zakrilcima smješteni su u centralnom dijelu kokpita, između pilotskog i kopilotskog sjedišta. Kada su zakrilca u potpunosti uvučena (0°), mogu se koristiti kao stepenica za ulazak u zrakoplov. U ostalim pozicijama izvučenosti zakrilca, na njih se ne smije oslanjati kako ne bi došlo do strukturalnog oštećenja. [3]

Pozicija zrakoplova u odnosu na horizont, kao i svi drugi parametri leta poput brzine, visine, vertikalne brzine, pravca leta, navigacijskih podataka i parametara rada pogonskog sustava, vidljivi su na instrumentima raspoređenim unutar kokpita kako je prikazano na **slici 3**.



Slika 3: Instrument panel PA-44, [3]

2.4. Operativna ograničenja zrakoplova

Kao i svaki zrakoplov, i PA-44 ima svoja operativna ograničenja u pogledu brzine, ograničenja pogonskog sustava, mase i pozicije težišta, tipa operacija, goriva, buke, i naravno, gravitacijskog opterećenja u određenim manevrima.

Ograničenja brzine leta jedna su od, ako ne i najvažnija ograničenja i njihovim se zanemarivanjem izravno utječe na sigurnost letenja. Na samom brzinomjeru unutar kokpita (slika 4) označene su kritične brzine i područja od najveće važnosti. Redom su to:

- crveni radijal (minimalna brzina kontrole s jednim motorom) 56 KT
- zeleni luk (normalan raspon operativnih brzina) 57 - 169 KT
- plavi radijal (brzina za najbolje penjanje s jednim motorom) 88 KT
- žuti luk (područje opreznosti, letjeti samo u mirnom vremenu) 169 – 202 KT
- crveni radijal (brzina koja se nikad ne smije prekoračiti) 202 KT
- bijeli luk (područje brzina s izvučenim zakrilcima) 55 – 111 KT



Slika 4: Brzinomjer zrakoplova PA-44, [4]

Ograničenja pogonske skupine također su predočena bojama unutar odgovarajućih instrumenata kako pilot ne bi trebao pamtit veliku količinu brojeva i kako bi mu se olakšalo očitavanje tijekom leta, naročito u izvanrednim situacijama. Ta su područja ograničenja prikazana u **tablici 2**.

Tablica 2: Ograničenja parametara pogonske skupine, Izvor: [3]

Instrument	Minimum	Zeleni luk	Žuti luk	Maksimum
Tahometar		500 – 2700 RPM ⁸		2700 RPM
Tlak ulja	25 PSI	60 – 90 PSI	25 – 60 - 100 PSI	100 PSI
Temperatura ulja		75° - 245°F		245°F
Tlak goriva	0.5 PSI	0.5 – 8 PSI		8 PSI
CHT ⁹		200° - 435°F		500°F
Promjer elise	72 in.			74 in.

Kako je i prije navedeno, ograničenje mase za pun avion iznosi 1723 kg, a u tom slučaju teret mora biti raspoređen kako bi centar mase bio između 2260 i 2362 mm (89 i 93 in.) od pozicije mjerenja. Manevarska brzina (dozvoljen puni otklon komandi) pri maksimalnoj masi zrakoplova iznosi 135 kt. Brzina krstarenja propisana je na 155 kt., a dolet je 1630 kilometara. Svi namjerni akrobatski manevri zabranjeni su, negativno opterećenje dakle nije dozvoljeno, dok maksimalno pozitivno G-opterećenje¹⁰ iznosi 3.8G. Zrakoplov je certificiran za sve operacije noću i danju u VFR¹¹ ili IFR uvjetima bez zaleđivanja. Maksimalna demonstrirana komponenta bočnog vjetra je 17 kt. Servisni plafon leta je 17100 ft., a na jednom motoru on iznosi 3800 ft. [3]

⁸ RPM (*revolutions per minute*) – broj okretaja u minuti

⁹ CHT (*Cylinder head temperature*) – indikator temperature glave cilindra

¹⁰ G-opterećenje: povećano gravitacijsko opterećenje uslijed ubrzanja ili kutne akceleracije u manevrima.

¹¹ VFR (*Visual flight rules*) – procedure za letenje u uvjetima dobre vidljivosti i vanjskih referenci

3. POGONSKI SUSTAV ZRAKOPLOVA PA-44

Pogonski sustav zrakoplova Piper PA-44 sastoji se od dva motora s dvokrakim propelerima i njihovim podsustavima (sustav dovoda zraka, sustav za podmazivanje, sustav napajanja gorivom, vakuumski i električni sustav). Jedan je pogonski par (gondola motora i spoj sa propelerom, uvodnik zraka, ispušna cijev i dodatni poklopac za hlađenje motora) prikazan na slici 5.



Slika 5: Pogonski sustav zrakoplova PA-44,[4]

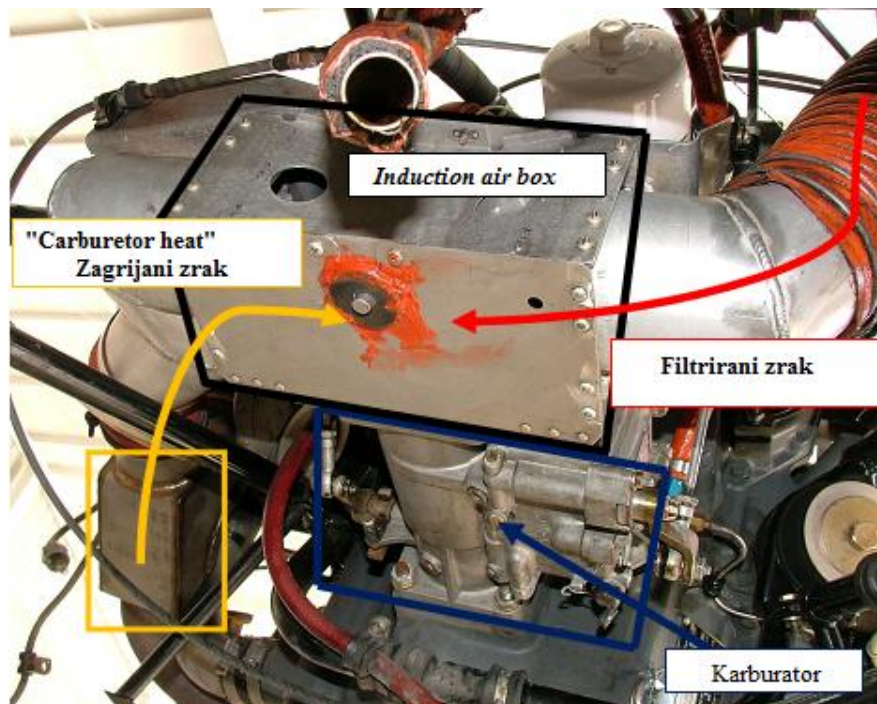
3.1. Motori i sustavi

Na zrakoplov su smještena dva Lycoming četverocilindrična O-360-A1H6 motora koja razvijaju 180 HP pri 2700 RPM-a. Motori su karburatorski, konfiguracije bokser, hlađeni zrakom, a na propeler su vezani direktno, bez reduktora. Desni motor, gledano iz kokpita, ima oznaku LO-360-A1H6 gdje slovo „L“ označava smjer rotacije u lijevu stranu. Broj 360 je oznaka zapremnine u kubičnim inčima što je, pretvoreno u SI sustav, oko 5900 kubičnih centimetara. Oznaka A1H6 odnosi se na proizvođačev naputak o opremi motora te vrsti propelera s kojim se taj motor uparuje. [2]

3.1.1. Sustav dovoda zraka

Prekidač kojim se odabire postavka ventila za vrstu zraka korištenu za izgaranje u cilindru ima dvije pozicije: *induction air* i *carburetor heat*. U normalnim uvjetima koristi se prva pozicija i tada vanjski zrak putuje kroz uvodnik na poklopcu motora kroz filter zraka prema karburatoru. U drugom slučaju filter zraka se zaobilazi i u karburator ulazi zrak koji se ugrijao od ispušnih plinova preko izmjenjivača topline. [2]

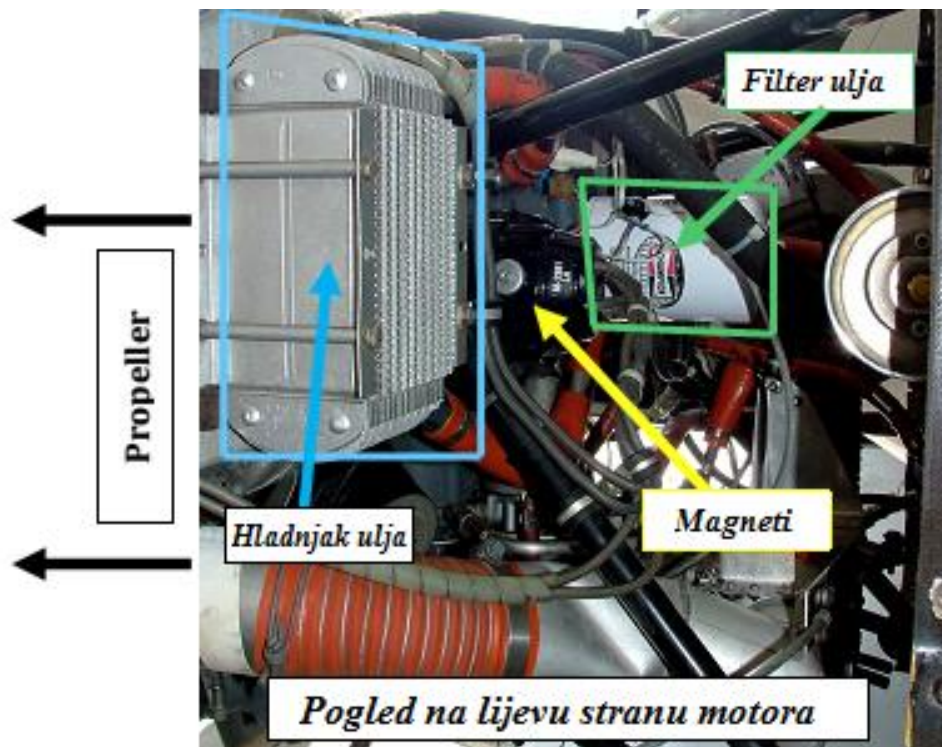
Grijanje karburatora uključuje se u uvjetima zaleđivanja ili otežanog rada motora kada se sumnja na probleme povezane s karburatorom. Tijekom operacija na zemlji grijanje karburatora ne smije biti uključeno kako u motor ne bi ušli kontaminanti s tla. **Slika 6** prikazuje sustav dovoda zraka do karburatora.



Slika 6: Dovod zraka u motor, Izvor: [2]

3.1.2. Sustav za podmazivanje

Sustav podmazivanja svakog motora ima maksimalni kapacitet od 7.6 l (8 quart)¹² ulja koje podmazuje sve pokretne dijelove motora. Minimalna količina za korištenje je 1.9 l (2 quart), ali se preporučuje barem 5.7 l (6 quart) za sigurno letenje, naročito u školstvu. [3] **Slika 7** prikazuje lijevu stranu motora gdje su vidljivi dijelovi sustava za podmazivanje (hladnjak ulja, filter i *bypass* sistem koji automatski usmjerava ulje kroz hladnjak ukoliko je ono previsoke temperature).



Slika 7: Dijelovi sustava za podmazivanje, Izvor: [2]

¹² 1 kvarat/1quart – američka mjerna jedinica za volumen, ¼ US. Galona, 0.95 litara

3.1.3. Sustav za napajanje gorivom

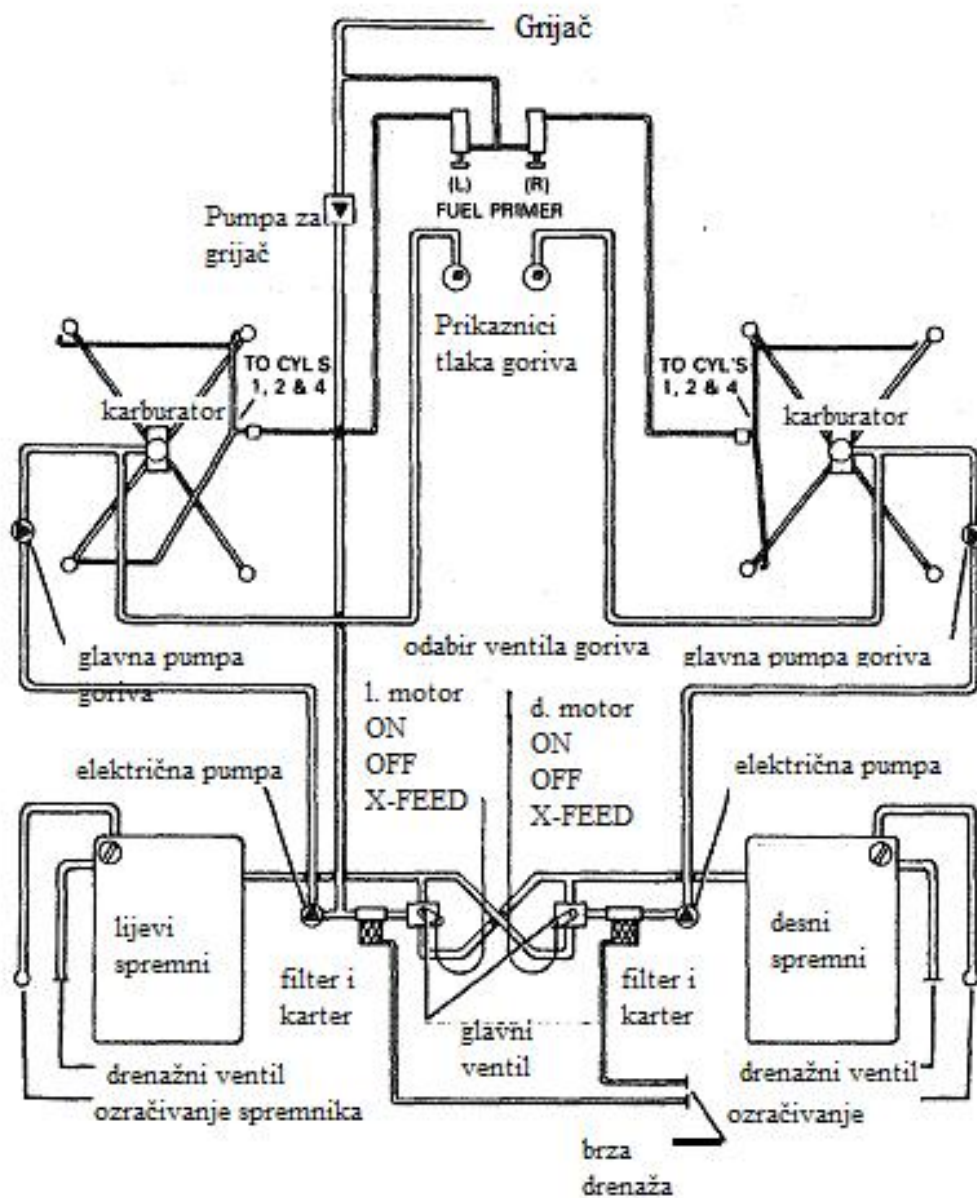
Gorivo zrakoplova pohranjeno je u 2 spremnika goriva kapaciteta 208 l (55 US.Gal.)¹³. Svaki se spremnik nalazi unutar gondole pojedinog motora. U svakoj se gondoli nalazi po 3.785 l (1 US.Gal.) neupotrebljivog goriva (gorivo zaostalo u vodovima i unutar motora) pa je ukupan kapacitet upotrebljivog goriva 408 l (108 US.Gal.). Gorivo koje se najčešće koristi je AVGAS 100LL (u Hrvatskoj) ili AVGAS 130LL, visokog oktanskog broja i niskog udjela olova. Gorivo se iz spremnika u motore dovodi dvjema motornim pumpama, a u slučaju otkaza glavnih motornih, postoje i dvije pomoćne gorivne pumpe koje su pokretane električno. Prekidači za pomoćne pumpe moraju biti uključeni tijekom polijetanja i slijetanja.[3] Uz glavne motorske i pomoćne pumpe, zrakoplov je opremljen i sa 2 ručne pumpe (*primera*) koja se koriste pri pokretanju motora te pumpom koja opskrbljuje sustav grijanja kabine.

Slika 8 prikazuje gorivnu shemu zrakoplova, a kontrole za upravljanje gorivom nalaze se između prednjih sjedišta unutar kabine. Svaki motor ima svoju polugu koje ima 3 pozicije: ON, OFF i X-FEED. U poziciji OFF, dovod goriva je isključen. Pozicija ON je normalna i u tom slučaju svaki motor crpi gorivo iz svog spremnika dok u poziciji X-FEED motor crpi gorivo iz spremnika na suprotnoj strani.

3.1.4. Vakuumski sustav

Vakuumski sustav sastoji se od jedne vakuumske pumpe po motoru, njihovih vodova do instrumenata i regulatora koji kontrolira da tlak zraka bude između 4.8 i 5.2 in.Hg. (prikazano na instrumentu *Suction gauge*). Pumpe su suhog tipa pa ne zahtijevaju separator zraka i ulja [3]. Zrak pogoni žiroskopske instrumente kao što su umjetni horizont, direkcionalni žiroskop i pokazivač skretanja i klizanja.

¹³ 1 US.Gal /galon - američka mjerna jedinica za volumen. 1 US.Gal. = 3.785 litara

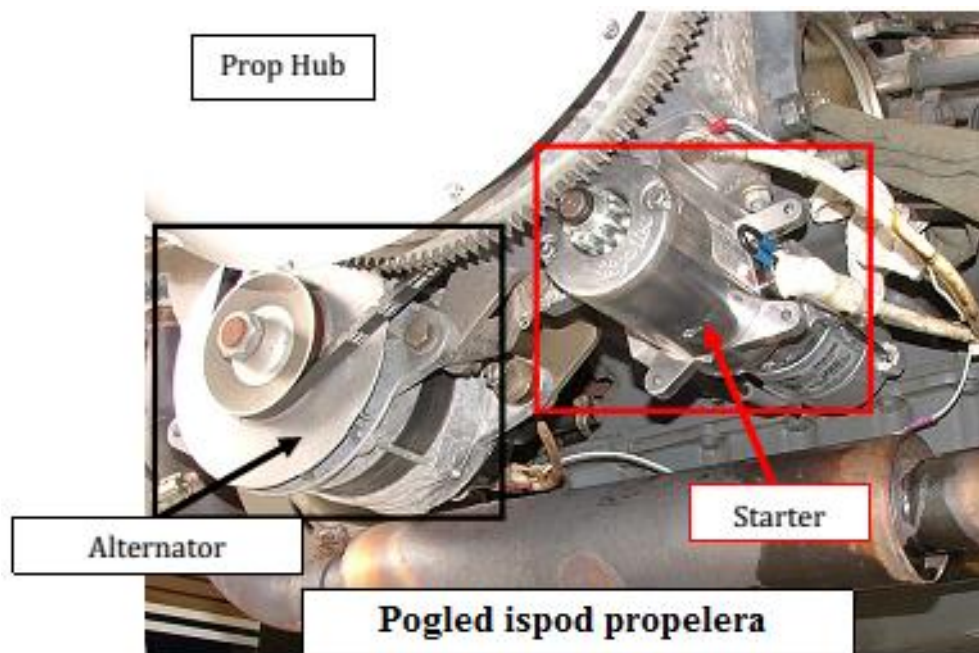


Slika 8: Shema sustava za napajanje gorivom, Izvor: [3]

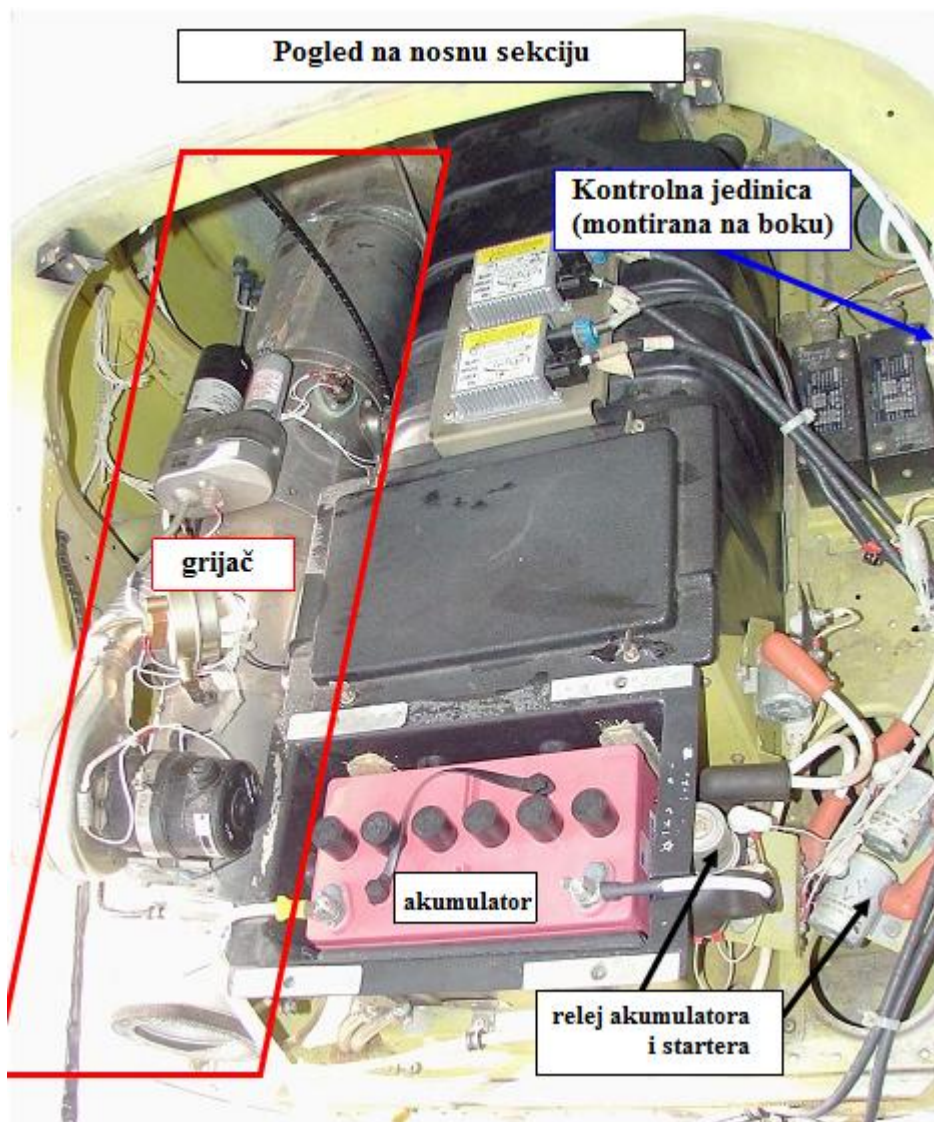
3.1.4. Električni sustav

Električna energija na zrakoplovu osigurana je pomoću dva alternatora jačine 60 A, svaki na jednom motoru, koji ujedno pune bateriju (akumulator) jačine 12 V i 35 Ah, a koja osigurava struju potrebnu za startanje i napaja električnu opremu kada motori zrakoplova ne rade. Svaki je alternator opremljen i kontrolnom jedinicom koja se sastoji od regulatora napona (održava napon od 14 V u sustavu) i prenaponskog releja koji isključuje alternator ukoliko izlazni napon prijeđe 17 V. [3]

Slika 9 prikazuje kako su starter i alternator vezani na propeler, a **slika 10** pogled na nosni odjeljak zrakoplova unutar kojeg je smješten akumulator.



Slika 9: Komponente električnog sustava PA-44, Izvor: [2]



Slika 10: Pogled na nosni odjeljak zrakoplova, Izvor: [2]

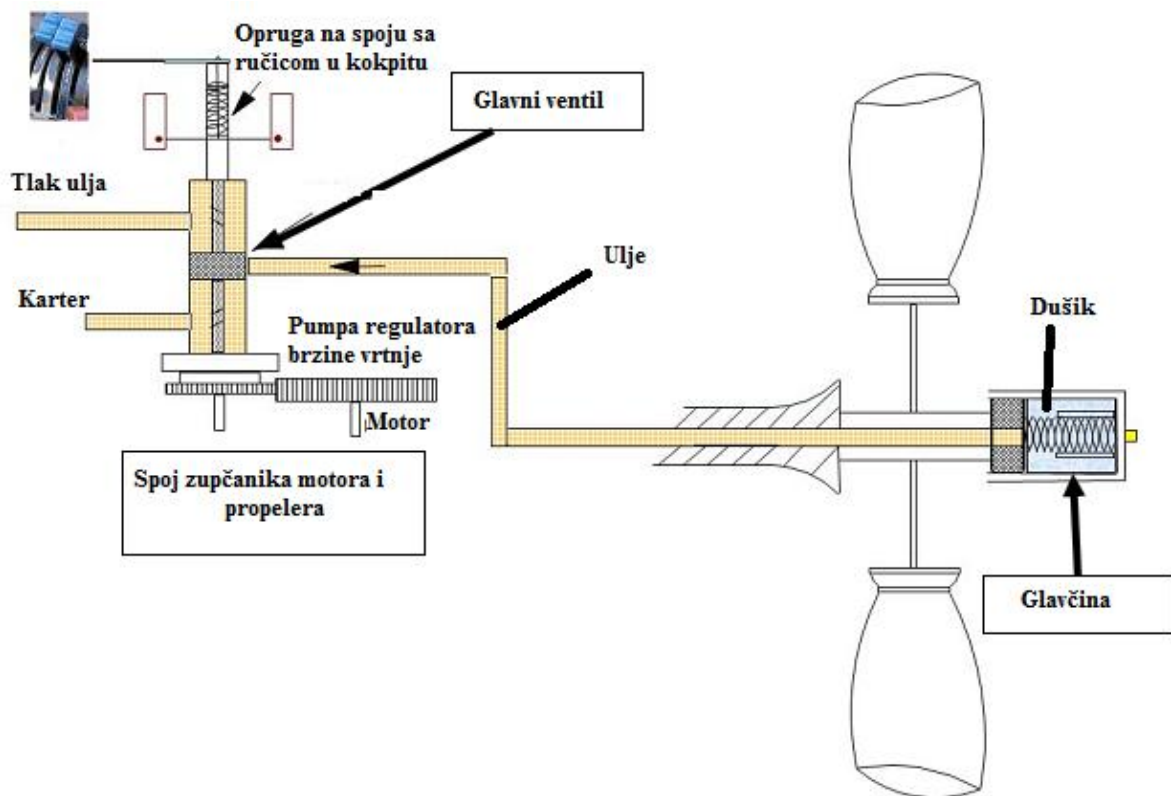
3.2. Propeleri

Standardno montirani propeleri na ovom zrakoplovu su Hartzell dvokraki propeleri konstantne brzine vrtnje, promjenjivog napadnog kuta s mogućnošću postavljanja elise u

položaj za jedrenje (*propeller feathering*)¹⁴. Propeler je na motor vezan direktno preko koljenastog vratila, bez reduktora. Za promjenu nagiba, odnosno napadnog kuta elise, koristi se tlak ulja i tlak dušika. Tlak ulja koristi se za pomicanje elise u poziciju visokog broja okretaja što se koristi primarno na polijetanju i slijetanju, a tlak dušika uz pomoć opruge vraća elisu u područje niskog broja okretaja (pozicija za jedrenje) i sprječava prevelik broj okretaja. Svaki je motor opremljen i regulatorom brzine vrtnje (*Propeller Governor*) koji pomoću tlaka ulja ujednačava moment opterećenja na elisi s momentom motora tako što automatski radi korekcije u pogledu napadnog kuta elise i održava zadanu brzinu vrtnje. [3]

Važno je napomenuti da u slučaju potrebe za postavljanjem elise u položaj za jedrenje pilot mora voditi računa da broj okretaja bude iznad 950 RPM budući da ta brzina vrtnje osigurava dovoljnu centrifugalnu silu i tlak ulja koji može elisu „zaključati“ u tom položaju.

Shematski prikaz dijelova za regulaciju napadnog kuta elise vidljiv je na **slici 11**.



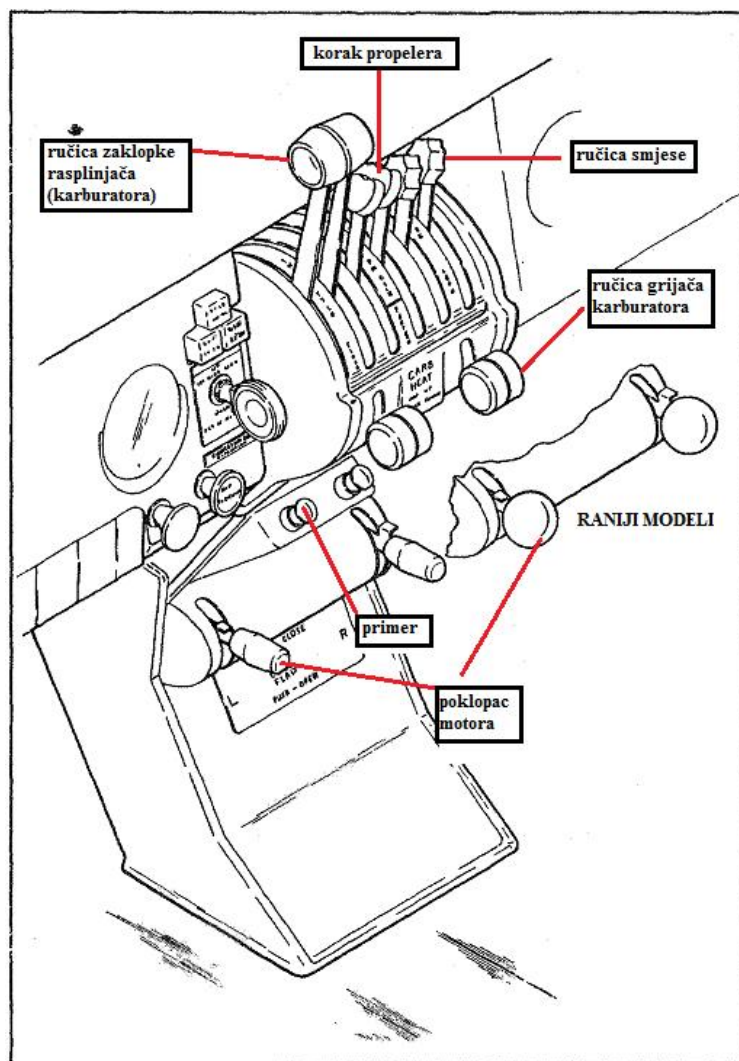
Slika 11: Dijelovi sustava za kontrolu napadnog kuta elise, Izvor: [2]

¹⁴ Federiranje elise/*propeller feathering* – postupak postavljanja elise na napadni kut koji osigurava najmanji otpor zraka pri letu s jednim radećim motorom. Taj se napadni kut naziva i položaj za jedrenje.

3.3. Upravljanje i instrumentacija pogonskog sustava

Upravljanje pogonskim sustavom zrakoplova obavlja se na centralnom kvadrantu koji je jednako dostupan pilotu i kopilotu (Slika 12) te pomoću panela s lijeve strane pilotskog sjedala gdje se nalaze prekidači magneta motora, startera, alternatora, baterije, gorivnih pumpi, grijača pitot-statičkog sustava i svjetala. Parametri rada motora prikazani su instrumentima koji su raspodijeljeni između pilotske i kopilotske pozicije.

Čelični kablovi koji spajaju ručice unutar kabine s dijelovima motora presvučeni su teflonskim premazom kako bi se smanjilo trenje i trošenje istih te povećala otpornost na visoke temperature. [3]



Slika 12: Centralni upravljački kvadrant, Izvor: [3]

Na centralnom upravljačkom panelu nalaze se redom:

1. Ručice zaklopki rasplinjača */throttle/* - služe za reguliranje snage (gasa) pomoću leptir zaklopki koje kontroliraju količinu zraka dovedenu unutar cilindra. Instrument koji pokazuje postavljenu snagu naziva se *MAP – Manifold Air Pressure*, ima dvije kazaljke, jednu za svaki motor i kalibriran je u inčima žive (in.Hg.). (Slika 13)

2. Korak elise */Prop lever/* – dvije ručice, jedna za svaki motor, kojima se regulira napadni kut elise propelera. U poziciji naprijed postavljen je tzv. mali korak (visoki okretaji) koji se koristi prvenstveno kod polijetanja i slijetanja; u poziciji nazad postavljen je tzv. veliki korak (niski okretaji) te pozicija *feather*. Ovaj parametar prikazan je na zasebnom instrumentu za svaki motor i naziva se *RPM – Revolutions Per Minute* te je kalibriran u stotinama okretaja. (Slika 14)

3. Regulacija smjese */mixture control/* - dvije ručice, jedna za svaki motor, kojima se regulira smjesa sagorijevanja, odnosno, omjer zraka i goriva koji dopijevaju u cilindre. U prednjim pozicijama povećava se količina goriva te se one koriste u kritičnim fazama leta, a u stražnjim pozicijama smanjuje se količina goriva što se koristi u letu na visini gdje je zrak rjeđi stoga je potrebno i manje goriva kako bi se održala optimalna mješavina zraka u odnosu na gorivo ($\lambda = 15$)¹⁵. Pravilno podešena mješavina kontrolira se preko temperature ispušnih plinova na instrumentu *EGT – Exhaust Gas Temperature* te je kalibriran u stupnjevima Fahrenheita. (Slika 15)

4. Poluge grijača karburatora */Carb heat/* - nalaze se odmah ispod gore navedenih ručica, a služe za uključivanje grijanja karburatora u slučajevima zaleđivanja ili otežanog rada motora.

5. Ručna crpka za gorivo */engine primer/* - dvije ručice, po jedna za svaki motor. Koriste se za lakše pokretanje motora tako što se smjesa ručno obogaćuje prije samog pokretanja ubrizgavanjem goriva u usisnu cijev. Kod pokretanja hladnog motora zrakoplova PA-44 u sastavu flote HZNS-a, preporučuje se pumpanje od 6 do 9 puta po motoru.

6. Poluga poklopca motora */cowl flaps/* - koriste se za dodatno hlađenje tako što omogućavaju otvaranje poklopca motora koji se nalazi s donje strane pojedine gondole.

¹⁵ Λ , λ (grč. lambda) – optimalna mješavina kreće se oko odnosa 15kg zraka na 1kg goriva



Slika 13:Instrument za mjerenje tlaka punjenja – MAP,[4]



Slika 14:Instrument za mjerenje broja okretaja – RPM,[4]



Slika 15:Instrument za mjerenje temperature ispušnih plinova – EGT,[4]

Ostali parametri rada motora poput temperature glave cilindra (*CHT – cylinder head temperature*), temperature i tlaka ulja i goriva te količine goriva u spremnicima pokazani su na slici 16.



Slika 16: Motorski instrumenti, [4]

4. NORMALNE OPERATIVNE PROCEDURE

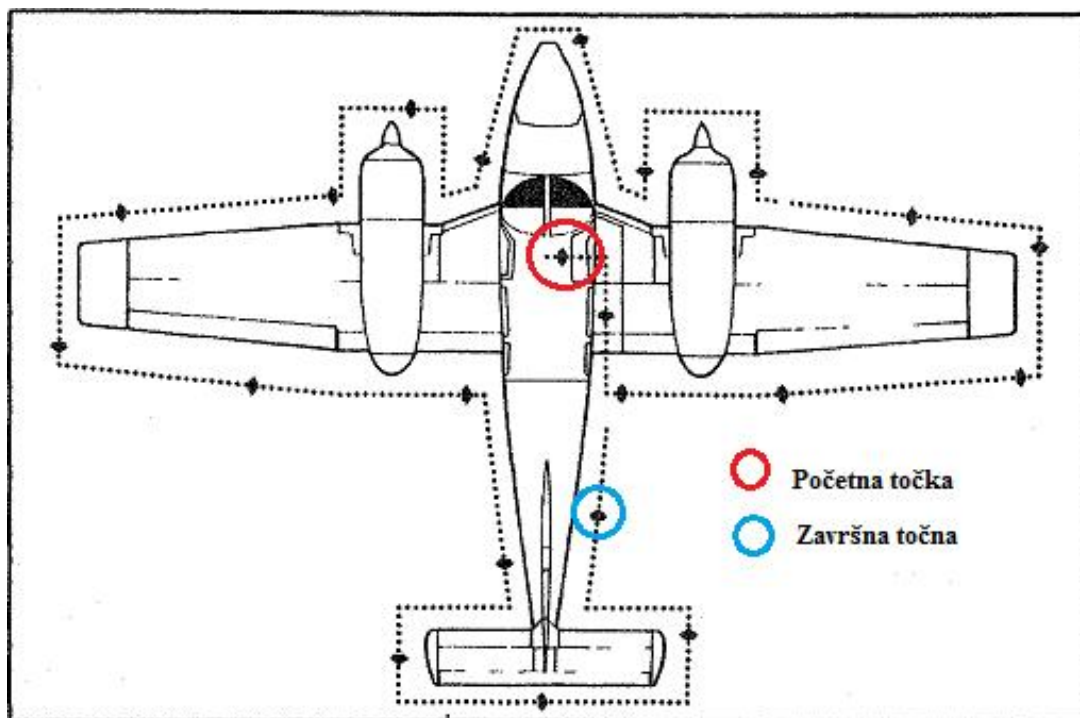
ZRAKOPLOVA PA-44

Normalne operativne procedure postupci su preporučeni od strane proizvođača zrakoplova, a govore pilotu na koji način se obavlja koja točka pripreme i vođenja zrakoplova kroz let. Skraćeni oblik u obliku lista provjera (*checklist*), kao i produženi oblik s detaljnim objašnjenjima kako se obavlja prepoletni pregled, pokretanje i zagrijavanje motora, polijetanje, penjanje, krstarenje, spuštanje i zaustavljanje rada motora, nalazi se u pilotskom priručniku (*POH – Pilot's Operating Handbook*)¹⁶ koji se obvezno mora nalaziti unutar samog zrakoplova za vrijeme leta. U normalne operativne procedure spadaju i neki neuobičajeni postupci poput pokretanja motora pri iznimno hladnim temperaturama, postupak ponovog prilaženja i slično.

4.1. Prepoletni pregled

Prepoletni pregled zrakoplova od velike je važnosti i mora se izvršiti prije svakog pojedinog leta. Uobičajeno se sastoji od nekoliko točaka i kružnog je tipa, početak je u kabini, a na svakoj se točki pregleda utvrđuje stanje zahtijevano od proizvođača (**Slika 17**). Prepoletni pregled ovog zrakoplova započinje u kabini gdje se obraća pažnja na poziciju prekidača podvozja koja mora biti DOWN, avionika isključena, glavni se prekidač pali kako bi se provjerila količina goriva za predstojeći let, drenira se pitot-statički sustav, a komande moraju biti slobodne. Po izlasku iz kabine kreće se na desno krilo zrakoplova gdje se drenira gorivo, vizualnim pregledom i potezom ruke provjerava se fizičko stanje krila, stajnog trapa, krilaca i zakrilaca, guma, a posebna se pažnja pridaje utvrđivanju stvarne razine goriva i ulja pomoću mjernih štapova. Elisa mora biti bez oštećenja, a rashladni poklopac motora otvoren. Preko nosne sekcije dolazi se do lijevog krila gdje ponavljamo postupak. Provjeravaju se još i upozorenja gubitka uzgona, antene, svjetla te repna sekcija i prtljažna vrata.

¹⁶ POH (*Pilot's Operating Handbook*) – priručnik koji uvijek mora biti u zrakoplovu, a služi pilotu za izračune performansi i pruža informacije o radu svih sustava te o procedurama potrebnim za siguran let.



Slika 17: Prikaz točaka prepoletnog pregleda, Izvor: [3]

4.2. Pokretanje motora

Pokretanje motora također se, kao i sve druge radnje, obavlja prema *checklisti* preporučenoj od strane proizvođača, a koja može biti nadograđena od strane odobrene organizacije za školovanje - ATO¹⁷.

Pokretanje započinje postavljanjem glavnog gorivnog ventila u poziciju ON, smjesa FULL RICH, ručica snage otvara se četvrtinu inča, a propeleri se postavljaju na mali korak. Tada se pali glavni prekidač (MASTER), električne pumpe goriva, magneti, ručnom se pumpom ubrizga gorivo u usisnu granu, pale se magneti, provjerava područje oko propelera i ukoliko je sve čisto – motor se pokreće prekidačem STARTER koji se nalazi na panelu lijevo od pilota. Snaga se zatim postavlja na 1000 RPM kako se hladan motor ne bi preopteretio i prati se tlak ulja koji mora porasti unutar 30 sekundi. Ukoliko do toga ne dođe, motor se obavezno zaustavlja. Pali se sklopka alternatora i kada se punjenje ustabili, procedura se ispočetka ponavlja za desni motor. Uobičajeno je da se prvo pali lijevi motor budući da se

¹⁷ ATO (*Approved Training Organisation*) – ovlaštena zrakoplovna organizacija koja udovoljava svim specificiranim zahtjevima za djelatnost osposobljavanja u zrakoplovstvu, sukladno ICAO i EASA propisima, odnosno posjeduje svjedodžbu sukladno regulativi civilnih vlasti nadležne države. [1]

ulazna vrata nalaze s desne strane pa je u slučaju izvanredne situacije izlazak neometan. Posebne procedure primjenjuju se u uvjetima veoma hladnog ili toplog vremena, startanja uz pomoć vanjskog priključka i slično, no zbog konciznosti rada, one nisu opisane.

4.3. Zagrijavanje motora

Nakon taksiranja do pozicije čekanja i provjeravanja gorivnih ventila (ON – XFEED), motor se prije polijetanja i najvećeg opterećenja mora pravilno dovesti na radnu temperaturu i još jednom provjeriti funkcionalnost svih sustava, naročito pogonskog. Propeler je još uvijek postavljen na mali korak, dodaje se snage do 1500 RPM. Provjerava se položaj elise za jedrenje, a dopušta se maksimalni pad od 500 RPM. Tada se snaga povećava na 2000 RPM i provjerava se regulator brzine vrtnje tako da se korak elise poveća, a zatim se dodavanjem snage očitava zadržava li mehanizam zadan broj okretaja. Vršiti se provjera magneta, izlazna snaga alternatora, vakuumski sustav, pale se gorivne pumpe, provjerava panel za upozorenja, podešavaju letni i navigacijski instrumenti, postavlja stupanj zakrilaca, provjerava puni otklon komandi i pilot javlja da je spreman za polijetanje.

4.4. Polijetanje i penjanje

Prije samog leta, tijekom pripreme za let, potrebno je izraditi plan leta, proučiti rutu, pripremiti potrebne karte te izračunati potrebnu duljinu za polijetanje s obzirom na trenutne vremenske uvjete i stanje zrakoplova. Ti se izračuni vrše preko grafikona osiguranih od strane proizvođača koji se nalaze u POH-u. Primjeri izračuna potrebne duljine za zalet, performansa penjanja i potrebnog goriva, vremena i udaljenosti za penjanje na visinu prikazani su u **grafikonima 1, 2 i 3.**

Kod polijetanja zrakoplov prvo izlazi na USS¹⁸ i još se jednom provjeravaju parametri rada motora. Tijekom školovanja u HZNS-u uobičajeno se polijetanje izvodi s postavkom zakrilaca na prvi stupanj (10°), što pruža optimalan odnos povećanja uzgona i otpora za

¹⁸ USS – uzletno-sletna staza

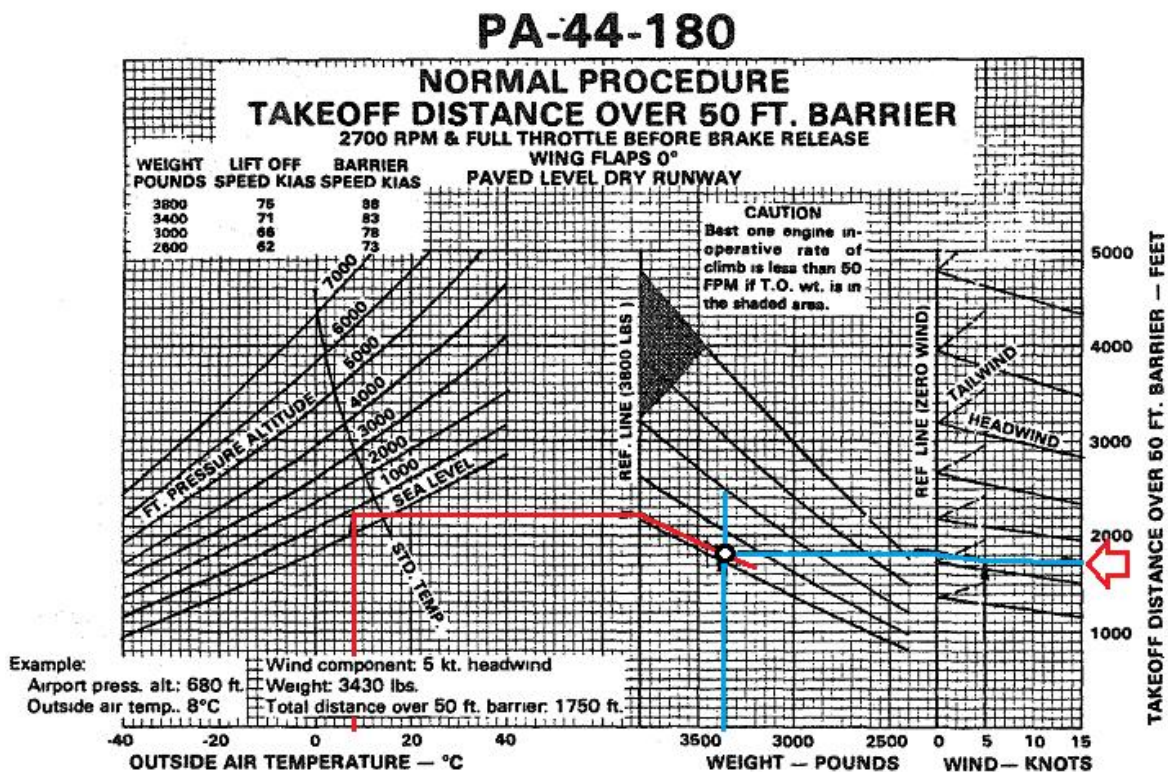
polijetanje. Postavka snage postavlja se na maksimum i prati se prirast brzine uz propisane *call-out*¹⁹. Pri brzini od 75 kt. počinje rotacija laganim povlačenjem komandi na sebe i odvajanje od tla. Zadržava se pravac leta, uvlači se podvozje i penje se s minimalnom brzinom od 88 kt. Na sigurnoj visini od 400 ft. iznad aerodroma započinje promjena režima iz polijetanja u penjanje na visinu. Povećava se brzina penjanja smanjenjem napadnog kuta, smanjuje se snaga na 25 in.Hg. punjenja (MAP), a RPM se korakom propelera postavlja na 2500. Zakrilca se uvlače, gasi se svjetlo za polijetanje i slijetanje, električna pumpa za gorivo i penje se na zadanu/odobrenu visinu. Pozicije motornih komandi kod polijetanja i penjanja prikazani su na slikama 18 i 19.

- Početni uvjeti za sve izračune su:

1. Nadmorska visina aerodroma 680 ft.
2. Temperatura zraka 8°C
3. Komponenta vjetra 5 kt čeon
4. Masa zrakoplova 3430 lbs.

a) Primjer izračuna potrebne duljine za polijetanje:

Računa se udaljenost od početka polijetanja do visine od 50 ft., tzv. *screen-height*.



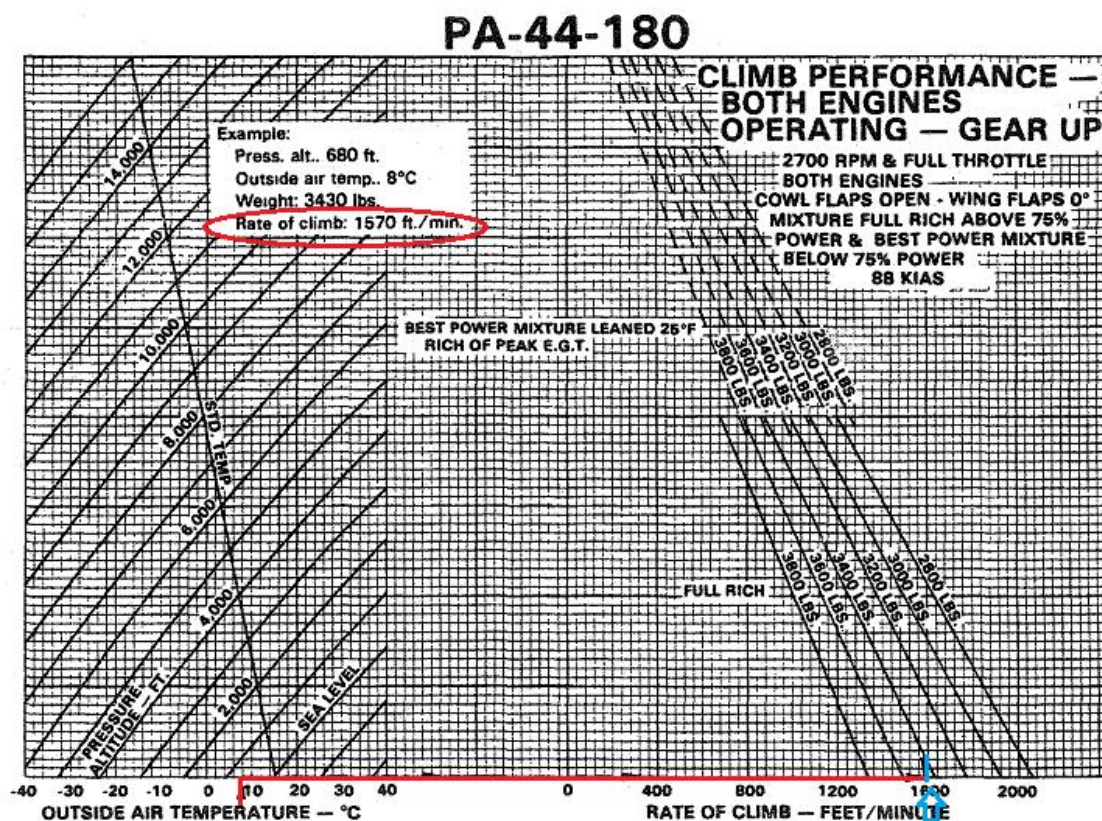
Grafikon 1: Izračun potrebne duljine za polijetanje i nadvišavanje prepreke od 50ft.,Izvor: [3]

¹⁹ *Call-out* - kratka i sažeta razmjena informacija između pilota i kopilota tijekom određenih faza leta kojima se provjerava budnost i koncentracija kolege u kokpitu.

Postupak:

U grafikon se ulazi na donjoj lijevoj strani s temperaturom zraka na aerodromu, 8°C. Linija se vuče okomito na gore do zamišljene krivulje koja predstavlja nadmorsku visinu aerodroma, 680 ft. Od sjecišta tih dviju linija nastavlja se vodoravno udesno do referentne linije od koje se, prateći odnos, spušta do sjecišta s masom zrakoplova, u ovom slučaju 3430 lbs. Od te točke nastavlja se dalje vodoravno udesno do nove referentne linije od koje se spušta do sjecišta sa čeonom komponentom vjeta od 5 kt. Linije se povlači do krajnjeg desnog ruba grafikona gdje se očitava vrijednost od 1750 ft. i to je duljina potrebna za zalet i nadvišavanje prepreke od 50 ft. nakon polijetanja. Postupak se ponavlja na ostalim grafikonima, napreduje se s lijeva na desno.

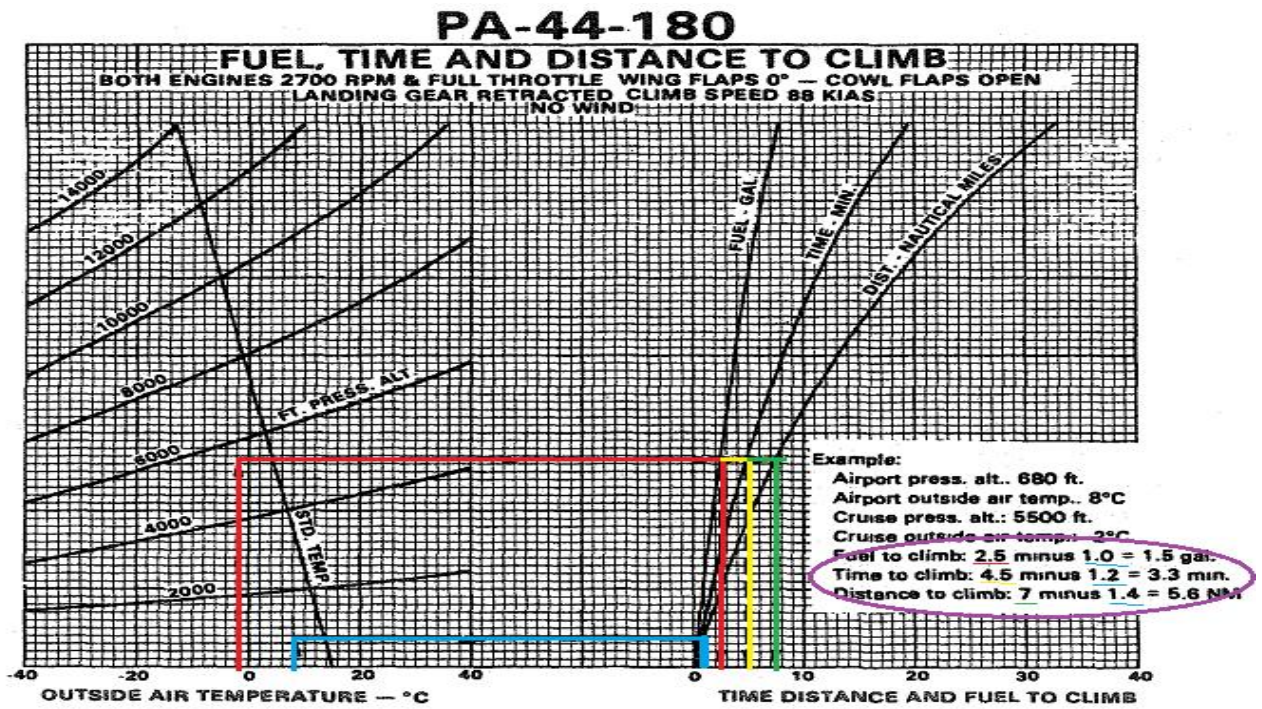
b) Primjer izračuna performansi penjanja



Grafikon 2: Izračun performansi penjanja izražene u ROC²⁰, Izvor: [3]

²⁰ ROC (*Rate of Climb*)/brzina penjanja – parametar prikazan na instrumentu „Variometar“ koji je kalibriran u ft./min.

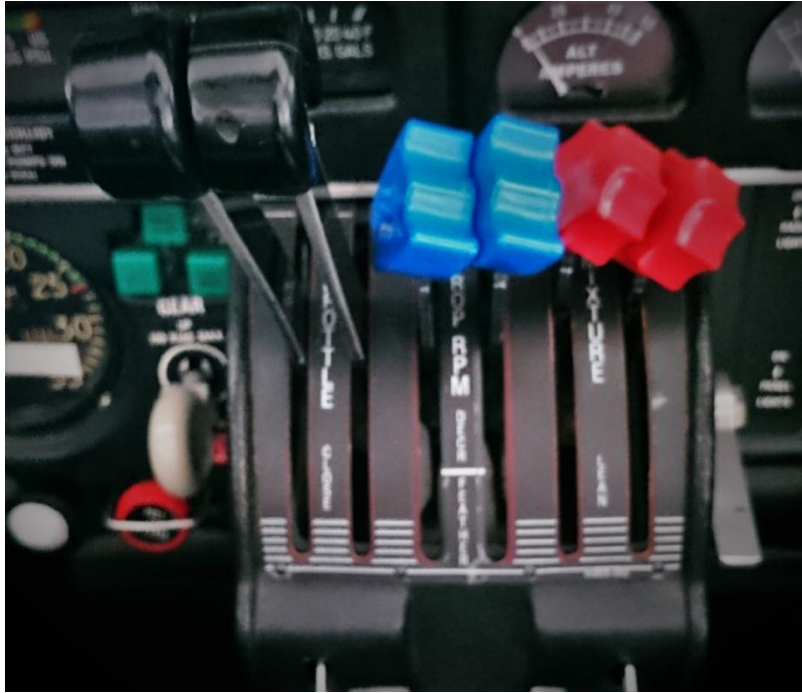
c) Primjer izračuna potrebnog vremena, goriva i udaljenosti za penjanje



Grafikon 3: Izračun vremena, goriva i udaljenosti do zadane visine, Izvor: [3]



Slika 18: Položaj komandi na polijetanju, [4]



Slika 19: Položaj komandi kod penjanja (smjesa bogata), [4]

4.5. Krstarenje

Krstarenje je faza leta u kojoj je zrakoplov dosegao zadanu visinu te leti prema planiranoj ruti. Zbog ekonomičnosti se u ovoj fazi leta smanjuje snaga i povećava korak propelera, a smjesa se osiromašuje. Kod planiranja leta na zemlji, pilot odlučuje kojom brzinom želi krstariti, koliko goriva ima na raspolaganju za tu fazu i za koliko vremena želi stići na odredište. U **tablici 3** (*fuel and power chart*) prikazani su odnosi između visine leta, temperature zraka, broja okretaja propelera i tlaka punjenja, čijim se kombinacijama, ovisno o potrebama, dolazi do željenih performansi i iščitava se potrošnja goriva te snaga motora u postocima za navedene postavke. Kada pilot odredi željenu performansu, iz te se tablice sa podatkom o snazi motora ulazi u **grafikon 4** gdje se iz takve postavke snage iščitava vrijednost prave brzine zrakoplova s obzirom na temperaturu na visini. S raznim postavkama snage mijenja se, dakako, i potrošnja goriva pa su i istrajnost leta i dolet parametri o kojima treba voditi računa.

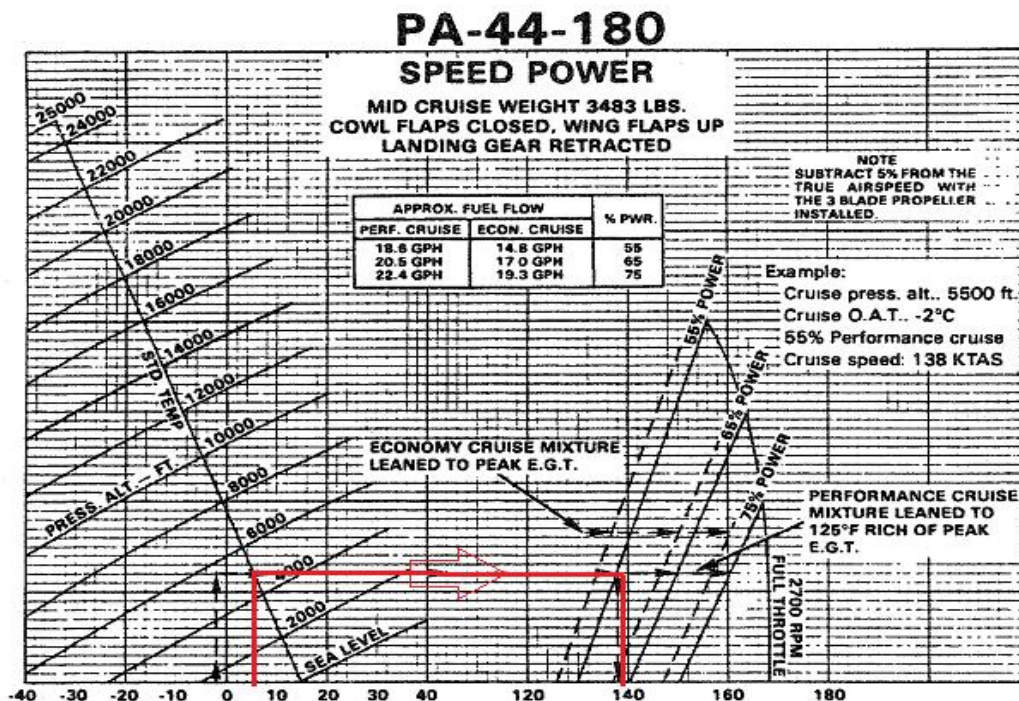
- Primjer izračuna parametara krstarenja, uvjeti:

1. Visina krstarenja 5000 ft.
 2. Temperatura na visini 5°C (ISA²¹)
 3. Željena potrošnja 9.3 Gal./Hr.
- REZULTAT: brzina krstarenja 140 kt.**

Tablica 3: Tablica za postavljanje snage (Power Setting Table) s obzirom na uvjete leta, Izvor: [3]

FUEL AND POWER CHART - LYCOMING (L) O-360-E SERIES (PER ENGINE)

Press. Alt. Feet	Std. Alt. Temp. °C	99 BHP - 55% Rated Power Approx. Fuel Flow-9.3 Gal/Hr. RPM AND MAN. PRESS.				117 BHP - 65% Rated Power Approx. Fuel Flow-10.3 Gal/Hr. RPM AND MAN. PRESS.				135 BHP - 75% Rated Power Approx. Fuel Flow-11.2 Gal/Hr. RPM AND MAN. PRESS.			Press. Alt. Feet
		2100	2200	2300	2400	2100	2200	2300	2400	2200	2300	2400	
SL	15	22.2	21.7	21.2	20.7	24.5	24.0	23.4	22.9	26.4	25.8	25.2	SL
1000	13	21.9	21.4	21.0	20.4	24.2	23.7	23.1	22.6	26.1	25.5	24.9	1000
2000	11	21.6	21.1	20.7	20.2	23.9	23.4	22.9	22.3	25.8	25.2	24.6	2000
3000	9	21.3	20.8	20.4	19.9	23.6	23.1	22.6	22.1	25.4	24.9	24.4	3000
4000	7	21.0	20.6	20.1	19.7	23.2	22.7	22.3	21.8	FT	24.7	24.1	4000
5000	5	20.8	20.3	19.9	19.4	22.9	22.4	22.0	21.5	—	FT	23.8	5000
6000	3	20.5	20.2	19.6	19.2	22.6	22.1	21.7	21.3	—	—	FT	6000
7000	1	20.2	19.7	19.3	18.9	FT	21.8	21.5	21.0	—	—	—	7000
8000	-1	19.9	19.5	19.1	18.6	—	FT	21.2	20.7	—	—	—	8000
9000	-3	19.6	19.2	18.8	18.4	—	—	FT	20.5	—	—	—	9000
10,000	-5	19.3	18.9	18.5	18.1	—	—	—	FT	—	—	—	10,000
11,000	-7	FT	18.6	18.3	17.9	—	—	—	—	—	—	—	11,000
12,000	-9	—	FT	18.0	17.6	—	—	—	—	—	—	—	12,000
13,000	-11	—	—	FT	17.4	—	—	—	—	—	—	—	13,000
14,000	-13	—	—	—	FT	—	—	—	—	—	—	—	14,000



Grafikon 4: Prikaz brzine krstarenja s obzirom na visinu i željenu snagu, Izvor: [3]

²¹ ISA (International Standard Atmosphere) – standardizirani atmosferski model koji prikazuje kako se tlak, temperatura, gustoća, itd., mijenjaju s promjenom nadmorske visine.

Na **slici 20** prikazan je položaj komandi pogonskog sustava tipičan za krstarenje. Tlak punjenja (MAP) postavlja se na 21 in.Hg., a broj okretaja motora na 2100 RPM. Smjesa se osiromašuje i prati se rast temperature ispušnih plinova. Nakon što dosegne vrhunac, temperatura počne padati i na toj se poziciji, malo ispod maksimuma, nalazi optimum.



Slika 20: Pozicija komandi tijekom krstarenja, [4]

4.6. Slijetanje i zaustavljanje rada motora

Prije samog slijetanja potrebno je odraditi spuštanje na određenu visinu s koje se nastavlja u postupak slijetanja. Provjeravaju se visinomjeri i postavka QNH/QNE²², zatvaraju se poklopci za hlađenje motora, korak je mali, a snaga ovisno o željenoj brzini. Smjesa zraka i goriva konstantno se mora obogaćivati kako smanjujemo visinu zbog sve veće gustoće zraka. Veoma je bitno i da se ručica snage pomiče lagano kako ne bi došlo do strukturalnih oštećenja motora uslijed naglih promjena temperature. Postavka komandi pogonske grupe tijekom spuštanja i slijetanja prikazana je na **slici 21**.

Na određenoj visini iznad destinacije započinje faza prilaza i slijetanja. Provjerava se otvorenost ventila za gorivo, pale se električne gorivne pumpe, a ručice propelera i smjese postavljaju se na mali korak i FULL RICH. Prilazna brzina mora biti adekvatna kako ne bi došlo do sloma uzgona u kritičnoj fazi leta, a također se mora paziti na maksimalne

²² QNH – postavka tlaka zraka na visinomjeru kako bi on prikazivao nadmorsku visinu

QNE – standardna postavka od 1013 hPa, visinomjer pokazuje razine leta, koristi se iznad prijelazne visine

Nakon slijetanja, izlazi se sa staze i tijekom voženja od piste do pozicije za parkiranje zakrilca se uvlače, otvaraju se poklopci za hlađenje motora, gasi se grijanje karburatora ako je prethodno upaljeno i gasi se električna pumpa za gorivo. Na parkirnoj poziciji započinje procedura zaustavljanja rada motora: gase se radio-navigacijski uređaji i sva avionika, ručice snage i smjese postavljaju se u krajnji stražnji položaj (**slika 22**) kako bi se zaustavio motor te se naposljetku gase magneti i glavni prekidač MASTER.



Slika 22: Postavka komandi za zaustavljanje rada motora, [4]

5. POSTUPCI U NUŽDI ZRAKOPLOVA PA-44

U ovom poglavlju obradit će se postupci u nuždi i izvanrednim situacijama koje su direktno vezane za pogonsku skupinu zrakoplova. Ostale situacije, zbog konciznosti, nisu opisane.

5.1. Prestanak rada motora

Prestanak rada jednog ili oba motora (otkaz) jedna je od, ako ne i najteža izvanredna situacija i direktno utječe na sigurnost letenja te se mora u najkraćem roku pokušati sanirati i osposobiti zrakoplov za daljnji nastavak leta i prisilno slijetanje.

5.1.1. Izolacija motora – postavljanje elise u položaj za jedrenje

Ukoliko pilot osjeti nagli gubitak vučne sile i nos zrakoplova oštro zakrene u jednu stranu – gotovo je sigurno da se radi o otkazu jednog motora. Primarni postupak je zadržati minimalnu brzinu kontrole zrakoplova od 56 kt., sve ručice komandi motora postaviti u krajnji prednji položaj (snaga, korak i smjesa), provjeriti da je glavni gorivni ventil u poziciji ON, uvući podvozje i zakrilca (ukoliko su izvučena, provjeriti) te sa stopostotnom sigurnošću utvrditi o kojem se motoru radi. Kako bi to provjerili potrebno je smanjiti snagu na motoru na kojeg se sumnja i vidjeti ima li promjene po pravcu leta. Ako smo smanjili snagu na motoru u otkazu dalje je potrebno korak elise postaviti u položaj za jedrenje i to učiniti u kratkom roku kako broj okretaja ne bi pao ispod 950 RPM jer u tom slučaju postavljanje elise u položaj za jedrenje više nije moguće. Ručica smjese postavlja se u položaj IDLE CUT-OFF i motor se u potpunosti gasi (**Slika 23**). Zrakoplov se trima prema radećem motoru kako bi osigurao manevarski prostor. Izolacija motora nastavlja se gašenjem gorivnih pumpi, magneta, zatvaranjem poklopca motora i smanjenjem električnog opterećenja avionike. Gorivni ventil ugašenog motora postavlja se na OFF i treba se razmotriti korištenje pozicije X-FEED kako bi

se spremnici goriva praznili ravnomjerno. Postupak ponovnog pokretanja motora, nakon mehaničkog kvara ili požara u zraku, u pravilu se ne izvodi.



Slika 23: Pozicija komandi pogonskog sustava u slučaju otkaza lijevog motora, [4]

5.1.2. Otkaz motora na polijetanju

Otkaz motora na polijetanju razmatra se u dva slučaja – otkaz tijekom zatrčavanja prije rotacije i otkaz nakon uzleta. Postupak i ishod u obje situacije uvelike ovisi o duljini preostale piste koja se može iskoristiti za zaustavljanje i slijetanje te o okolnom terenu i površinama ograničenja prepreka.

a) Prije dostizanja 75 kt.

Ukoliko do otkaza jednog ili oba motora dođe na polijetanju, a zrakoplov još nije postigao brzinu rotacije od 75 kt., obavezno je oduzimanje snage na oba motora i kočenjem ovisno o duljini preostale USS-e sigurno zaustaviti zrakoplov. Ako preostala duljina piste nije dovoljna za zaustavljanje snaga se oduzima, koči se maksimalno, a glavni prekidač MASTER i ventil za gorivo postavljaju se u položaj OFF pokušavajući pritom izbjeći prepreke.

b) Nakon dostizanja 75 kt.

Ako je nakon rotacije, a sa još uvijek spuštenim podvozjem preostalo dovoljno piste kod otkaza motora, snaga se oduzima i slijeće se na pistu. Kod nedovoljne duljine piste može se sletjeti van nje ili nastaviti let pokušavajući zadržati pravac, uvući podvozje čim je uočeno penjanje minimalnom brzinom od 88kt i provesti postupak postavljanja elise na nož kako bi se avion sigurno prizemljilo na USS.

5.1.3. Otkaz tijekom leta

Ukoliko do otkaza dođe u normalnim uvjetima leta tada se primjenjuje postupak postavljanja elise u položaj za jedrenje i prinudno slijetanje na destinacijski ili alternativni aerodrom ako je moguće. Ako do otkaza dođe u letu pri brzini ispod 56 kt. koja je propisana kao minimalna brzina pri kojoj je uporaba aerodinamičkih površina efektivna, treba pokušati dostići tu brzinu. Kormilo pravca otkloniti potpuno u stranu radećeg motora, oduzeti snagu na oba motora da se zaustavi skretanje, spustiti nos zrakoplova, dozvoliti povećanje brzine i postupno povećavati snagu.

5.1.4. Slijetanje s jednim motorom u otkazu

Odmah po otkazu potrebno je motor izolirati i elisu postaviti u položaj najmanjeg otpora. Tek kada je pilot siguran da će uspjeti dohvatiti pistu, spušta se podvozje. Zakrilca se postavljaju ovisno o trenutnim uvjetima (preporučljivo 25°), a minimalna brzina prilaza trebala bi biti 90 kt.

Ukoliko slijetanje ipak nije moguće pilot treba inicirati postupak *go-around*²³ na jednom motoru što je izuzetno opasno i treba se izbjegavati ukoliko je ikako moguće. Tada se smjesa, korak i snaga postavljaju u maksimalnu poziciju, čim prije se prelazi u penjanje i čisti se konfiguracija (podvozje, zakrilca). Uspostavlja se najbolja brzina penjanja na jednom motoru (88 kt.) i održava se pravac leta.

²³ *Go-around* – postupak prekinutog slijetanja kojim se prelazi u penjanje i ponovni prilaz za slijetanje ukoliko prvi pokušaj slijetanja nije bio uspješan [5]

5.2. Požar motora

U POH-u se navode dvije karakteristične situacije požara – požar motora na zemlji i požar motora u letu. Iako je požar klipnog motora u letu malo vjerojatan, on je moguć. U obje situacije, postupak je logičan – zaustavlja se dovod goriva i vatra se odvodi od kokpita.

a) Požar motora na zemlji

Ako dođe do požara motora na zemlji, ručica smjese postavlja se u poziciju IDLE CUT-OFF, snaga se postavlja na maksimum i nastavlja se startati motor kako bi se plamen uvukao u cilindre i ugasio. Nakon toga se glavni gorivni ventil postavlja u poziciju OFF, a ukoliko je potrebno upotrebljava se i vanjski aparat za gašenje požara.

b) Požar motora u letu

Kod požara motora u letu na zahvaćenom se motoru odmah gasi dovod goriva (ventil u poziciju OFF), oduzima se snaga, a elisa se postavlja u položaj za jedrenje. Ručica smjese postavlja se na IDLE CUT-OFF, a poklopac za hlađenje motora se otvara. Ukoliko teren dozvoljava, potrebno je sigurno sletjeti čim je prije moguće.

5.3. Preveliki broj okretaja propelera

Ako broj okretaja propelera prijeđe crveni radijal od 2700 RPM potrebno je odmah oduzeti snagu, provjeriti tlak ulja i povećati korak propelera (smanjiti RPM). Ako ga je moguće kontrolirati tada ponovo podesiti korak, smanjiti brzinu leta i kontrolirati snagu tako da broj okretaja ponovo ne poraste preko dozvoljene granice.

6. EKSPLOATACIJA MOTORA U PROGRAMU ŠKOLOVANJA PILOTA NA PRIMJERU PRAKSE U HZNS-u

Tijekom školovanja, student-pilot se sa zrakoplovom PA-44, u praktičnom smislu, ne susreće sve do završne faze svoje obuke. Do tog trenutka, obuka se provodi na zrakoplovima Cessna 172 i 172R, zrakoplovima Diamond Katana DV-20 i DA-20 te na FNPT²⁴ trenažerima leta. Kroz cijeli proces školovanja, studenta-pilota tekstualno kroz prikaze i objašnjenja pojedinih vježbi i principa rada vodi „Integrirani ATP(A) program osposobljavanja“ [6], priručnik HZNS-a u kojem su detaljno raščlanjeni svi uvjeti i ciljevi školovanja, program školovanja, tijek i sadržaj školovanja, organizacija letačkog osoblja, potrebna dokumentacija, podjela odgovornosti i potrebne provjere napredovanja kako bi se studenta sigurno i učinkovito dovelo do željene dozvole.

Letenje na zrakoplovu PA-44 dio je četvrte faze obuke (zajedno sa kompletnim SE i ME²⁵ IFR školovanjem, letenjem noću i provjerama napredovanja), a kroz sedam vježbi i tri provjere, student na zrakoplovu ukupno ostvari 13:30h naleta. Zrakoplov PA-44 se zbog mogućnosti uvlačenja podvozja i mogućnosti promjene koraka elise ubraja u kompleksne zrakoplova, a obuka na PA-44 u HZNS-ovom programu osposobljavanja podijeljena je na VFR i IFR sekciju. VFR obuka obuhvaća pet vježbi u kojima se leti u zoni ili školskom krugu te se uvježbava tehnika pilotiranja sa oba radeća ili jednim neradećim motorom, uz mogućnost izvanrednih situacija. IFR obuka sastoji se od dvije vježbe, a to su instrumentalni višemotorni prilazi i letenje na ruti noću. [6]

²⁴ FNPT trenažer (*Flight Navigation Procedure Training*) – sintetički je trenažer koji pruža korisniku realan izgled kokpita na kojem se, uz pomoć projekcije okoline, uvježbavaju zrakoplovne procedure i navigacijsko letenje. Za razliku od simulatora leta, trenažer ne pruža simulaciju gibanja zrakoplova, već je statičan.

²⁵ SE/ME (*Single engine/Multi engine*) – jednomotorno ili višemotorno letenje

6.1. VFR obuka na zrakoplovu PA-44

6.1.1. Vježba V-29: ME VFR zona

Tablica 4: Zadaća i elementi vježbe V-29, Izvor: [6]

Zadaća vježbe:	Savladavanje tehnike pilotiranja višemotornim avionom u uvjetima VFR, korištenjem normalnih procedura
Elementi vježbe:	- startanje, voženje, polijetanje, penjanje, horizontalni let - horizontalni zaokret do 30° nagiba (blagi zaokret) - horizontalni zaokret do 45° nagiba (oštri zaokret) - prevlačenje bez snage - prevlačenje sa snagom - let na maloj brzini - ulazak i formiranje školskog kruga - prilaz i slijetanje, voženje, zaustavljanje rada motora

U četvrtom poglavlju „4. Normalne operativne procedure zrakoplova PA-44“ opisane su postavke punjenja (*MAP*) i brzine vrtnje motora (*RPM*) za pravocrtno penjanje, krstarenje i spuštanje zrakoplova. U ovom se poglavlju, uz opisani pravocrtni let, pojavljuju i neki novi elementi, a to su blagi i oštri zaokret, prevlačenje sa i bez snage i let na maloj brzini. Također, spominje se i pojam školskog kruga, koji je u ovom poglavlju detaljno raščlanjen.

Zaokreti: U VFR letenju razlikuju se dva tipa zaokreta. To su blagi zaokret koji se radi do nagiba od 30° te oštri zaokret koji se radi do nagiba 45° ili 60° ovisno o tipu zrakoplova i izvođene vježbe. Svaki bi zaokret u zrakoplovstvu trebao biti koordinirani zaokret. Taj pojam podrazumijeva vođenje zrakoplova po zamišljenoj zakrivljenoj putanji bez klizanja zrakoplova, a izvodi se simultanim pokretima volana i pedala kako bi instrument naziva „Pokazivač skretanja i klizanja“ uvijek bio centriran. Prema HZNS-ovom priručniku za letenje u zoni, zaokreti se, kao i ostali manevri, izvode prema propisanoj proceduri koja se odnosi na postavke snage, brzine i ostalih, za pojedinu vježbu, relevantnih parametara. Svaki manevar počinje iz horizontalnog pravocrnog leta sa inicijalnom konfiguracijom:

- Pravocrtni krstareći let
- Postavka snage: 21 in.Hg. / 2100 RPM
- Brzina 120 kt.

1. Blagi horizontalni zaokret:

- Postavka snage: 21 in.Hg. / 2100 RPM
- Brzina 120 kt.
- Nagib 30°
- Mali pad brzine tijekom zaokreta dopušten i očekivan

2. Oštri horizontalni zaokret:

- Postavka snage: 23 in.Hg. / 2100 RPM
- Brzina 120 kt.
- Nagib 45°
- Korigirati snagu kako bi brzina ostala 120 kt.

Uz navedene horizontalne zaokrete, u zoni se uvježbavaju, a tijekom leta primjenjuju još i penjući ili spuštajući blagi zaokret, gdje su postavke snage jednake kao i za pravocrtno penjanje ili spuštanje uz dozvoljene korekcije kako bi se zadržao željeni položaj zrakoplova.

Prevlačenja: manevar prevlačenja mogao bi se definirati kao simulirana situacija sloma uzgona. U školovanju se izvodi do prvih predznaka (audio-vizualni indikator gubitka uzgona, propisana brzina sloma uzgona ili podrhtavanje komandi, što prije dođe) i student-pilot ne dozvoljava avionu potpuni slom. Vježbaju se dvije vrste, prevlačenje bez snage (simulacija prilaza za slijetanje) i prevlačenje sa snagom (simulacija polijetanja). Inicijalna konfiguracija uvođenja već je navedena.

1. Prevlačenje bez snage:

- Tlak punjenja 15 in.Hg., očekivati pad brzine
- Brzina 110 kt. – izvlačenje podvozja
- Brzina 100 kt. – zakrilca 10°
- Smjesa – bogata / propeler – mali korak / snaga minimalna
- Brzina 90 kt. – zakrilca 25°
- Brzina 80 kt. – zakrilca 40°
- Održavati pravocrtnan let bez gubitka visine
- Prvi znak sloma uzgona – maksimalna snaga, nagib do linije horizonta

- Brzina 70 kt. – zakrilca 25°
- Brzina 80 kt. – zakrilca 10°
- Brzina 90 kt. – zakrilca 0°
- Brzina 100 kt. – uvlačenje podvozja
- Postavka snage 21 in.Hg. / 2100 RPM
- Ubrzati do 120 kt.

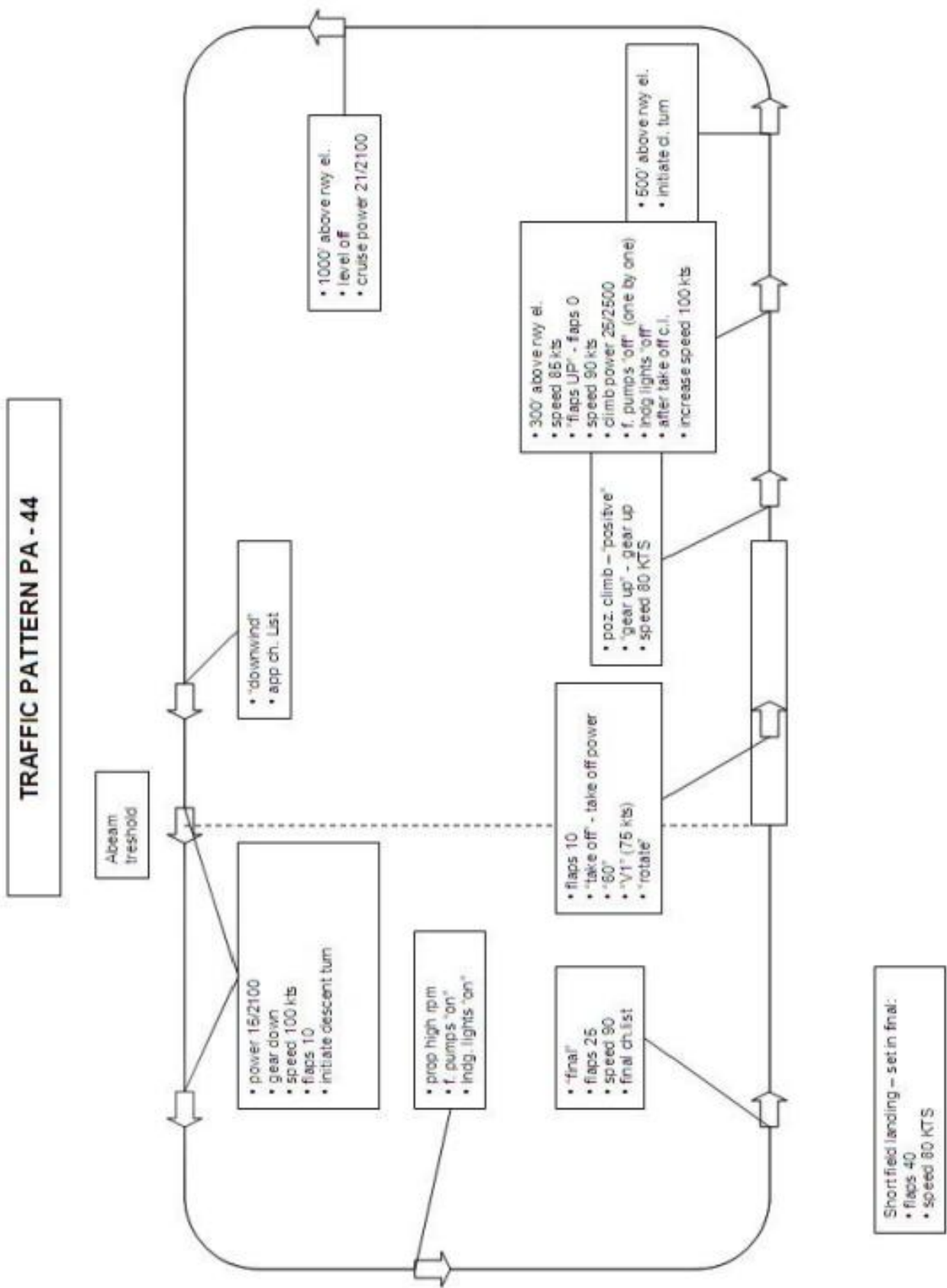
2. Prevlačenje sa snagom:

- Tlak punjenja 15 in.Hg., očekivati pad brzine
- Brzina 100 kt. – zakrilca 10°
- Smjesa – bogata / propeler – mali korak / snaga minimalna
- Zadržati visinu i pravac leta do brzine od 80 kt.
- Snaga maksimalna / uzdužni nagib oštro prema gore
- Prvi znak sloma uzgona – smanjiti uzdužni nagib do linije horizonta
- Brzina 100 kt. – zakrilca 0°
- Postavka snage 21 in.Hg. / 2100 RPM
- Brzina 120 kt.

Let na maloj brzini: uvođenje u manevar izvodi se identično kao i prevlačenje bez snage, dakle izvlači se potpuna konfiguracija. Razlika je u tome što se kod prvog predznaka sloma uzgona dodaje onoliko snage koliko je potrebno za održavanje horizontalnog leta pri toj minimalnoj brzini, blizu V_s ²⁶.

Školski krug: osnovna procedura prilaza za slijetanje u VFR letenju. Koristi se za treniranje osnovnih tehnika pilotiranja budući da objedinjuje sve faze leta od polijetanja, mijenjanja konfiguracije, penjanja, penjućeg zaokreta, horizontalnog zaokreta, horizontalnog leta, spuštajućeg zaokreta i prilaza za slijetanje. Sastoji se od 5 dijelova, a to su redom – *upwind*, *crosswind*, *downwind*, *base-leg*, *final* (**Slika 24**), a tijekom i karakteristične točke školskog kruga za zrakoplov PA-44 objašnjene su u nastavku.

²⁶ V_s/V stall/ *stall speed* (brzina sloma uzgona)



Slika 24: Prikaz elemenata školskog kruga za zrakoplov PA-44, [6]

TOČKA 1. POLIJETANJE:

- Zakrilca - 10°
- Postavka snage – Take-off – maksimalna snaga
- Ubrzanje do 75 kt., rotacija i polijetanje

TOČKA 2. POČETNO PENJANJE:

- Pozitivan ROC i prikazivanje visinomjera – uvlačenje podvozja
- Brzina 80 kt.

TOČKA 3. *UPWIND*

- 300 ft. iznad visine USS
- Brzina 85 kt. – zakrilca 0° - brzina 90 kt.
- Postavka snage 25 in.Hg. / 2500 RPM
- Odrađivanje liste provjere nakon polijetanja (*after take-off checklist*)
- Brzina 100 kt.

TOČKA 4. PRVI ZAOKRET

- 500 ft. iznad USS
- penjući zaokret

TOČKA 5. *CROSSWIND* i DRUGI ZAOKRET

- 1000 ft. iznad USS
- Prevođenje u horizontalni let
- Postavka snage 21 in.Hg. / 2100 RPM
- Horizontalni zaokret

TOČKA 5. *DOWNWIND*

- Javljanje kontroli leta
- Lista provjere za prilaz (*approach checklist*)

TOČKA 7. POZICIJA PARALELNO SA PRAGOM PISTE

- Postavka snage 15 in.Hg. / 2100 RPM
- Spuštanje podvozja

- Brzina 100 kt. / zakrilca 10°
- Spuštajući zaokret

TOČKA 8. BASE-LEG

- Propeler – mali korak
- Lista provjere prije slijetanja (*before landing checklist*)

TOČKA 9. FINAL

- Zakrilca 25°
- Brzina 90 kt.
- Lista provjere za završno prilaženje (*final checklist*)

6.1.2. Vježba V-30: ME školski krugovi i Vježba V-31: ME školski krugovi s različitim konfiguracijama

Tablica 5: Zadaće i elementi vježbi V-30 i V-31, Izvor: [6]

<p>Zadaća vježbe:</p>	<p>Savladvanje tehnike pilotiranja višemotornim avionom u školskom krugu korištenjem normalnih procedura i korištenjem različitih konfiguracija u polijetanju i slijetanju</p>
<p>Elementi vježbe:</p>	<p>- startanje, voženje, polijetanje, penjanje, horizontalni let - prilaz i slijetanje (V-30) - prilaz i slijetanje s različitim stupnjevima zakrilaca i barem jednom procedurom go-around (V-31)</p>

U vježbi V-30 uvježbava se letenje na višemotornom zrakoplovu u prethodno opisanom školskom krugu, a u vježbi V-31, ti se školski krugovi otežavaju tako što se završno prilaženje za slijetanje i samo slijetanje izvode sa različitim stupnjem izvučenosti zakrilaca (0°, 10°, 25° i 40°) te barem jednom procedurom neuspjelog prilaženja (*go-around*) gdje se na

minimalnoj visini iznad USS umjesto slijetanja dodaje maksimalna snaga, prevodi u penjanje te nastavlja u novi školski krug i novi pokušaj slijetanja.

6.1.3. Vježba V-32: ME VFR zona asimetrična vuča i Vježba V-33: ME školski krugovi asimetrična vuča

Tablica 6: Zadaće i elementi vježbi V-32 i V-33, Izvor: [6]

<p>Zadaća vježbe:</p>	<p>Savladavanje tehnike pilotiranja višemotornim zrakoplovom u VFR uvjetima korištenjem izvanrednih procedura te letenje u školskom krugu u uvjetima asimetrične vuče²⁷.</p>
<p>Elementi vježbe:</p>	<ul style="list-style-type: none"> - startanje, voženje, polijetanje, penjanje, horizontalni let - procedura izolacije motora, postavljanje elise u poziciju za jedrenje, zaokreti i prevlačenja u uvjetima asimetrične vuče - formiranje školskog kruga, prilaz i slijetanje u uvjetima asimetrične vuče s barem jednom procedurom neuspjelog prilaženja

6.1.3.1. Vježba V-32

Kod rada u zoni, u izvođenju vježbe V-32, instruktor simulira otkaz motora smanjivanjem snage jednog od motora. Studentova je zadaća na vrijeme identificirati neradeći motor i izvršiti proceduru izoliranja i gašenja motora. Važno je još jednom napomenuti da se motor u letu ne gasi i student odrađuje procedure dodirivanjem upravljačkih komandi i sustava te glasnim čitanjem lista provjera za određenu situaciju. Nakon toga se izvode najmanje jedan zaokret u stranu radećeg motora i jedan u stranu neradećeg motora, penjući i spuštajući zaokret te prevlačenje bez snage i let na maloj brzini sa jednim radećim motorom.

Situacija otkaza motora jedna je od najozbiljnijih izvanrednih situacija tijekom školovanja i uvježbavanju procedura za uspješno savladavanje takvih situacija pridaje se

²⁷ Asimetrična vuča – kod otkaza jednog motora, zrakoplov ima tendenciju skretanja što je uzrokovano nejednolikom vučnom silom motora

mного pažnje i vremena. Kako je prije rečeno, motor se u letu ni u kom slučaju namjerno ne gasi, već se izvodi simulacija otkaza sa podjelom posla između instruktora koji oduzima snagu na proizvoljnom motoru u proizvoljnoj fazi leta u zoni i studenta koji se u takvoj neočekivanoj situaciji mora efektivno nositi sa problemom. Inicijalna konfiguracija za uvođenje u postupak simulacije otkaza motora jednaka je kao i za sve ostale navedene manevre (horizontalni let, postavka snage 21 in.Hg. / 2100 RPM, brzina 120 kt.).

SIMULACIJA OTKAZA MOTORA U LETU:

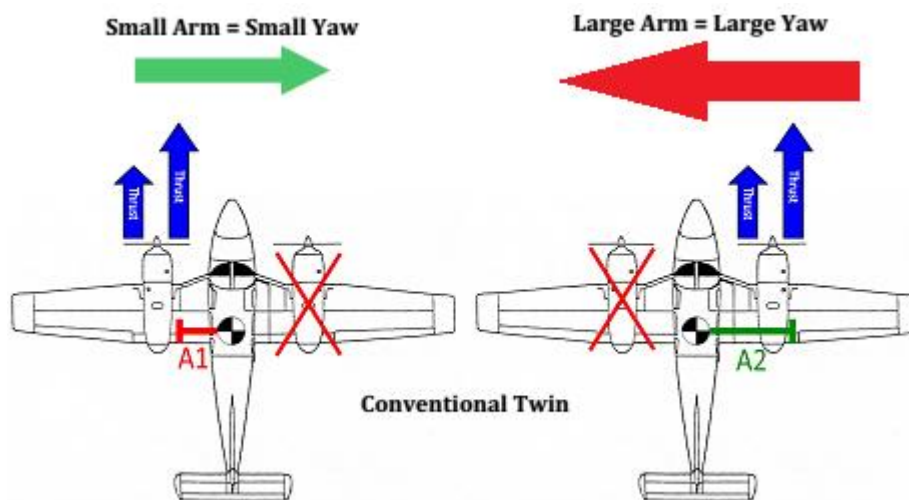
- Instruktor smanjuje snagu jednog motora na 10 in.Hg.
- Student inicijalno zadržava pravac i visinu leta otklonom komandi
- Smjesa – bogata
- Snaga i korak propelera – maksimalna postavka (samo radeći motor)
- Gorivne pumpe – ON (dodirna vježba)
- Neradeći motor – snaga minimalna (dodirna vježba)
- Neradeći motor – postavljanje elise na nož (dodirna vježba)
- Neradeći motor – smjesa – IDLE CUT-OFF (dodirna vježba)
- Neradeći motor – gorivne pumpe, magneti i alternator – OFF (dodirna vježba)
- Instruktor smanjuje snagu radećeg motora na 2500 RPM
- Poklopac za dodatno hlađenje radećeg motora – prema potrebi

Kod leta s jednim radećim motorom svaki je pomak komandi snage ili koraka elise prenaplašen i pilot mora biti izuzetno pažljiv tijekom leta u ovakvoj situaciji jer vrlo lako može doći do neželjenog položaja i padanja zrakoplova u kovit²⁸.

²⁸ Kovit – kontrolirano ili nekontrolirano poniranje zrakoplova uz okretanje oko sve 3 osi

6.1.3.2. Kritični motor

Pojam kritičnog motora odnosi se na zrakoplove čiji se propeleri vrte u istu stranu pa je kritični motor višemotornog zrakoplova onaj čije bi otkazivanje dovelo do najvećeg pada performansi i najvećih poteškoća u kontroli zrakoplova s aerodinamičkog pogleda. Pri letu s velikim napadnim kutem elise (mali korak), silazni krak elise proizvodi veću vučnu silu od uzlaznog. Nejednaki vektori vučne sile svakog kraka imaju rezultantni vektor bliži većoj sili, dakle silaznom kraku. Ako se oba propelera dvomotornog zrakoplova rotiraju u desnu stranu, rezultantna sila desnog propelera više je udaljena od uzdužne osi zrakoplova te je jednostavnim izračunom momenta ($\text{moment} = \text{sila} \times \text{udaljenost}$) vidljivo kako desni motor proizvodi mnogo veći moment od lijevog. To čini lijevi motor kritičnim jer bi njegovim otkazivanjem ukupni moment skretanja zrakoplova bio veći nego pri otkazu desnog, a što je vidljivo na **slici 25**. [5]



Slika 25: Kritični motor, Izvor: [2]

Budući da je zrakoplov PA-44 Seminole koji je u sastavu flote HZNS-a i na kojem se odvija završna faza obuke pilota opremljen kontrarotirajućim elisama, ne postoji kritični motor i efekt jačeg zakretanja, no kako je to česta pojava na konvencionalnim dvomotornim zrakoplovima, situacija je opisana.

6.1.3.3. Vježba V-33

Instruktor simulira otkaz motora oduzimanjem gasa na jednom od motora u raznim fazama školskog kruga. Faze školskog kruga u kojima se obavezno simulira otkaz su zatrčavanje u polijetanju, neposredno nakon polijetanja te u poziciji niz vjetar (*downwind*). Student mora na vrijeme identificirati neradeći motor te izvršiti proceduru izoliranja i gašenja motora. Motor se u letu ne gasi i student odrađuje proceduru dodirivanjem upravljačkih komandi motora i sustava te glasnim čitanjem lista provjere (*checklist*). Školski krug se leti po istim točkama kao što je navedeno u poglavlju 6.1.1.

6.1.4. Vježba V-34: ispitni let za klasu ME

Tablica 7: Zadaća i elementi vježbe V-34, Izvor: [6]

Zadaća vježbe:	Provjera tehnike pilotiranja višemotornim avionom u uvjetima asimetrične vuče
Elementi vježbe:	<ul style="list-style-type: none">- startanje i voženje- polijetanje, penjanje i horizontalni let asimetrična i simetrična vuča- rad u zoni asimetrična i simetrična vuča<ul style="list-style-type: none">- formiranje školskog kruga- prilaz i slijetanje asimetrična i simetrična vuča

Tijekom ove vježbe student-pilot prikazuje vještine i znanja stečena kroz prijašnje vježbe pred ispitivačem/instruktorom. Prolaze se svi prije savladani elementi od rada u zoni, prevlačenja, sporog leta i zaokreta u uvjetima simetrične i asimetrične vuče do formiranja školskog kruga, slijetanja s raznim konfiguracijama i uvjetima asimetrične vuče te procedure za neuspjelo prilaženje.

6.2. IFR obuka na zrakoplovu PA-44

6.2.1. Vježba V-38: IFR prilazi ME

Tablica 8: Zadaci i elementi vježbe V-38, Izvor: [6]

Zadaća vježbe:	Obučiti studenta/kandidata teorijski i praktično za izvođenje instrumentalnih odilaženja i prilaženja za slijetanje na višemotornom avionu u uvjetima simetrične i asimetrične vuče
Elementi vježbe:	<ul style="list-style-type: none">- instrumentalno polijetanje i standardno instrumentalno odilaženje- let po instrumentima uz pomoć radionavigacijskih uređaja- precizni i neprecizni prilazi, standardni dolasci

Vježba V-38 prva je vježba instrumentalnog letenja na zrakoplovu PA-44. Instrumentalno letenje podrazumijeva mogućnost letenja bez vanjskih vizualnih referenci u kojem pilot okolinu percipira pomoću instrumenata unutar kokpita. To je moguće zahvaljujući radionavigacijskim uređajima i odašiljačima na zemlji. U takve odašiljače i uređaje spadaju NDB (*Non-Directional Beacon*), VOR (*Very-high frequency Omnidirectional Radiorange*), DME (*Distance Measuring Equipment*), VDF (*Very-high frequency Direction Finder*), GPS (*Global Positioning System*) te sustavi za precizno prilaženje – ILS (*Instrument Landing System*) i MLS (*Microwave Landing System*).

Postavke motora u svim su segmentima leta već navedene, a u ovoj se vježbi one koriste kako bi student-pilot uspješno savladao tehniku pilotiranja zrakoplovom u uvjetima bez vanjske vidljivosti te instrumentalnog odilaženja i prilaženja za slijetanje u uvjetima asimetrične i simetrične vuče.

6.2.2. Vježba V-39: ruta noću

Tablica 9: Zadaća i elementi vježbe V-39, Izvor: [6]

Zadaća vježbe:	Teorijski i praktično obučiti studenta za pravilno vođenje aviona po ruti noću
Elementi vježbe:	<ul style="list-style-type: none">- navigacijska i meteorološka priprema leta<ul style="list-style-type: none">- rad s osvjetljenjem- normalne procedure u uvjetima loše vidljivosti- ulazak u školski krug i slijetanje noću

Let se izvodi u povoljnim meteorološkim uvjetima za vizualno letenje noću u kojima student-pilot uz kontrolu instruktora vodi avion po ruti metodama računske i radio-navigacije te vodi opću i detaljnu orijentaciju. Iako se ova vježba izvodi noću u VFR uvjetima, student si u ovoj fazi obuke, uvijek kada je moguće, pomaže radio-navigacijskim odašiljačima sa zemlje i prikazom parametara na instrumentima tako da je ova vježba svrstana pod IFR sekciju obuke.

6.2.3. Vježba V-40/1 i V-40/2: provjera CPL/ME

Tablica 10: Zadaće i elementi vježbi V-40/1 i V-40/2, Izvor: [6]

Zadaća vježbe:	Provjeriti studenta/kandidata u teorijskom i praktičnom znanju i vještini upravljanja višemotornim zrakoplovom za stjecanje dozvole profesionalnog pilota sa instrumentalnim ovlaštenjem
Elementi vježbe:	<ul style="list-style-type: none">- navigacijska i meteorološka priprema leta- instrumentalni odlasci i dolasci<ul style="list-style-type: none">- vođenje aviona po ruti- formiranje školskog kruga- vođenje radiokomunikacije- upotreba prilaznih karata (SID, STAR)- izvođenje manevara u uvjetima asimetrične i simetrične vuče

Navedena provjera zadnja je provjera predviđena programom osposobljavanja u HZNS-u te stoga predstavlja najveći i najteži izazov u cjelokupnom školovanju studenta-pilota. Od studenta se očekuje prikaz svih dosad naučenih teoretskih znanja i praktičnih vještina pred ispitivačem kako bi se stekla dozvola za prometnog pilota komercijalnog zrakoplova s instrumentalnim ovlaštenjem, što je cilj svakog studenta, polaznika osposobljavanja u HZNS-u u suradnji s Fakultetom prometnih znanosti.

7. ZAKLJUČAK

Piper PA-44 dvomotorni je klipni zrakoplov najčešće korišten u školstvu i u privatne svrhe. Pogonsku skupinu čine dva *Lycoming* (L)O-360-A1H6 motora koja razvijaju po 180 HP pri 2700 okretaja, upareni sa dvokrakim *Hartzell* elisama. Pogonskom skupinom zrakoplova upravlja se direktno preko centralnog upravljačkog panela (ručice snage, koraka propelera, smjese, grijača karburatora, poklopca za hlađenje i ručnih pumpi) te neposredno preko ostalih prekidača unutar kokpita.

U pilotskom priručniku (*POH*) navedene su značajke zrakoplova značajne pilotu, a predočene su i procedure i pravila kojih se pilot zrakoplova mora pridržavati ako želi sigurno i ugodno letjeti. U *POH*-u su navedene sve normalne i izvanredne situacije u kojima se zrakoplov realno može naći. U normalnim se procedurama govori o postavkama motora i načinu izvršenja svih faza leta od polijetanja do slijetanja, a u izvanrednim se pilotu govori što i kojim redom učiniti u situacijama otkaza motora, požara i slično.

Eksploatacija zrakoplova i njegovih sustava u HZNS-u odvija se sukladno preporukama proizvođača, odnosno uvjetima eksploatacije. Školovanje studenata na zrakoplovu PA-44 provodi se kroz nekoliko vježbi u kojima se studenta-pilota nastoji podučiti teorijskom znanju i praktičnim vještinama potrebnim za stjecanje dozvole prometnog pilota. Kako bi se to postiglo, od presudne je važnosti, uz proceduralna znanja, studenta podučiti načinu eksploatacije pogonske skupine zrakoplova. Kroz VFR i IFR sekciju uvježbava se rukovanje klipnim motorom te rad sa komandama sustava pogonske skupine, a u svrhu sigurnog izvršenja leta.

Zrakoplov Piper PA-44 Seminole zbog svoje se preglednosti i logičnog rasporeda upravljačkih ručica i komandi te odličnih performansi pokazao kao izvrstan zrakoplov za školovanje studenata u višemotornom letenju pa se kao takav koristi i u Hrvatskom zrakoplovnom nastavnom središtu.

LITERATURA

- [1] Bazijanac, E. Tehnička eksploatacija i održavanje zrakoplova. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu; 2002.
- [2] Thomas, R. PA-44 Piper Seminole multi-engine airplane guide. Daytona Beach: Embry-Riddle Aeronautical University; 2009.
- [3] Piper Aircraft Corporation. PA-44-180 Seminole Pilot's Operating Handbook and FAA Approved Airplane Flight Manual. Vero Beach: Piper Aircraft Corporation; 1978.
- [4] Martinjak, P. Osobna zbirka fotografija zrakoplova PA-44. Zagreb; 2015
- [5] Kurjaković, Z. Instrumentalno letenje – priprema za školovanje pilota na dvomotornom simulatoru i avionu. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu; 2000.
- [6] Hrvatsko zrakoplovno nastavno središte. Integrirani ATP(A) program osposobljavanja, izdanje 2. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu; 2009.
- [7] Bazijanac, E. Zrakoplovni klipni motori. Zagreb: Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu; 2005.

POPIS SLIKA

Slika 1: Tlocrt, nacrt i bokocrt zrakoplova PA-44, [2].....	4
Slika 2: Zrakoplov Piper PA-44, [4]	6
Slika 3: Instrument panel PA-44, [3]	9
Slika 4: Brzinomjer zrakoplova PA-44, [4]	10
Slika 5: Pogonski sustav zrakoplova PA-44,[4].....	12
Slika 6: Dovod zraka u motor, Izvor: [2]	13
Slika 7: Dijelovi sustava za podmazivanje, Izvor: [2]	14
Slika 8: Shema sustava za napajanje gorivom, Izvor: [3]	16
Slika 9: Komponente električnog sustava PA-44, Izvor: [2]	17
Slika 10: Pogled na nosni odjeljak zrakoplova, Izvor: [2]	18
Slika 11: Dijelovi sustava za kontrolu napadnog kuta elise, Izvor: [2].....	19
Slika 12: Centralni upravljački kvadrant, Izvor: [3].....	20
Slika 13:Instrument za mjerenje tlaka punjenja – MAP,[4].....	22
Slika 14:Instrument za mjerenje broja okretaja – RPM,[4].....	22
Slika 15:Instrument za mjerenje temperature ispušnih plinova – EGT,[4].....	22
Slika 16: Motorski instrumenti, [4]	22
Slika 17: Prikaz točaka pretpoletnog pregleda, Izvor: [3].....	24
Slika 18: Položaj komandi na polijetanju, [4]	28
Slika 19: Položaj komandi kod penjanja (smjesa bogata), [4]	29
Slika 20: Pozicija komandi tijekom krstarenja, [4]	31
Slika 21: Postavka snage kod spuštanja i slijetanja, [4]	32
Slika 22: Postavka komandi za zaustavljanje rada motora, [4]	33
Slika 23: Pozicija komandi pogonskog sustava u slučaju otkaza lijevog motora, [4]	35
Slika 24: Prikaz elemenata školskog kruga za zrakoplov PA-44, [6]	42
Slika 25: Kritični motor, Izvor: [2]	47

POPIS GRAFIKONA I TABLICA

Grafikon 1: Izračun potrebne duljine za polijetanje i nadvišavanje prepreke od 50ft.,Izvor: [3]	26
Grafikon 2: Izračun performansi penjanja izražene u ROC, Izvor: [3].....	27
Grafikon 3: Izračun vremena, goriva i udaljenosti do zadane visine, Izvor: [3].....	28
Grafikon 4: Prikaz brzine krstarenja s obzirom na visinu i željenu snagu, Izvor: [3].....	30
Grafikon 5: Udaljenost potrebna za slijetanje preko prepreke od 50 ft., Izvor: [3]	32

Tablica 1: Dimenzija i mase zrakoplova PA-44, Izvor: [3]	5
Tablica 2: Ograničenja parametara pogonske skupine, Izvor: [3].....	11
Tablica 3: Tablica za postavljanje snage (<i>Power Setting Table</i>) s obzirom na uvjete leta, Izvor: [3]	30
Tablica 4: Zadaća i elementi vježbe V-29, Izvor: [6].....	39
Tablica 5: Zadaće i elementi vježbi V-30 i V-31, Izvor: [6].....	44
Tablica 6: Zadaće i elementi vježbi V-32 i V-33, Izvor: [6].....	45
Tablica 7: Zadaća i elementi vježbe V-34, Izvor: [6].....	48
Tablica 8: Zadaci i elementi vježbe V-38, Izvor: [6]	49
Tablica 9: Zadaća i elementi vježbe V-39, Izvor: [6].....	50
Tablica 10: Zadaće i elementi vježbi V-40/1 i V-40/2, Izvor: [6].....	51