



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA DOPRAVNÍ

Bc. Jakub Feninec

Arrius 2B2 – typový výcvik

Diplomová práce

2016



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta dopravní

d ě k a n

Konviktská 20, 110 00 Praha 1

K621..... Ústav letecké dopravy

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení studenta (včetně titulů):

Bc. Jakub Feninec

Kód studijního programu a studijní obor studenta:

N 3710 – PL – Provoz a řízení letecké dopravy

Název tématu (česky): **Arrius 2B2 - typový výcvik**

Název tématu (anglicky): Arrius 2B2 - Type Training

Zásady pro vypracování

Při zpracování diplomové práce se řiďte osnovou uvedenou v následujících bodech:

- Vrtulník Eurocopter EC135.
- Motor Arrius 2B2
- Zpracování dokumentace pro typový kurz výukového programu
- Vytvoření výukové osnovy pro motor Arrius 2B2
- Návrh časového harmonogramu výuky typového výcviku
- Tvorba videoinstruktáže vybraných úkonů údržby

Rozsah grafických prací: dle pokynů vedoucího diplomové práce

Rozsah průvodní zprávy: minimálně 55 stran textu (včetně obrázků, grafů a tabulek, které jsou součástí průvodní zprávy)

Seznam odborné literatury: Maintenance manual motoru Arrius 2B2
Letadlové motory-Jindřich Kocáb, Josef Adamec
Maintenance manual vrtulníku Eurocopter EC135
<http://www.turbomeca.com/>

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Martin Novák, Ph.D.**

Datum zadání diplomové práce: **30. července 2015**
(datum prvního zadání této práce, které musí být nejpozději 10 měsíců před datem prvního předpokládaného odevzdání této práce vyplývajícího ze standardní doby studia)

Datum odevzdání diplomové práce: **1. června 2016**
a) datum prvního předpokládaného odevzdání práce vyplývající ze standardní doby studia a z doporučeného časového plánu studia
b) v případě odkladu odevzdání práce následující datum odevzdání práce vyplývající z doporučeného časového plánu studia



doc. Ing. Stanislav Szabo, PhD. MBA
vedoucí
Ústavu letecké dopravy



prof. Dr. Ing. Miroslav Svítek, dr. h. c.
děkan fakulty

Potvrzuji převzetí zadání diplomové práce.



Bc. Jakub Feninec
jméno a podpis studenta

V Praze dne30. července 2015

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi poskytli podklady pro vypracování této práce. Zvláště pak děkuji vedoucímu práce Ing. Martinovi Novákovi, Ph.D. za odborné vedení a konzultování diplomové práce, za připomínky k ní a za užitečné rady, které mi poskytoval po celou dobu mého studia. V neposlední řadě je mou milou povinností poděkovat svým rodičům a blízkým za morální a materiální podporu, které se mi dostávalo po celou dobu studia.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na ČVUT v Praze Fakultě dopravní.

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o etické přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 16. 05. 2016

.....
Finis

ABSTRAKT

Předmětem diplomové práce „Arrius 2B2 – typový výcvik“ je zpracování dokumentace pro typový kurz výukového programu údržby motoru Arrius 2B2 pro vrtulník Eurocopter EC 135, vytvoření výukové osnovy spojené s volbou výukové metody a vypracování návrhu časového harmonogramu výuky typového výcviku.

Klíčová slova

Eurocopter EC 135, motor Arrius 2B2, typový výcvik, výuková osnova

ABSTRACT

The subject of my diploma thesis named „Arrius 2B2 – type training“ is creating of documentation for type training of Arrius 2B2 engine which drives Eurocopter EC 135, creating of teaching warp, selecting of teaching method and creating of timetable for lessons.

Keywords

Eurocopter EC 135, engine Arrius 2B2, type training, education program

OBSAH

Obsah	4
Seznam použitých zkratk a symbolů	6
0 Úvod	8
1 Společnost DSA a.s.	9
2 Organizace pro výcvik údržby podle Part-147	11
2.1 Požadavky na prostory	11
2.2 Požadavky na personál	12
2.3 Požadavky na záznamy	13
2.4 Požadavky na vybavení pro výuku a studijní materiály	13
2.5 Výcvikové postupy a systém jakosti	14
2.6 Práva organizace pro výcvik údržby	15
2.7 Výklad organizace pro výcvik (MTOE)	15
2.8 Kurz typového výcviku	17
2.8.1 Typový výcvik pro letadla skupiny 2 a 3	17
2.8.2 Obsah kurzu typového výcviku	18
2.8.3 Typový výcvik/zkouška	19
2.8.4 Kategorie a oprávnění k osvědčení	21
3 Vrtulník Eurocopter EC 135	23
4 Konstrukce turbínového motoru	29
4.1 Proudový turbínový motor	29
4.2 Turbohřídelový motor	31
4.2.1 Jednohřídelový turbínový motor	32
4.2.2 Dvouhřídelový turbínový motor	33
5 Motor Arrius 2B2	34
5.1 Konfigurace motoru	37
5.2 Reduktor – modul 1	40
5.2.1 Přední kryt	40
5.2.2 Ústrojí hnacího hřídele	40

5.2.3 Skříň přídavných náhonů	41
5.2.4 Zadní kryt	43
5.3 Generátor plynů – modul 2	43
5.3.1 Prstencový vstup vzduchu	43
5.3.2 Odstředivý kompresor	44
5.3.3 Spalovací komora	44
5.3.4 Vysokotlaká turbína	44
5.3.5 Volná turbína	45
5.4 Zapalovací systém motoru	46
5.4.1 Funkce zapalovacího systému motoru	46
5.4.2 Části zapalovacího systému	47
5.5 Instalace motoru	50
5.6 Revize Eurocopter EC135	55
6 Výukové metody	62
7 Použité výukové metody	68
7.1 Zásady počítačové prezentace	68
7.2 Vytvořené prezentace	69
7.3 Animace	70
8 Výuková osnova pro motor Arrius 2B2	72
9 Návrh časového harmonogramu výuky	76
9.1 Výuka	76
9.2 Praktické cvičení	76
9.3 Samostudium a dotazy	77
9.4 Test a vyhodnocení	77
9.5 Prostor pro vysvětlení nejasností	77
10 Závěr	81
11 Seznam použitých zdrojů	85
12 Seznam obrázků	88
13 Seznam tabulek	90
14 Přílohy	91

Seznam použitých zkratek

AFCS	Automatic Flight Control System (Automatický systém řízení letu)
AJ	anglický jazyk
AML	Aircraft maintenance licence (Průkaz způsobilosti k údržbě letadel)
a. s.	akciová společnost
ATPL	Airline Transport Pilot Licence (Průkaz dopravního pilota)
CAD	Caution and Advisory Display (Displej zobrazující rady a upozornění)
CPDS	Central Panel Display System (Centrální systém panelového displeje)
ČR	Česká republika
ČVUT	České vysoké učení technické
EASA	European Aviation Safety Agency (Evropská agentura pro bezpečnost v letectví)
EECU	Electronic Engine Control Unit (Elektronická řídicí jednotka motoru)
EHAC	European HEMS & AirRescue Committee (Evropský výbor HEMS a letecké záchrany)
FADEC	Full Authority Digital Engine Control (Digitální řídicí jednotka motoru s plnou autoritou)
HEMS	Helicopter Emergency Medical Service (Vrtulníková nouzová zdravotní služba)
IBF	Inlet Barrier Filter (Filtr vstupu vzduchu do motoru)
IFR	Instrument Flight Rules (Let podle přístrojů)
LCD	Liquid Crystal Display
IČO	identifikační číslo organizace
MTOE	Maintenance Training Organisation Exposition (Výklad organizace pro výcvik údržby)
MTOM	Maximum TakeOff Mass (Maximální vzletová hmotnost)
Obr.	Obrázek
OEI	One Engine Inoperative (Provoz s jedním nepracujícím motorem)
Spol. s r. o.	Společnost s ručením omezeným
SYS	system
Tab.	Tabulka

TBO	Time Between Overhaul (Čas mezi generálními opravami)
tzv.	tak zvaně
VEMD	Vehicle and Engine Multifunction Display (Multifunkční displej motoru a dopravního prostředku)

Seznam použitých symbolů

DC	stejnoseměrný proud
Ft	feet
g	gram
G	gravitační zrychlení
h	hodina
J	joule
kg	kilogram
km	kilometr
kts	knot
kV	kilovolt
kW	kilowatt
lb	libra
m	metr
min	minuta
mm	milimetr
N/A	neudává se
NM	námořní míle
%	procenta
s	sekunda
shp	shaft horse power
°C	stupeň Celsia
°F	stupeň Fa
V	volt

0 Úvod

Dnešní doba přináší stále větší technický pokrok v celosvětovém měřítku, který se nevyhýbá ani rozvoji leteckého průmyslu. Vytváří se nové, modernější a zároveň dostupnější technologie a systémy, s cílem zajistit lepší bezpečnost, kvalitu a plynulost leteckého provozu. Tím je ovlivňován nejenom komerční trh, ale zároveň vzniká velký počet soukromých společností. Tyto jsou zakládány s cílem zajišťování leteckých prací a k výcviku pilotů.

V České republice zaznamenává poslední dobou velký nárůst využití vrtulníků, které už není pouze výsadou policejních složek a armády, ale nachází stále větší uplatnění v civilní sféře. S vrtulníky se setkáváme v oblasti přednemocniční neodkladné péče spojené s transportem pacientů, při monitorování dopravní infrastruktury, při dopravě osob a k zajišťování leteckých prací. K nejvýznamnějším českým soukromým leteckým společnostem provozujícím vrtulníky patří firma DSA a.s. se sídlem v Hradci Králové a ALFA-HELICOPTER, spol. s r. o., se sídlem v Brně. Tyto společnosti provádí výcvik pilotů a zajišťují leteckou záchrannou službu na 80 % území České republiky.

Ve spolupráci s ČVUT, Ústavem letecké dopravy, zajišťuje společnost DSA a. s. praktickou část integrovaného výcviku dopravních pilotů u studentů oboru „Profesionální pilot“ na ČVUT. Společnost spolupracuje s Ústavem letecké dopravy ČVUT rovněž při výuce a při provádění zkoušek techniků dle PART 66. Díky této spolupráci mají studenti možnost získat souběžně se studiem licenci dopravního pilota ATPL nebo technika údržby letadel kategorie B, jež je uznávaná v celé Evropě. Spolupráce mezi ČVUT a DSA a. s. neprobíhá pouze v oblasti výcviku, ale také v řešení odborných témat studenty Ústavu letecké dopravy formou diplomových prací. Moje práce zpracovává jedno z těchto řešení.

Cílem mé diplomové práce je zpracování návrhu typového kurzu výukového programu údržby motoru Arrius 2B2 pro vrtulník Eurocopter EC 135, používaný výše uvedenou leteckou společností DSA a.s.

1 Společnost DSA a.s.

Společnost DSA a.s. provozuje největší leteckou školu v České republice zaměřenou na výcvik profesionálních pilotů až po profesi dopravního pilota. Vznikla v roce 1992 a od následujícího roku se stala její stěžejní činností letecká činnost ve zdravotnickém systému České republiky počínaje repatriačními lety až po provozování letecké záchranné služby. Piloti společnosti ročně absolvují 4300 zásahů k záchraně lidských životů, což představuje v průměru 1700 letových hodin. Mimo letecké záchranné služby, provozuje firma svojí vlastní leteckou technikou od svého vzniku (rok 1992) leteckou dopravu, dále aerotaxi po celé České republice a Evropě, při čemž její licence pro leteckou dopravu zasahuje až na sever Afriky. Svými vrtulníky provádí dopravu nadrozměrných břemen, stavební a montážní práce v podvěsu pod vrtulníkem do nosnosti 1300 kg a to proto, že vrtulník je ideálním nástrojem pro tyto práce v nepřístupném nebo hustě zastavěném prostředí. [1]

V roce 2002 vstoupila DSA a.s. do mezinárodní organizace EHAC (European HEMS & AirRescue Committee) se splněním požadavků pro mezinárodní normu ČSN EN ISO 9001 („Systémy managementu kvality“). V roce 2006 se stala držitelem provozní licence k provozování obchodní letecké dopravy, udělené Ministerstvem dopravy ČR, a splnila tak ty nejnáročnější kritéria pro provozování letecké činnosti. Osvědčení schválené organizace pro výcvik CZ/ATO-006 (letouny a vrtulníky) a rozšířené Oprávnění k typovému výcviku techniků dle PART 147 získala v roce 2013, kdy rovněž získala certifikát podle mezinárodní normy ČSN EN ISO 14001 („Systémy environmentálního managementu“). [2]

V roce 2002 zahájila provoz prvního vrtulníku EC 135 (Obr. 1) na území České republiky.



Obr. 1 Vrtulník Eurocopter EC 135 T2 [2]

K provozování letecké záchranné služby využívá DSA a.s. tři vrtulníky EC 135 T2, jeden vrtulník EC 135 T1 jako záložní stroj a dále vrtulník EC 135 T2+. [1]

Tabulka č. 1 Počet přepravovaných osob dle typu vrtulníku [1]

Typ vrtulníku	Obsluha	Lékařský personál	Pacienti
EC 135 T2	2 piloti	2 členové lékařského týmu	1-2 ležící pacienti
EC135 T1	2 piloti	2 členové lékařského týmu	1 ležící pacient
EC135 T2+	1 pilot	3 členové lékařského týmu	1 ležící pacient

Společnost DSA a. s. je držitelem oprávnění podle PART 147 č. CZ.147.0013 k provádění typových výcviků mechaniků údržby pro typy letadel Cessna 100/200 Series, Cessna 300/400 Series, Piper Single a Twin Engines, Suchoj SU-31, pro vrtulníky EUROCOPTER 120/135, AS350/355 a Schweizer 269/300. Rozsahem výuky patří mezi přední výcvikové organizace mechaniků v České republice. [3]

Je rovněž držitelem oprávnění CZ 145.0003 pro navazující praktický výcvik v souladu s tímto předpisem, kdy využívá přímé napojení hangáru údržby na moderní výcvikové prostory, kterými disponuje. Teoretická výuka je zaměřena na zvládnutí požadavků stanovených podle PART 66 kvalifikací B1, B2 a C a je zakončena zkouškou. V této oblasti spolupracuje DSA a.s. s Fakultou dopravní ČVUT při výuce a provádění zkoušek techniků dle PART 66.

DSA a. s. provádí kurzy výuky dle PART 147 pro techniky: Typový výcvik C150-206, PA 28-44, SU-31, S269C, EC 120, EC 135, AS 350, AS 355d. [3]

2 Organizace pro výcvik údržby podle Part-147

Organizace pro výcvik údržby je organizace nebo část organizace zapsaná jako právní subjekt s přiděleným IČO. Musí splňovat následující požadavky. [4]

2.1 Požadavky na prostory

- Provozní prostory musí zajistit ochranu při obvyklém počasí a náležitý prostor veškerého plánovaného výcviku a zkoušek každý den.
- Pro výuku teorie a pro provádění zkoušek musí být k dispozici uzavřená učebna, plně oddělená od ostatních prostor, jejíž kapacita pokryje požadavky každého výcvikového kurzu a maximální počet studentů v kurzu nepřekročí počet 28. Učebna musí umožnit všem studentům soustředit se na studium nebo zkoušky bez nadměrného vyrušování. Pro účely zkoušek je třeba zajistit dostatečný prostor, aby nemohl student číst písemnou práci nebo obraz z monitoru jiného studenta ze svého místa během zkoušky.
- Praktický výcvik musí probíhat ve vhodných prostorech, které obsahují příklady typu letadla. Maximální počet studentů při praktickém výcviku nesmí překročit 15 studentů na jednoho instruktora.
- Pro instruktory a examinátory musí být zajištěny kancelářské prostory pro jejich přípravu na výuku bez nadměrného vyrušování a nepohodlí.
- Organizace musí uchovávat potřebné dokumenty po stanovenou dobu ve vhodných skladovacích prostorech zajištěných zámekem.
- Organizace musí mít k dispozici knihovnu, kde jsou k zapůjčení všechny technické materiály přiměřeného rozsahu a úrovně poskytovaného výcviku. Jedná se o všechny Part-147, národní letecké předpisy a veškerou dokumentaci vztahující se k danému typu letadla a úrovně výcviku. Dokumentace musí být aktualizována standardní změnovou službou. Dokumentace, kde není zajištěna změnová služba, musí být výrazně označena „NEPODLÉHÁ ZMĚNÁM“. V případě, že má organizace schválenou knihovnu podle jiného Partu, nemusí vést knihovnu podle Part-147 odděleně. Přístup studentů musí být dozorován.

- Pokud organizace není schopna poskytnout odpovídající dílenské nebo provozní prostory, může uzavřít písemnou smlouvu s jinou organizací o poskytnutí těchto prostor. Smlouva musí rovněž stanovit přístup do těchto prostor pracovníkům Úřadu a členům standardizačního týmu EASA. [4]

2.2 Požadavky na personál

- Organizace má za povinnost jmenovat odpovědného vedoucího se statutární pravomocí pro zajištění toho, že veškeré výcvikové povinnosti mohou být financovány a prováděny podle norem požadovaných Part-147.
- Musí být jmenována osoba nebo skupina osob, podléhající přímo odpovědnému vedoucímu, odpovědná za to, že organizace je v souladu s požadavky Part-147.
- V MTOE musí být uveden jmenovitě: odpovědný vedoucí, vedoucí výcviku a vedoucí jakosti. U každé osoby její povinnosti a pravomoci, telefonní kontakt a e-mailová adresa. (Pokud má organizace kapacitu menší než 50 uchazečů, mohou se některé nebo všechny výše uvedené funkce sloučit do jedné. Úřad musí být v tomto případě přesvědčen, že veškeré funkce mohou být řádně vykonávány i při tomto sloučení).
- Pokud je organizace držitelem oprávnění i podle jiného Partu a funkce požadované tímto Partem jsou podobné funkcím požadovaným Part-147, mohou být tyto funkce delegovány na jednu osobu.
- Organizace je povinná uzavřít smlouvy s dostatečným počtem zaměstnanců k zajištění výuky a provádění teoretických i praktických zkoušek. V případě, že je část výcviku údržby poskytována smluvně jinou organizací, může organizace jmenovat do funkcí instruktorů/examinátorů pracovníky smluvní organizace. Praxe a kvalifikace všech instruktorů a examinatorů musí být na všeobecně uznávané úrovni. Examinátor musí znát úroveň zkoušek podle Part-66 a odpovídat za zajištění zkoušek v tomto smyslu.
- Každých 24 měsíců musí instruktoři i examinatori absolvovat obnovovací výcvik, týkající se současné techniky, praktických dovedností, lidských činitelů a nejnovějších metod výcviku, který odpovídá vyučovaným znalostem. Obnovovací výcvik musí být minimálně v rozsahu 35 hodin a jeho součástí může být účast na konferencích a symposiích. [4]

2.3 Požadavky na záznamy

- Organizace musí vést dle ustanovení 147.A.110 pro každého instruktora a examinátora osobní složku, jejíž součástí jsou EASA Form 4 schválený Úřadem, záznamy o praxi, výcviku a o absolvovaných školeních, pověření pro výkon funkce, pracovní smlouva a další dle potřeb organizace. Každému instruktorovi a examinátorovi musí být předána kopie jeho pověření.
- Dle ustanovení 147.A.125 je organizace povinna uchovávat všechny záznamy, které se týkají výcviku, zkoušek a hodnocení žáků a to po neomezenou dobu od ukončení kurzu každého jednotlivého studenta. [4]

2.4 Požadavky na vybavení pro výuku a studijní materiál

- Každá učebna musí být vybavena pro předvádění, jež zajistí čitelnost předváděného materiálu z kteréhokoliv místa v učebně. Organizace musí být vybavena funkčními modely jednotlivých systémů nebo počítačovou simulací.
- Organizace musí mít v průběhu typového výcviku přístup k příslušnému typu letadla nebo syntetickému výcvikovému zařízení, pokud toto zařízení zajistí dostatečnou úroveň výcviku a je písemně schváleno Úřadem pro příslušný výcvik.
- Organizace je povinná studentům zajistit studijní materiál, který pokrývá typový kurz v náplni vyžadujícím Part-66 pro příslušný typ letadla a kategorii nebo podkategorii průkazu způsobilosti technika údržby. Studenti musí mít přístup k příkladům dokumentace údržby a technickým informacím v knihovně organizace. Mimo materiálů výrazně označených „NEPODLÉHÁ ZMĚNÁM“ musí organizace vlastnit dokumentaci, která je udržována v aktuálním stavu v souladu s vývojem letadla. [4]

2.5 Výcvikové postupy a systém jakosti

- Organizace stanoví postupy přijatelné pro Úřad, jež zajistí patřičnou úroveň výcviku a plnění všech příslušných požadavků Part-147. Má povinnost zavést systém jakosti včetně funkcí nezávislého auditu ke sledování úrovně výcviku, korektnosti zkoušek, plnění a přiměřenosti postupů a systém zpětné vazby mezi nezávislým auditem a odpovědným vedoucím k nápravě zjištěných nálezů.
- Systém jednoduchých kontrol je prováděn nezávislým auditem. Cílem je zajistit, aby každý aspekt výcviku byl kontrolován minimálně jednou za 12 měsíců. Podle předem stanoveného plánu jsou kontrolovány aspekty výcviku a to najednou nebo odděleně. Organizace s kapacitou méně než 50 studentů mohou zajistit nezávislý audit smluvně s jinou organizací schválenou podle Part 147 nebo osobou přijatelnou pro Úřad. V tomto případě musí audit proběhnout minimálně dvakrát za 12 měsíců, z toho jednou neohlášený.
- Z každého auditu je vypracována zpráva se seznamem všech kontrolovaných aspektů a výsledků. Ta je předána všem dotýčným složkám a osobám, s určením nápravných opatření a termínů jejich splnění.
- Organizace s kapacitou 50 studentů a více musí vytvořit oddělení jakosti pro provádění auditů a vytvoření výsledných zpráv s nálezy a návrhy na jejich odstranění. Využít kompetentní osoby mohou organizace s kapacitou méně než 50 studentů, ty vykonávají audit pod dozorem vedoucího jakosti.
- Pokud jsou výcvik nebo zkoušky prováděny smluvním partnerem, je organizace povinna provést nejprve audit u tohoto smluvního partnera se zaměřením na splnění všech požadavků Part 147. Audit u partnera musí být opakován nejméně jednou ročně s vypracováním zprávy, která musí obsahovat kontrolované aspekty a nálezy, včetně harmonogramu jejich odstranění. [4]

2.6 Práva organizace pro výcvik údržby

Za předpokladu, že je k tomu oprávněna Úřadem, může organizace provádět:

- Kurzy základního výcviku podle osnov uvedených v Part-66 nebo jejich část.
- Kurzy typového výcviku na letadlo v souladu s Part-66.
- Zkoušky jménem Úřadu včetně zkoušek studentů, kteří neabsolvovali kurz základního nebo typového výcviku v organizaci.
- Vydávat osvědčení po úspěšném ukončení schváleného kurzu základního nebo typového výcviku na letadlo a zkoušek.
- Výcvik a zkoušky teoretických a praktických znalostí musí být prováděny v místech určených v osvědčení o oprávnění nebo v místě určeném v MTOE. Pokud bude kurz nebo zkouška konána mimo místa schválená v MTOE, Úřad musí být informován společně s příloženou zprávou o vhodnosti prostor s dostatečným časovým předstihem. Ten podle svého uvážení může provést dle požadavků Part-147 kontrolu prostor.
- Při uzavření subdodavatelské smlouvy na provádění výuky teoretických znalostí, typového výcviku a příslušných zkoušek s organizací, která není oprávněna pro výcvik, musí být tato řízena systémem jakosti organizace. Ta pak přebírá veškerou odpovědnost za dodržování všech ustanovení Part-147. U základního výcviku je uzavírání subdodavatelských smluv omezeno pouze na moduly M1, M2, M3, M4, M5, M6, M8, M9 a M10 podle dodatku Part-66 a u typového výcviku na pohonnou jednotku a systémy avioniky. Smlouva musí obsahovat zajištění přístupu Úřadu a standardizačního týmu EASA do subdodavatelské organizace. [4]

2.7 Výklad organizace pro výcvik (MTOE)

Vypracovat MTOE pro použití v rámci organizace ukládá organizaci ustanovení 147.A.140. MTOE popisuje organizaci a její postupy a obsahuje následující informace:

- Prohlášení podepsané odpovědným vedoucím, kterým se potvrzuje, že Výklad organizace pro výcvik údržby a všechny související příručky definují vyhovění organizace pro výcvik údržby dle Part-147 a že toto vyhovění bude trvale dodržováno.

- Funkce a jméno(-a) osoby (osob), do jejíž odpovědnosti patří zajištění toho, že organizace pro výcvik údržby je v souladu s požadavky Part-147. Taková(-é) osoba(-y) musí být podřízena(-y) odpovědnému vedoucímu. Nadřízená osoba nebo jedna osoba ze skupiny osob může být zároveň odpovědným vedoucím za předpokladu, že má statutární pravomoc pro zajištění toho, že veškeré výcvikové povinnosti mohou být financovány a prováděny podle norem požadovaných Part-147.
- Povinnosti a odpovědnosti nadřízené(-ých) výše uvedené osoby (osob) včetně záležitostí, o kterých může jednat přímo s kompetentním úřadem jménem organizace pro výcvik údržby.
- Organizační schéma organizace pro výcvik údržby, které znázorňuje vazby odpovědností výše uvedené osoby (osob).
- Seznam instruktorů výcviku, examinátorů a osob hodnotících praktické dovednosti s uvedením jazyka, ve kterém jsou schváleni poskytovat výcvik.
- Všeobecný popis provozních prostorů používaných pro výcvik a zkoušky, umístěných na každé adrese uvedené v osvědčení o oprávnění organizace pro výcvik údržby a/nebo na jakémkoliv místě určeném ve MTOE.
- Seznam kurzů výcviku údržby, které tvoří rozsah oprávnění s uvedením jazyka, ve kterém bude kurz prováděn.
- Postup zapracování změn do MTOE.
- Postupy organizace pro výcvik údržby přijatelné pro Úřad, které zajistí náležitou úroveň výcviku a plnění všech příslušných požadavků Part-147.
- Postup na provádění kontroly organizace pro výcvik údržby, pokud je oprávněná provádět výcvik, zkoušky a hodnocení praktických dovedností v místech jiných, než jsou stanovena v bodě 6.
- Seznam míst podle bodu 6.
- Seznam organizací, se kterými má organizace pro výcvik údržby uzavřené subdodavatelské smlouvy na provádění výuky základních teoretických znalostí, typového výcviku a příslušných zkoušek.

MTOE a všechny následné změny musí být schválené Úřadem. [4]

2.8 Kurz typového výcviku

- Žádost o vydání (změnu) oprávnění podle Part-147 pro konání Kurzů typového výcviku se podává na standardním EASA Form 12.
- Typový výcvik na letadlo zahrnuje výuku a následné zkoušky teoretických znalostí, praktický výcvik a hodnocení praktických dovedností (s výjimkou kvalifikací kategorie C). Kurzy lze schvalovat zvlášť pro teoretickou část, pro praktickou část nebo pro kombinaci obou. Výuka teoretických znalostí musí pokrýt minimálně části uvedené v bodě 3.1 Dodatku III k Part-66 v odpovídajících úrovních pro jednotlivé kategorie. Praktická část musí splňovat úroveň popsanou v bodě 3.2 dodatku III k Part-66. Musí se skládat z plnění reprezentativních úkolů údržby pro odpovídající typ letadla, včetně souvisejících činností tak, aby bylo zajištěno vykonávání prohlídky, údržby a běžných prací v souladu s příručkou a příslušnými instrukcemi a úkoly pro odpovídající typ letadla. Například odstraňování závad, opravy, seřizování, výměnu, nastavení a funkční kontroly. Výuka musí být rovněž zaměřena na správné používání veškeré technické dokumentace, správné používání zvláštního náradí a zkušebního vybavení, demontáže a výměny letadlových celků a modulů.
- Rozdílový výcvik je výcvik požadovaný s cílem obsáhnout rozdíly mezi dvěma různými typovými kvalifikacemi na letadlo stejného výrobce.
- Výuka se schvaluje v českém jazyce, pokud není v žádosti uvedeno jinak. V případě žádosti o výuku v jiném než českém jazyce, je třeba toto označit v žádosti a žádost doplnit o sadu učebnic (dokumentace) pokrývající schválenou osnovu výcviku v požadovaném jazyce. [4]

2.8.1 Typový výcvik pro letadla skupiny 2 a 3

- Po úspěšném složení příslušné typové zkoušky na letadlo kategorie B1, B2 nebo C a v případě kategorie B1 a B2 po prokázání praxe na daném typu letadla mohou být uděleny rovněž typové kvalifikace pro letadla skupiny 2 a 3 (Tab. 2).
- Schválené typové zkoušky pro kategorie B1, B2 a C se musí skládat ze zkoušky mechanických částí a elektrických systémů pro kategorii B1 a zkoušky z avioniky pro kategorii B2 a pro kategorii C zkoušky z mechanických částí, elektrických systémů i avioniky. Zkouška musí splňovat požadavky Dodatku III k Part-66.
- Praxe na typu letadla musí zahrnovat reprezentativní průřez činnostmi údržby odpovídajícími této kategorii. Typová praxe by měla pokrývat přijatelný průřez úkolů

z Dodatku II k Part-147. Pro první typ letadla z každé skupiny výrobce by mělo být vykonáno nejméně 50 % úkolů Dodatku II k Part-66 použitelných pro dotýčný typ letadla a kategorii průkazu způsobilosti. Pro druhý typ letadla z každé skupiny výrobce by toto mohlo být sníženo na 30 %. Pro další typy letadel z každé skupiny výrobce by toto mohlo být sníženo na 20 %.

- Typová praxe musí být prokázána předložením záznamů nebo deníku, který ukazuje žadatelem vykonané úkoly podle dodatku II k Part-66 stanovené Úřadem. [5]

Tabulka č. 2 Rozdělení letadel do skupin pro účely získání letadlových kvalifikací [6]

Skupiny letadel	Letadla
Skupina 1	Složitá motorová letadla a více motorové vrtulníky, letouny s maximální výškou letu nad FL 250, letadla vybavená elektroimpulsními systémy řízení a jiná letadla vyžadující typovou kvalifikaci, stanoví-li to EASA
Podskupina 2a	Jednomotorové turbovrtulové letouny
Podskupina 2b	Jednomotorové turbínové vrtulníky
Podskupina 2c	Jednomotorové pístové vrtulníky
Skupina 3	Letouny s pístovým motorem, které nejsou ve skupině 1

2.8.2 Obsah kurzu typového výcviku

Typový výcvik musí zahrnovat odpovídající podrobné informace o letadle, jeho hlavních částech, systémech, vybavení, interiérech a letadlových celcích, stejně jako používání technických příruček, postupů údržby a další dokumentace k letounu. Typový výcvik by měl také informovat uchazeče o provozní praxi na typu letadla, hlášení z provozu, důležitých příkazech k zachování letové způsobilosti resp. servisních bulletinech, důsledcích známých lidských faktorů spojených s jednotlivými typy letadel. Dále by měla být uchazeči poskytnuta informace odpovídajících prohlídek a omezení s ohledem na vliv okolního prostředí. [5]

Pro jednotlivé skupiny letadel je předepsán minimální počet hodin výuky teoretického výcviku (Tab. 3).

Tabulka č. 3 Minimální počet hodin výuky v rámci teoretického výcviku [5]

<i>Kategorie</i>	<i>Počet hodin</i>
<i>Letouny s maximální vzletovou hmotností vyšší než 30 000 kg:</i>	
B1.1	150
B1.2	120
B2	100
C	30
<i>Letouny s maximální vzletovou hmotností rovnou nebo nižší než 30 000 kg a vyšší než 5 700 kg:</i>	
B1.1	120
B1.2	100
B2	100
C	25
<i>Letouny s maximální vzletovou hmotností 5 700 kg a nižší (*):</i>	
B1.1	80
B1.2	60
B2	60
C	15
<i>Vrtulníky (**):</i>	
B1.3	120
B1.4	100
B2	100
C	25
(*) Pro letouny s pístovým motorem mez přetlakové kabiny s maximální vzletovou hmotností nižší než 2 000 kg může být minimální délka trvání zkrácena o 50 %.	
(**) Pro vrtulníky ve skupině 2 (podle definice uvedené v bodě 66.A.42) může být minimální délka trvání zkrácena o 30 %.	

2.8.3 Typový výcvik/zkouška

Níže uvedený vzor osvědčení o typovém výcviku podle části 147 (Obr. 2) se použije pro uznání ukončení buď teoretické části, praktické části nebo teoretické i praktické části kurzu výcviku pro získání typové kvalifikace.

V osvědčení musí být uvedena kombinace draku/motoru, která byla předmětem výcviku. Odpovídající čísla se podle potřeby škrtnou a v kolonce pro typ kurzu se podrobně popíše, zda byla pokryta pouze teoretická část nebo praktická část nebo zda byla pokryta část teoretická i praktická.

V osvědčení o výcviku musí být zřetelně uvedeno, zda se jedná o úplný kurz nebo o dílčí kurz (např. kurz zaměřený na drak letadla, pohonnou jednotku nebo avioniku/elektrický systém) nebo rozdílový kurz vycházející z předchozí praxe žadatele, například kurz A340

(CFM) pro techniky s kurzem A320. Pokud se nejedná o úplný kurz, musí být v osvědčení uvedeno, zda byly pokryty navazující oblasti. [4]

Strana 1 z 1
OSVĚDČENÍ O UZNÁNÍ
Číslo: [KÓD ČLENSKÉHO STÁTU (*).147.[XXXX].[YYYYY]
Toto osvědčení o uznání se vydává:
[JMÉNO] [DATUM a MÍSTO NAROZENÍ]
[NÁZEV A ADRESA SPOLEČNOSTI]
Číslo: [KÓD ČLENSKÉHO STÁTU (*).147.[XXXX],
organizací pro výcvik údržby oprávněnou poskytovat výcvik a provádět zkoušky v rámci svého rozsahu oprávnění a v souladu s přílohou IV (část 147) nařízení (ES) č. 2042/2003.
Toto osvědčení potvrzuje, že výše jmenovaná osoba úspěšně absolvovala níže uvedenou teoretickou (**) a/nebo praktickou část (**) schváleného kurzu typového výcviku uvedeného níže a složila níže uvedené související zkoušky v souladu s a aktuálně platným nařízením Evropského parlamentu a rady (ES) č. 216/2008 a nařízením Komise (ES) č. 2042/2003.
[KURZ TYPOVÉHO VÝCVIKU NA LETADLO (**)] [DATUM ZAHÁJENÍ a UKONČENÍ] [UVEĎTE TEORETICKOU ČÁST NEBO PRAKTICKOU ČÁST] a/nebo [TYPOVÁ ZKOUŠKA NA LETADLO (**)] [DATUM UKONČENÍ]
Datum
Podpis
Za: [NÁZEV SPOLEČNOSTI]

Obr. 2 Osvědčení o typovém výcviku podle části 147 [5]

Zkoušky (ustanovení 147.A.135) teoretických znalostí základního kurzu provádí Úřad nebo jím pověřené organizace. Rozsah a úroveň znalostí je definována v dodatku I k Part-66. Informace o pověřených organizacích zkoušející základní teoretické znalosti podle Part-66 jsou uvedeny v postupu CAA-ZLP-052. Zkoušky typového výcviku jsou uskutečňovány u organizací schválených podle Part-147 a provádějících příslušný typový kurz. Rozsah a úroveň znalostí pro absolvování typového kurzu je definována v dodatku III k Part-66. Zkoušky mohou být prováděny na počítači, pomocí papírových testů nebo kombinací obojího. Počty otázek a odpovídající doba zkoušky pro teoretickou zkoušku podle Part-66 stanovuje dodatek II k Part-66. Rozsah a úroveň zkoušky typového výcviku je uveden

v dodatku III k Part-66. U zkoušky typového výcviku je doporučena jedna otázka na hodinu předmětu při minimálním počtu dvou otázek na jeden předmět osnovy.

Zkoušky jsou prováděny formou otázek a výběru ze tří různých odpovědí, z nichž jen jedna je správná. Hodnocení písemných zkoušek je „uspěl“ při minimálním poměru 75 % správných odpovědí. V ostatních případech je zkouška hodnocena „neuspěl“.

Vedoucím výcviku i zkoušejícím personálem musí být zajištěna ochrana všech otázek. Kterýkoliv student, který je při zkoušce teoretických znalostí přistižen při tom, jak podvádí nebo používá materiály, které se týkají předmětu zkoušky (jiné než zkušební testy a příslušnou povolenou dokumentaci), musí být ze zkoušky vyloučen a nesmí být připuštěn k dalším zkouškám minimálně 12 měsíců od incidentu. Organizace musí o incidentu informovat Úřad do jednoho kalendářního měsíce včetně podrobností.

Examinátorovi, který je přistižen při tom, jak během zkoušky teoretických znalostí poskytuje kterémukoliv zkoušenému žákovi odpovědi na otázky, musí být odebráno pověření provádět zkoušky a zkouška musí být prohlášena za neplatnou. Organizace musí o incidentu informovat Úřad do jednoho kalendářního měsíce. V takovém případě rozhodne o vrácení pověření provádět zkoušky Úřad.

Zkoušky teoretických znalostí musí být v souladu s příslušnou úrovní pro odpovídající kategorii, jak je uvedeno v Part-66, pouze Úřadem schválenými examinátoři. Příslušný test musí pokrývat reprezentativní průřez částí příslušných okruhů, jak je uvedeno v Part-66.

Zkouška musí být písemná formou otázek s možností výběru z více odpovědí. Každá otázka musí mít tři různé odpovědi, z nichž jenom jedna je správná. Úrovně otázek jsou pro jednotlivé předměty předepsány v bodě 3.1 Dodatku II k Part-66. Celková délka zkoušky je dána celkovým počtem otázek. Čas na zodpovězení je 90 vteřin na otázku. Během zkoušky nesmí mít zkoušený k dispozici žádnou dokumentaci a poznámky s výjimkou zkoušky pro kategorii B1 a B2, kde je vyžadována schopnost práce s technickou dokumentací. Počet otázek musí být alespoň jedna otázka za každou hodinu výuky při minimálním počtu dvou otázek na jeden předmět osnovy. Počet otázek a jejich úroveň schvaluje Úřad. Hodnocení „uspěl“ pro zkoušku je při 75 % správných odpovědích. [5]

2.8.4 Kategorie a oprávnění k osvědčování

Základní a typový výcvik pro techniky údržby letadel musí odpovídat příslušné kategorii nebo podkategorii AML Part-66.

Kategorie A – osvědčující mechanik traťové údržby

AML Part-66 kategorie A umožňuje držiteli vydávat osvědčení o uvolnění do provozu v rozsahu úkonů podrobně zapsaných v oprávnění po vykonání plánované traťové údržby a po odstranění jednoduché závady. Práva osvědčovat musí být omezena na práci, kterou držitel průkazu osobně vykonal v organizaci Part-145.

Kategorie B1 – osvědčující technik traťové údržby (drak/motor)

Držitel této kategorie průkazu způsobilosti může vydávat osvědčení o uvolnění do provozu po vykonání údržby, včetně údržby draku letadla, pohonné jednotky, mechanických a také elektrických systémů. Mezi práva je též zahrnuta práce na systémech avioniky vyžadujících pouze jednoduché zkoušky k prokázání jejich provozuschopnosti a nevyžadujících odstraňování poruch. Kategorie B1 v sobě automaticky zahrnuje odpovídající podkategorii A.

Kategorie B2 – osvědčující technik údržby pro avioniku

Držitel této kategorie průkazu způsobilosti může vydávat osvědčení o uvolnění do provozu po vykonání údržby avioniky a elektrických systémů včetně úkolů týkajících se elektrických systémů a avioniky v pohonné jednotce a mechanických systémů vyžadujících pouze jednoduché zkoušky k prokázání jejich provozuschopnosti.

Kategorie B3 – osvědčující technik traťové údržby

Držitel této kategorie průkazu způsobilosti může vydávat osvědčení o uvolnění do provozu po vykonání traťové údržby na letounech s pístovým motorem bez přetlakové kabiny s MTOM 2 000 kg a nižší.

Kategorie C – osvědčující technik údržby na technické základně

Držitel této kategorie může vydávat osvědčení o uvolnění do provozu po vykonání údržby letadel na základně. Práva platí pro letadlo jako celek v organizaci Part- 145. Kategorie C v AML Part-66 je rozlišeno na kategorii C pro velká letadla a pro jiná než velká letadla. [5]

3 Vrtulník Eurocopter EC 135

Eurocopter EC 135 (Obr. 3) je lehký dvoumotorový civilní vrtulník vyráběný firmou Eurocopter Group. Tento víceúčelový vrtulník má široké využití u letecké záchranné služby a policejních složek. V současnosti je v šedesáti zemích světa v provozu cca 1100 těchto vrtulníků a mají celkově nalétáno přes 3,25 miliónu hodin. [7]



Obr. 3 Vrtulník Eurocopter EC 135 [8]

Eurocopter EC 135 využívá dva typy motoru vybavené systémem FADEC (Full Authority Digital Engine Control), jež optimalizuje výkon motoru a zajišťuje bezpečnost. Jde o motor společnosti Turbomeca Arrius - 2B2 (Obr. 4) a motor společnosti Pratt and Whitney Canada - PW206B2 (Obr. 5). Oba motory poskytují vysoký výkon, dlouhou životnost a nízkou spotřebu paliva (Tab. 4). Díky dvoumotorové konstrukci je zajištěna větší míra bezpečnosti v případě poruchy jednoho z nich. [9]



Obr. 4 Turbomeca Arrius 2B2 [10]



Obr. 5 Pratt & Whitney Canada PW206B2 [11]

Tabulka č. 4 Srovnání motorů Pratt & Whitney PW206B2 a Turbomeca Arrius 2B2 [10,11]

	Arrius 2B2	PW206B2
OEI 30 sec výkon	610 kW / 818 shp	609 kW / 816 shp
OEI 2 min výkon	590 kW / 791 shp	580 kW / 777 shp
OEI nepřetržitý výkon	540 kW / 724 shp	528 kW / 708 shp
Vzletový výkon	472 kW / 633 shp	498 kW / 667 shp
Výkon nepřetržitý	439 kW / 589 shp	457 kW / 612 shp
Délka	1158 mm	1040 mm
Šířka	518 mm	520 mm
Výška	690 mm	730 mm
Váha	114,3 kg	117,2 kg
Maximální rychlost *	278 km/h, 150 kts	278 km/h, 150 kts
Maximální cestovní rychlost *	257 km/h, 139 kts	257 km/h, 139 kts
Spotřeba paliva při maximální cestovní rychlosti *	234,5 kg/h	234,5 kg/h
Ekonomická cestovní rychlost (ECS) *	237 km/h, 128 kts	226 km/h, 122 kts
Spotřeba paliva při ekonomické cestovní rychlosti *	215 kg/h	200,5 kg/h
Rychlost stoupání *	8,9 m/s, 1750 ft/min	8,9 m/s, 1750 ft/min
Maximální dostupnost *	5155 m / 16900 ft	5155 m / 16900 ft
Maximální dolet (ECS, 560 kg nádrž paliva) *	630 km / 340 NM	645 km / 348 NM
Maximální dolet (ECS, 730 kg nádrž paliva) *	825 km / 446 NM	850 km / 459 NM

* = při použití motorů na vrtulníku Eurocopter EC 135 s hmotností 2720 kg

Při konstrukci vrtulníku nedošlo k žádnému kompromisu mezi bezpečností a výkonností. Kokpit poskytuje největší možnou úroveň bezpečnosti, např. ve variantě Glass Cockpit (Obr. 6), využívající LCD displeje, nebo jako centrální panelový displej systému (CPDS), který je napojený na letový a motorový multifunkční displej (VEMD-Vehicle and Engine Multifunction Display) a displej pro upozornění a nápovědy (CAD-Caution and Advisory Display). Možná je také instalace plně integrovaného automatického systému řízení letu AFCS (Automatic Flight Control System). Volitelná jedno nebo dvou pilotní IFR avionika zajišťuje bezpečnost při letech za špatného počasí, např. při provozu v horách a při provozu v okolí ropných plošin. K této moderní technologii patří rovněž systém hlavního rotoru s absencí ložisek a zakrytovaný zadní rotor - Fenestron (Obr. 7), jež poskytuje vysokou účinnost, odolnost proti poškození při manévrech v blízkosti terénu, bezpečnost pro pozemní personál a v neposlední řadě nízkou hlučnost. Stroj patří mezi nejtíšší stroje své kategorie, což umožňuje provoz nad městy a hustě osídlenými oblastmi. [9]



Obr. 6 Glass Cockpit [12]



Obr. 7 Zadní rotor FENESTRON [13]

Vrtulník kromě vynikajícího výkonu disponuje rovněž výbornou manévrovatelností. Jeho trup je odolný proti nárazu, stejně tak jako sedadla. Palivové nádrže jsou z důvodu bezpečnosti odolné proti průrazu, řídicí jednotka FADEC zjednodušuje ovládání motoru a zajišťuje špičkový výkon ve všech podmínkách, dále ochranu motoru s monitorováním jeho stavu. Boční vstupy vzduchu do motoru jsou kompatibilní se vstupním filtrem (IBF), jež zajišťuje ochranu proti vniknutí nečistot do motoru. [14]

Jednoduchá konstrukce vrtulníku umožňuje jeho rychlou a jednoduchou údržbu, tedy nízké provozní náklady. EC 135 má nejnižší náklady na údržbu ve své třídě, to z něj dělá jeden z provozně nejlevnějších dvoumotorových vrtulníků. Střední interval inspekce je 500 letových hodin a pravidelné kontroly se provádí po 1000 letových hodinách nebo po třech letech.

Čtyřlístový hlavní rotor (Obr. 8) je dostatečně vysoko pro zajištění bezpečnosti při provozu na zemi a vyžaduje údržbu pouze v závislosti na jeho stavu. [14]



Obr. 8 Čtyřlístový hlavní rotor [15]

Kabina vrtulníku disponuje objemem prostoru 5,9 m³, má rovnou podlahu opatřenou kolejnicemi, boční dveře jsou po obou stranách posuvné a zadní dveře výklopné. Vrtulník EC 135 pojme podle použití tento počet osob (Tab. 5):

Tabulka č. 5 Možnosti uspořádání vnitřního prostoru vrtulníku Eurocopter EC 135 [19]

Přeprava pasažérů	1 nebo 2 piloti	7 nebo 6 pasažérů	(verze pro 6 pasažérů)
	1 nebo 2 piloti	6 nebo 5 pasažérů	(verze pro 5 pasažérů)
	1 nebo 2 piloti	5 nebo 4 pasažéři	(VIP verze pro 4 pasažéry)
Záchranná služba	1 pilot	1 nosítka	4 sedadla pro lékaře a záchranáře
	1 pilot	2 nosítka	3 sedadla pro lékaře a záchranáře
	2 piloti	1 nosítka	3 sedadla pro lékaře a záchranáře
	2 piloti	2 nosítka	2 sedadla pro lékaře a záchranáře
Přeprava nákladu	1 pilot	4,9 m ³	nákladového prostoru

Technické údaje vrtulníku Eurocopter EC 135 (Tab. 6, 7, 8):

Tabulka č. 6 Rozměry Eurocopteru EC 135

Délka s listy rotoru	12,26 m	40,2 ft
Délka trupu	10,20 m	33,5 ft
Výška	3,51 m	11,5 ft
Šířka (bez hlavního rotoru)	3,16 m	10,4 ft
Průměr hlavního rotoru	10,40 m	34,1 ft
Světlá výška hlavního rotoru	2,4 m	7,9 ft

Poklady k tabulce ze zdrojů: [16, 17, 18, 19, 20]

Tabulka č. 7 Hmotnost Eurocopteru EC 135

Maximální vzletová hmotnost	2980 kg	6570 lb
Prázdná hmotnost, standardní konfigurace	1482 kg	3267 lb
Užitečná hmotnost, standardní konfigurace	1498 kg	3303 lb
Maximální zatížení-závěs pod trupem	1300 kg	2866 lb
Standardní hmotnost paliva	560 kg	1235 lb

Poklady k tabulce ze zdrojů: [16, 17, 18, 19, 20]

Tabulka č. 8 Ostatní parametry Eurocopteru EC 135

Maximální rychlost	259 km/h	140 kts
Cestovní rychlost	252 km/h	136 kts
Stoupání při výpadku jednoho motoru (OEI)	2 m/s	400 ft/min
Maximální dolet při cestovní rychlosti	609 km	329 NM
Maximální operační výška	6095 m	20 000 ft
Minimální operační teplota	minus 35°C	minus 31°F
Maximální operační teplota	39°C	102,2°F

Poklady k tabulce ze zdrojů: [16, 17, 18, 19, 20]

Tabulka č. 9 Verze Eurocopter EC 135 [7]

VERZE	VLASTNOSTI
EC 135 P1	Pohon - dva motory Pratt & Whitney Canada PW206B o vzletovém výkonu 463 kW. Pozdější verze mají centrální panelový displejový systém CPDS. Maximální vzletová hmotnost je 2630 kg, později zvýšena na 2720 kg a 2835 kg. [7]
EC 135 T1	Pohon - dva motory Turbomeca Arrius 2B1/2B1A/2B1A1 o vzletovém výkonu 435 kW. Pozdější verze mají centrální panelový displejový systém CPDS. Maximální vzletová hmotnost je 2630 kg, později zvýšena na 2720 kg a 2835 kg. [7]
EC 135 P2	Pohon - dva motory Pratt & Whitney Canada PW206B o vzletovém výkonu 463 kW. Zvýšen termodynamický a mechanický OEI výkon (128 % OEI točivého momentu). Nahradil Eurocopter EC 135 P1. [7]
EC 135 T2	Pohon - dva motory Turbomeca Arrius 2B2 o vzletovém výkonu 452 kW. Zvýšen termodynamický a mechanický OEI výkon (128 % OEI točivého momentu). Nahradil Eurocopter EC 135 T1. [7]
EC 135 P2+ (EC 135 P2i)	Pohon - dva motory PW206B2 o vzletovém výkonu 498 kW. Navýšení výkonu dosaženo pomocí upgradu FADEC softwaru, maximální vzletová hmotnost vzrostla na 2910 kg. Delší doba mezi generálními opravami TBO i interval výměny oleje v hlavním reduktoru.
EC 135 T2+ (EC 135 T2i)	Pohon - dva motory Arrius 2B2 o vzletovém výkonu 473 kW. Navýšení výkonu dosaženo pomocí upgradu FADEC softwaru, maximální vzletová hmotnost vzrostla na 2910 kg. Delší doba mezi generálními opravami TBO i interval výměny oleje v hlavním reduktoru.
EC 135 P2+ (EC 135 P2e)	Maximální vzletová hmotnost 2950 kg v rámci omezené letové obálky. [7]
EC 135 T2+ (EC 135 T2e)	Maximální vzletová hmotnost 2950 kg v rámci omezené letové obálky. [7]
EC 135 P3	Pohon - dva motory PW206B3 o vzletovém výkonu 528 kW. Navýšení výkonu dosaženo pomocí upgradu FADEC softwaru, maximální vzletová hmotnost vzrostla na 2980 kg. [7]
EC 135 T3	Pohon - dva motory Arrius 2B2Plus o vzletovém výkonu 492 kW. Navýšení výkonu dosaženo pomocí upgradu FADEC softwaru. Maximální vzletová hmotnost vzrostla na 2980 kg. Na trhu od roku 2014. [7]
EC 635/H135M	Vojenská verze Eurocopter EC 135 s vybavením pro palebnou podporu a lékařskou záchranu v boji. Provozována armádou v Jordánsku, Švýcarsku a Iráku. [7]
TH - 135	Varianta vrtulníku Eurocopter EC 135 určená pro vojenský výcvik. Vyvinuta z původní verze EC 135 T2+. [7]

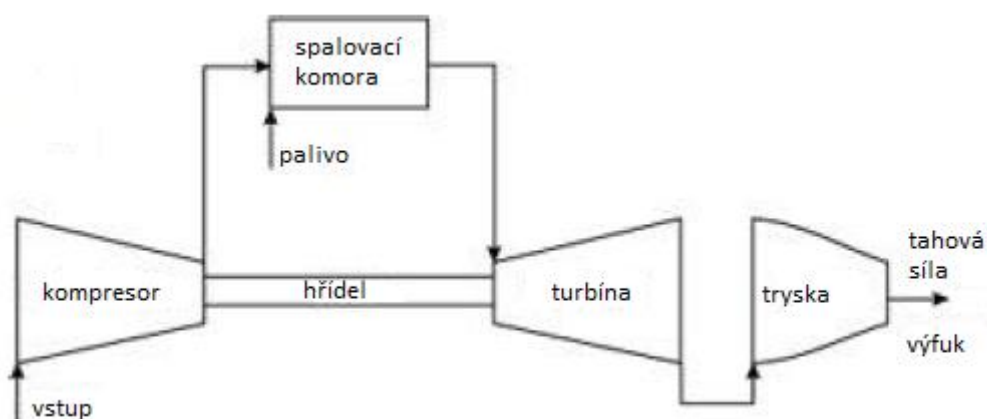
4 Konstrukce turbínového motoru

Turbínový motor je druh spalovacího motoru, pracujícího na principu Třetího Newtonova zákona, zákona akce a reakce, jehož síla pramení z energie horkého plynu. Na rozdíl od parní turbíny síla pochází přímo ze spalin, nikoliv z páry vzniklé ohřevem vody. Turbínový motor je typem spalovacího motoru, který využívá kontinuální proces spalování, čímž se liší od přerušovaného spalování pístového motoru. [21]

Turbínový motor vyžaduje velmi přesný výrobní proces. Vždy má tři hlavní komponenty, kterými jsou kompresor, spalovací komora a turbína. Tyto tři hlavní komponenty tvoří tzv. generátor plynů, který je společný pro letadlový turbínový motor proudový i turbohřídelový motor.

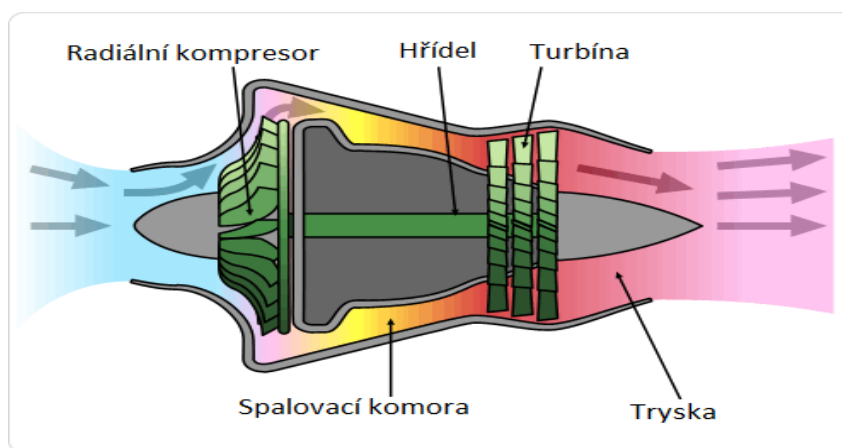
4.1 Proudový turbínový motor

Proudový turbínový motor (Obr. 9) nasaje vzduch z okolní atmosféry. Vzduch je hnán do kompresoru, kde je stlačen a tím se zahřeje. Stlačený vzduch putuje z kompresoru do spalovací komory, kde se promíchá se vstříkovaným palivem (chemickou energií), směs se zažehne a probíhá proces hoření. Horké plyny s vysokou energií pokračují přes rozváděcí ústrojí do turbíny, které předají část své energie. Turbína získanou energii využije s pomocí hřídele pro pohon kompresoru. Horké spaliny dále prochází výtakovou tryskou za velkého tlaku a jejich tepelná energie se mění na energii kinetickou a vytvoří tak tah motoru.

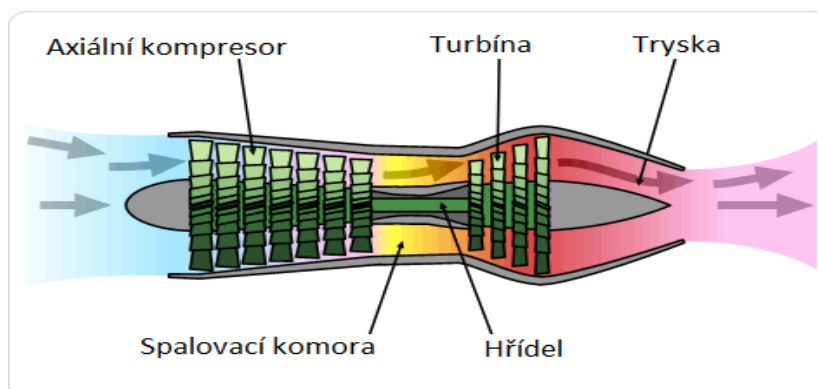


Obr. 9 Konstrukce leteckého proudového turbínového motoru [22], přeloženo z AJ

Po druhé světové válce se vyráběly motory, které měly radiální (odstředivé) kompresory (Obr. 10a) a neregulované výstupní trysky. Nároky na výkon však rostly, proto byl sestrojen axiální (osový) kompresor (Obr. 10b). Jeden stupeň axiálního kompresoru má menší stlačení i účinnost než kompresor radiální, ale použitím víceúrovňového axiálního kompresoru se však dosáhne vyššího celkového stlačení. Je také možné zkombinovat víceúrovňový axiální kompresor s radiálním, a to řazením za ním na společné hřídeli. Dnes se jednoproudový motor používá pro nadzvuková letadla pro velké výšky a rychlosti, tedy zejména pro vojenská. Většinou bývá vybaven přídatným spalováním. Jako palivo se používá kerosin. Dopravní letouny jsou vybaveny dvouproudovými motory. [22]



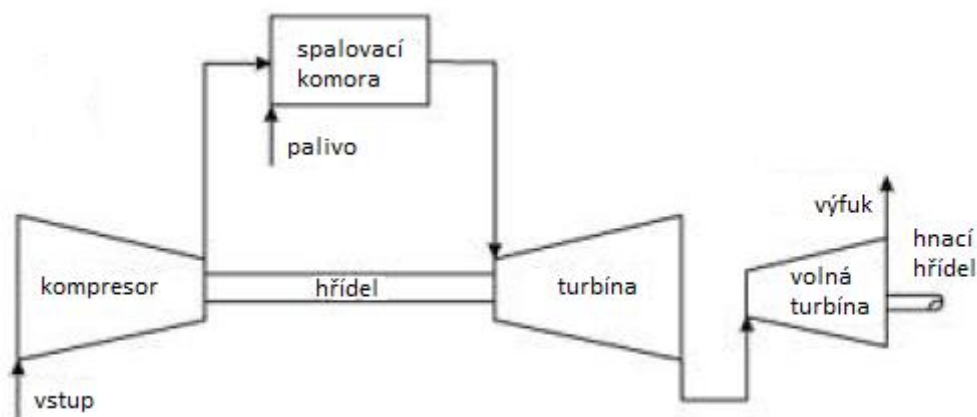
Obr. 10a Schéma proudového motoru s radiálním kompresorem [23], přeloženo z AJ



Obr. 10b Schéma proudového motoru s axiálním kompresorem [24], přeloženo z AJ

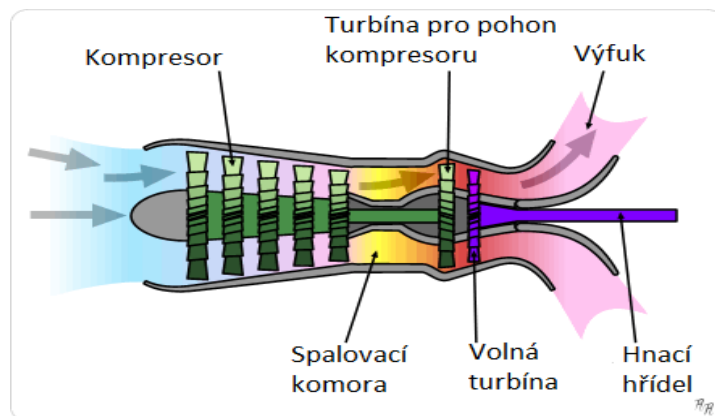
4.2 Turbohřídelový motor

Turbohřídelový motor je typ plynové turbíny (turbínového motoru), která je uzpůsobena k pohonu hřídele a ne k vyvození tahu prostřednictvím trysky (Obr. 11). Ve své podstatě jsou turbohřídelové motory velmi podobné motorům proudovým, s tím rozdílem, že používají další přídavnou turbínu pro transformaci kinetické energie výtokových plynů na mechanickou energii otáčení hřídele. Hřídel následně přes reduktor pohání rotor vrtulníku. Turbohřídelové motory se obvykle používají v aplikacích, které vyžadují trvalý vysoký výstupní výkon, vysokou spolehlivost, malé rozměry a malou hmotnost (vrtulníky, vznášedla, lodě, stacionární elektrické jednotky). Turbohřídelové motory se skládají ze dvou částí, generátoru plynů a výkonné části. Plynový generátor se skládá z kompresoru, spalovací komory a jedno nebo více stupňové turbíny. Výkonná část se skládá z jedno nebo více stupňů turbíny, reduktoru a výstupní hřídele. Generátor plynů vytváří horké expandující plyny jež pohání výkonnou část. Závisí na konstrukci motoru zda je příslušenství motoru (skřín přídavných náhonů) poháněno plynovým generátorem či výkonnou částí turbohřídelového motoru.



Obr. 11 Princip turbohřídelového motoru vrtulníku [21], přeloženo z AJ

Ve většině konstrukčních řešení bývá plynový generátor a výkonná část od sebe mechanicky oddělena a každá tedy může pracovat při jiných otáčkách. V takovém případě hovoříme o volné turbíně (turbína výkonné části). (Obr. 12)

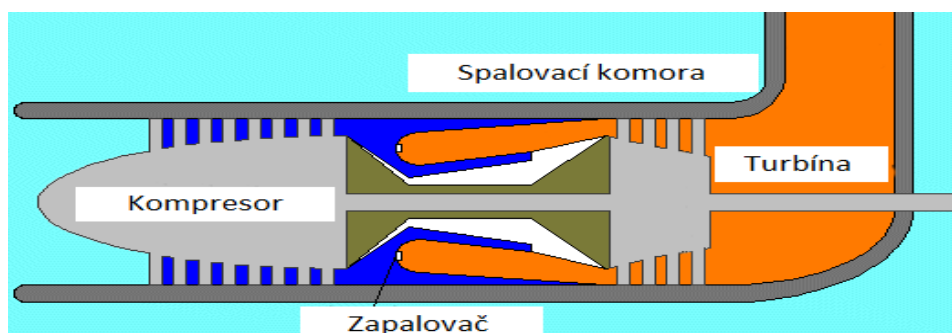


Obr. 12 Turbohřídelový motor vrtulníku [24]

První turbohřídelový motor byl postaven francouzskou firmou Turbomeca v roce 1948 a byl později použit pro vrtulník Alouette II.

4.2.1 Jednohřídelový turbínový motor

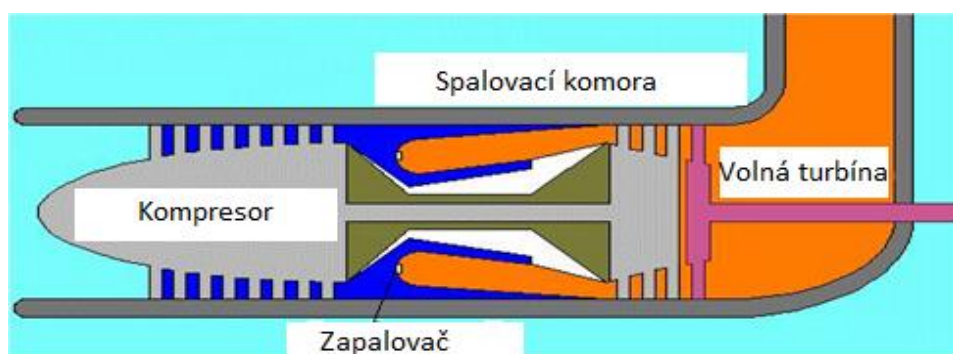
U jednohřídelového turbínového motoru jsou kompresor a turbína přímo spojeny a sestaveny jako jeden celek. Většina výkonu turbíny se používá k pohonu kompresoru a zbytkový výkon může být použit pro pohon čerpadla nebo generátoru. Pokud má turbína jen jeden hřídel v motoru (Obr. 13), nemůže pracovat při nízkých otáčkách, protože nízké otáčky kompresoru nemohou vytvářet potřebný vysoký tlak vzduchu, což má za následek selhání spalování a zastavení motoru. Tento typ jednohřídelového turbínového motoru je aplikován pro výrobu elektrické energie, kde není vyžadována jeho proměnná rychlost. [25]



Obr. 13 Schéma jednohřídelového turbínového motoru [25], přeloženo z AJ

4.2.2 Dvouhřídelový turbínový motor

Pokud turbínu rozdělíme na dvě části, může se každá z nich otáčet libovolnou rychlostí nezávisle na sobě. Kompresor a levá část turbíny jsou spojeny do jednoho celku a pravá část turbíny se otáčí nezávisle, volně. (Obr. 14) Díky tomu může být výstupní hřídel v klidu, zatím co motor pracuje, může být připojen z nulových otáček při jakémkoliv režimu motoru. Jde tedy o turbínový motor dvouhřídelový (motor s volnou plynovou turbínou).



Obr. 14 Schéma dvouhřídelového turbínového motoru [25], přeloženo z AJ

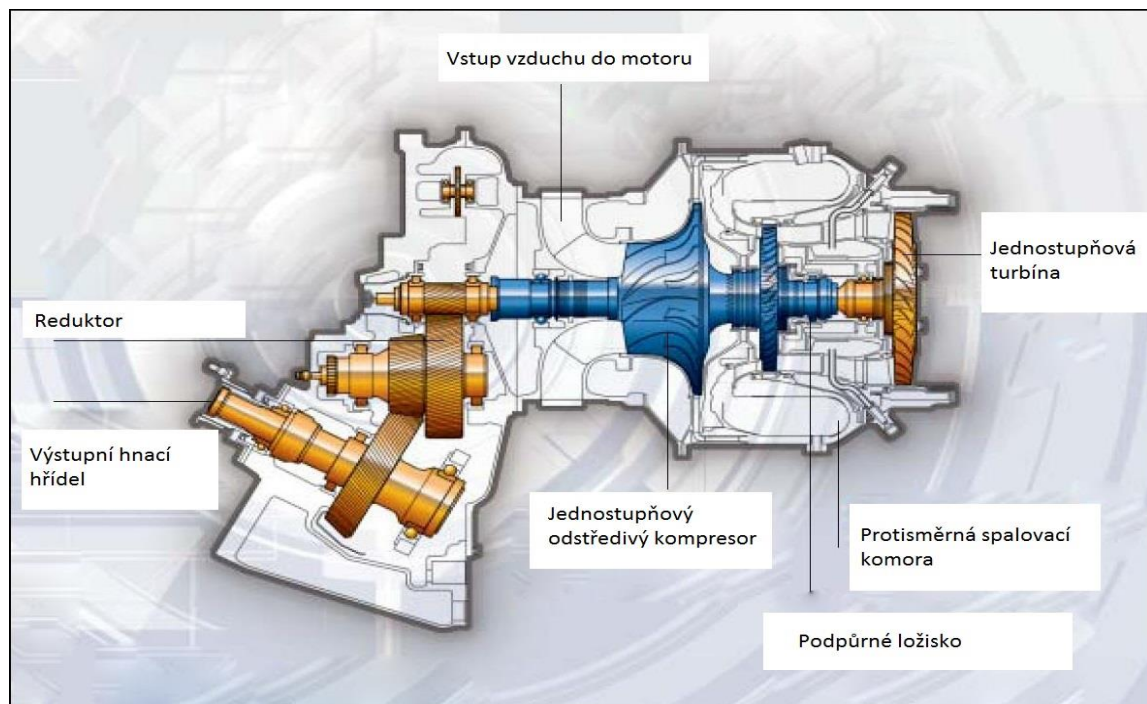
Tento motor se vyznačuje vysokým stlačením vzduchu a vysokým krouticím momentem. Má tedy vysoký točivý moment při nízkých otáčkách a srovnatelně vysokou účinnost při nízké rychlosti.

5 Motor Arrius 2B2

Arrius 2B2 je nejnovější přírůstek do rodiny modulárních turbohřídelových motorů Arrius, která vznikla v roce 1981 a pohání nejmodernější jedno nebo dvumotorové lehké vrtulníky, jejichž vzletový výkon na hřídeli dosahuje od 479 do 716 koní.

Motor Arrius 2B2 (Obr. 15) pohání lehký dvumotorový vrtulník Eurocopter EC 135. Tento motor je o 40 % výkonnější než jeho první verze, certifikován byl v roce 2002. Skládá se pouze ze dvou modulů (modul 1 - redukční převodovka nakloněná o 28 stupňů s hřídelem, modul 2 - plynový generátor opatřený turbínou s monokrystalovými lopatkami), což s sebou přináší snadnou údržbu. Interval mezi jednotlivými generálními opravami motoru (TBO - Time Between Overhaul) je 4000 hodin. Umožňuje zvýšit vzletovou hmotnost na 2860 kg v kategorii A pro teploty nad 20°C a má pohotovostní OEI (One Engine Inoperative) s jedním nepracujícím motorem. Elektronická jednotka řízení EECU zajišťuje automatický start, ochranu proti přehřátí, proti přetížení, dále ochranu proti pumpáži, řídí životnost motoru. Jde o jeden z motorů s nejnižšími emisemi.

Motorová elektronická kontrolní jednotka snižuje zátěž na pilota a zvyšuje tak celkovou bezpečnost, indikuje provozní parametry, řídí bezpečně životnost motoru do TBO, akce údržby jsou signalizovány na motorovém displeji. [27]



Obr. 15 Schéma motoru Arrius 2B2 [27], přeloženo z AJ

Technické specifikace motoru Turbomeca Arrius 2B2 (Tab. 10, 11, 12, 13, 14):

Tabulka č. 10 Maximální teploty plynů na turbíně [27]

Maximální teploty plynů na turbíně [°C]	
OEI 30 sec	1024
OEI 2 min	994
OEI 2,5 min	N/A
OEI nepřetržitý	942
Vzletový režim	897
Maximální nepřetržitý	879
Startovací režim (neomezený)	819
Startovací režim (max. 5 sec)	910

Tabulka č. 11 Maximální otáčky plynového generátoru [27]

Maximální otáčky plynového generátoru (N1)		
OEI 30 sec	57081 rpm	105,5 %
OEI 2 min	56413 rpm	104,2 %
OEI 2,5 min	N/A	N/A
OEI nepřetržitý	55187 rpm	102,0 %
Vzletový režim	54105 rpm	99,9 %
Maximální nepřetržitý	53564 rpm	98,9 %
Přechodové přetížení (max. 5 sec)	55187 rpm	102,0 %

Tabulka č. 12 Otáčky volné turbíny [27]

Otáčky volné turbíny (N2)		
Maximální po neomezenou dobu	46680 rpm	106 %
Maximální přechodové (max. 20 sec)	47560 rpm	108 %
Minimální po neomezenou dobu	41396 rpm	94 %
Minimální přechodové (max. 20 sec)	37430 rpm	85 %

Tabulka č. 13 Maximální točivý moment [27]

Maximální točivý moment [N.m]	
OEI 30 sec	905
OEI 2 min	905
OEI 2,5 min	N/A
OEI nepřetržitý	740
Vzletový režim	740
Maximální nepřetržitý	660
Přechodové přetížení (max. 20 sec)	N/A

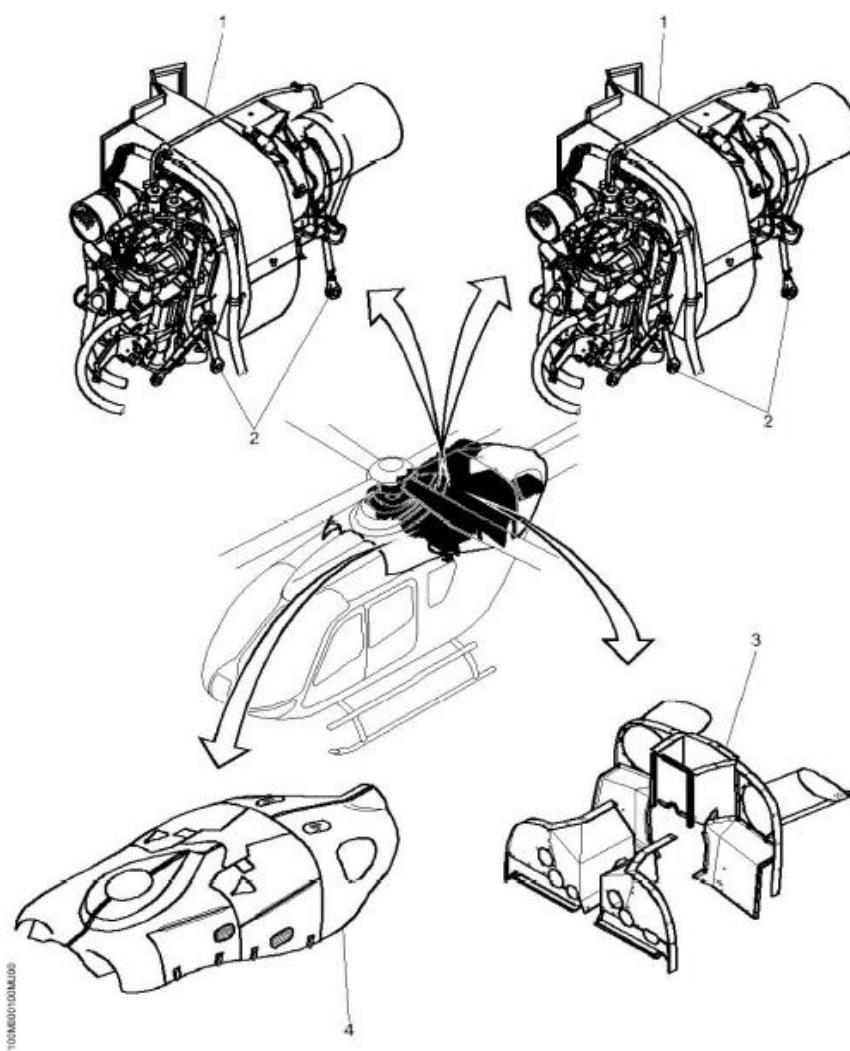
Tabulka č. 14 Otáčky [27]

Otáčky výstupní hřídele	6252 rpm (106 %)
Otáčky startér generátoru	12334 rpm

5.1 Konfigurace motoru

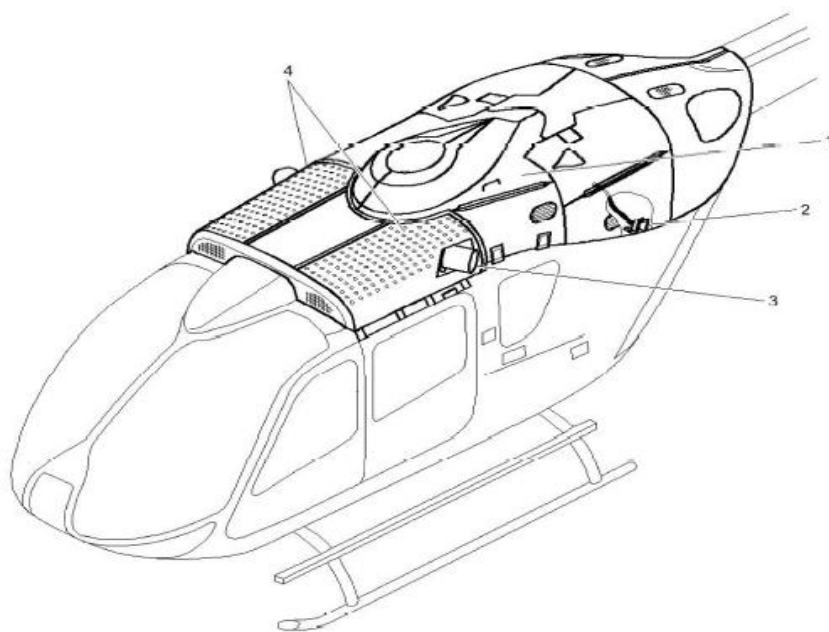
Vrtulník (Obr. 16) je vybaven dvěma turbohřídelovými motory Arrius 2B1/2B2 (1) vyrobenými francouzským výrobcem motorů Turbomeca. Dodávají vrtulníku požadovanou pohonnou sílu.

Kapotování motoru (4) chrání motor před poškozením a kontaminací nečistotami a zároveň zaručuje aerodynamický tvar trupu. Motorový rám (2) udržuje oba motory bezpečně v motorovém prostoru. Je navržen tak, aby udržel motor v případě nouzového přistání s přetížením 20 G ve směru dolů, snese přetížení 16 G ve směru dopředu. Protipožární přepážky (3) izolují teplo vyzařované motorem a v případě požáru zabraňují šíření ohně do dalších systémů a prostoru trupu. [27]



Obr. 16 Vrtulník Eurocopter EC 135 s motory Arrius 2B1/2B2 [26]

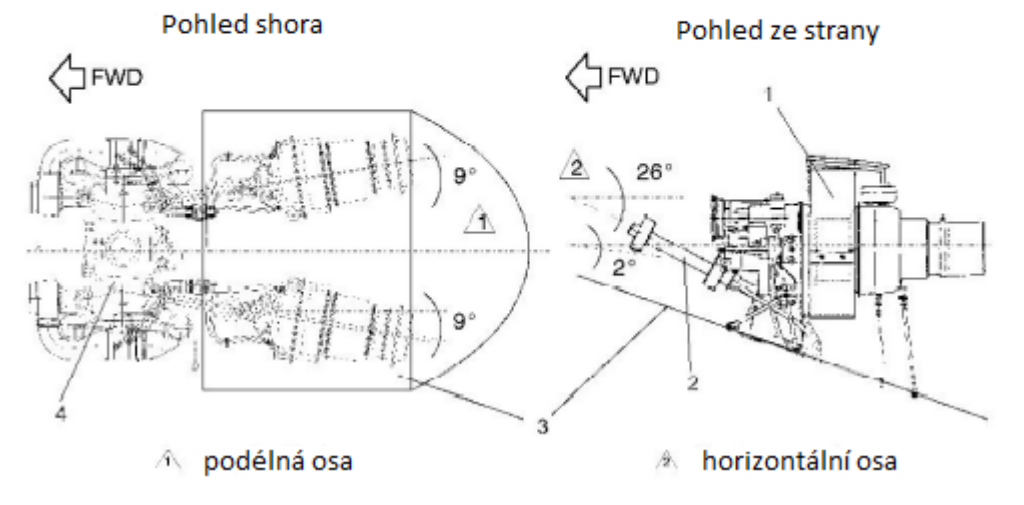
Pískový filtr patří mezi volitelné příslušenství. Jeho funkcí je filtrovat vzduch na vstupu do kompresoru při letech v nízkých výškách nad povrchem. Umístění následujících komponentů je zachyceno na (Obr. 17). Rozdvojená soustava odstředivých pískových filtrů (4) s integrovaným odstředivým potrubím a dvěma vývody (3) jsou pevně uchyceny na střeše kabiny před vstupy do levého a pravého motoru. Toto volitelné příslušenství také obsahuje modifikovanou kapotáž, přídavné chlazení a těsnění hřídele vrtule (1). Drenážní potrubí zajišťuje odvod vlhkosti a nepatrného množství paliva a maziv vylučovaných motorem. Motor je umístěn v motorovém prostoru mezi rámem číslo 5 a číslo 8 helikoptéry. K volitelnému příslušenství patří zařízení na průplach kompresoru (2), které slouží k prevenci proti korozi, k odstranění nánosu soli a nečistot z kompresoru. Promytí může být prováděno na zakrytém a běžícím motoru. [27]



Obr. 17 Vrtulník Eurocopter EC 135 [26]

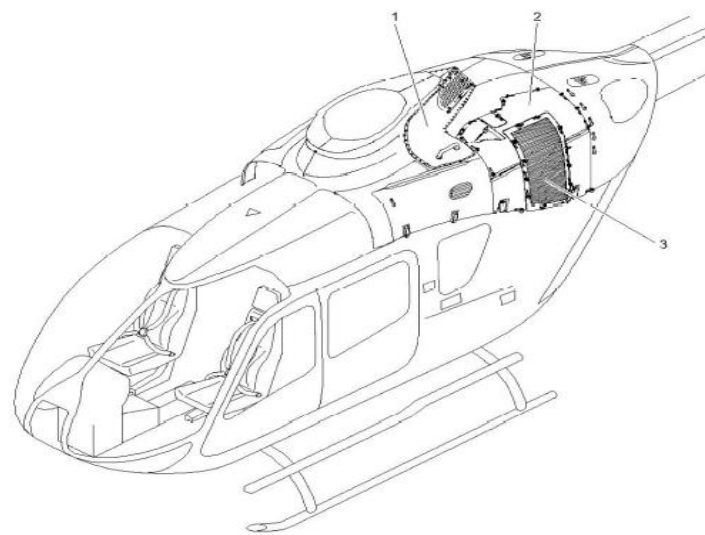
Motory Arrius 2B1/2B2 (1) jsou instalovány v motorovém prostoru za hlavním reduktorem (4). Jsou uspořádány do V tvaru nakloněném o 9 stupňů vůči podélné ose vrtulníku a o 2 stupně vůči svislé ose vrtulníku. Motor pohání hřídel (2) uloženou pod úhlem 26 stupňů směrem nahoru. Hřídel je napojena na volné kolo hlavního reduktoru (4). Volné kolo reduktoru představuje rozhraní mezi motorem a hlavním rotorem reduktoru. [27]

- 1 Motor
- 2 Poháněná hřídel
- 3 Motorová přepážka
- 4 Hlavní reduktor



Obr. 18 Schéma uložení motorů Arrius 2B1/2B2 [27]

Filtr (3) na vstupu motoru (IBF) patří k volitelnému příslušenství (Obr. 19). Využívá se při letech v prašném, písečném nebo znečištěném prostředí. Součástí příslušenství je modifikovaný kryt reduktoru (1) a modifikovaná kapotáž motoru (2). [27]



Obr. 19 Vrtulník Eurocopter EC 135 [26]

5.2 Reduktor – modul 1

Reduktor se nachází na přední straně motoru a plní dvě hlavní funkce:

- a) Pohání hřídel rotoru
- b) Pohání příslušenství

Je sestaven z předního krytu, z hnacího (výstupního) hřídele s redukčními koly (převody) s šikmým ozubením, z pohonu příslušenství s ozubenými převody a ze zadního krytu.

5.2.1 Přední kryt

Přední kryt nese různá příslušenství, která jsou poháněna motorem a zároveň slouží jako opora pro ložiska různých převodů. Jeho spodní část je tvořena olejovou nádrží.

5.2.2 Ústrojí hnacího hřídele

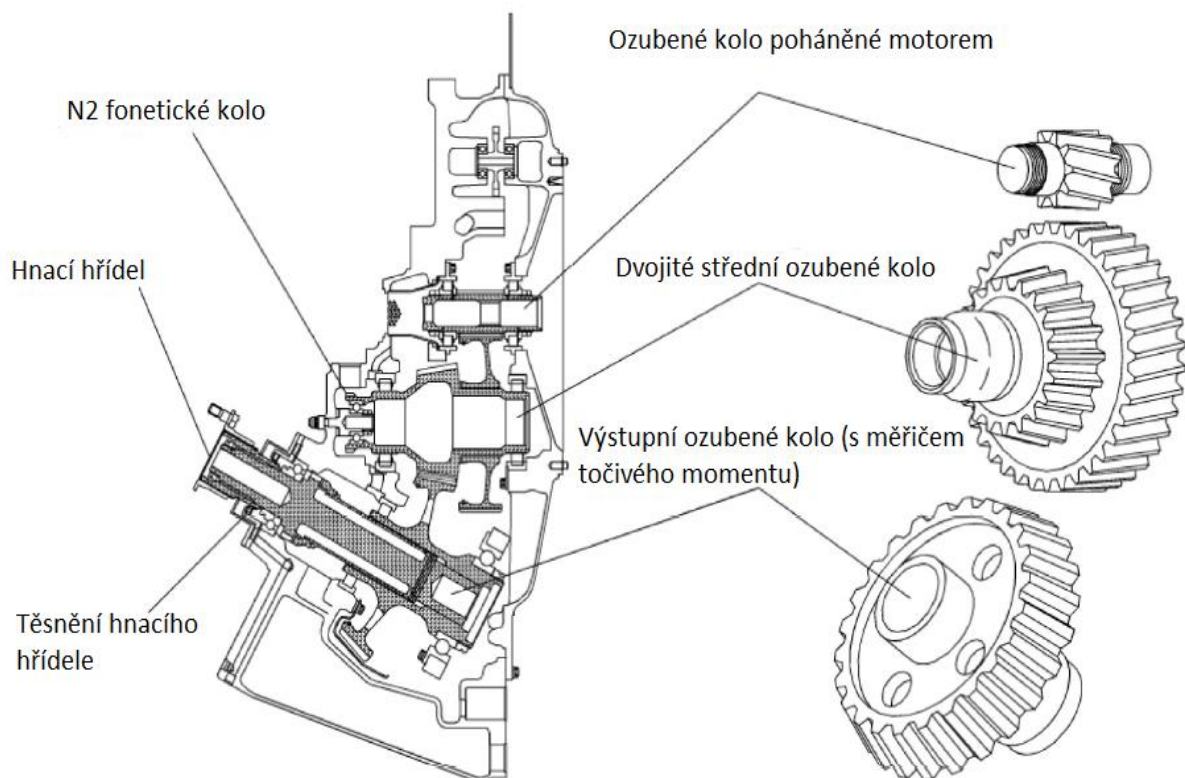
Hnací hřídel je umístěn na spodní části reduktoru. Je tvořen třemi ozubenými koly (Obr. 20):

- Ozubené kolo hnané od motoru
- Střední dvojité ozubené kolo
- Výstupní ozubené kolo

Ozubené kolo hnané od motoru je samostatný převod instalovaný přímo na hřídeli výkonné turbíny. Je uchyceno pomocí dvou ložisek.

Střední dvojité ozubené kolo je upevněno pomocí dvojice válečkových ložisek. Přední část je tvořena fonetickým kolem N2 systému pro měření otáček.

Výstupní ozubené kolo má kuželový tvar a je uchyceno pomocí kuličkového a válečkového ložiska. Je zde také umístěn měřič krouticího momentu, který pracuje na základě fázového posunu. Hnací hřídel je utěsněn pomocí těsnění s drenážními otvory.



Obr. 20 Ústrojí hnacího hřídele [27]

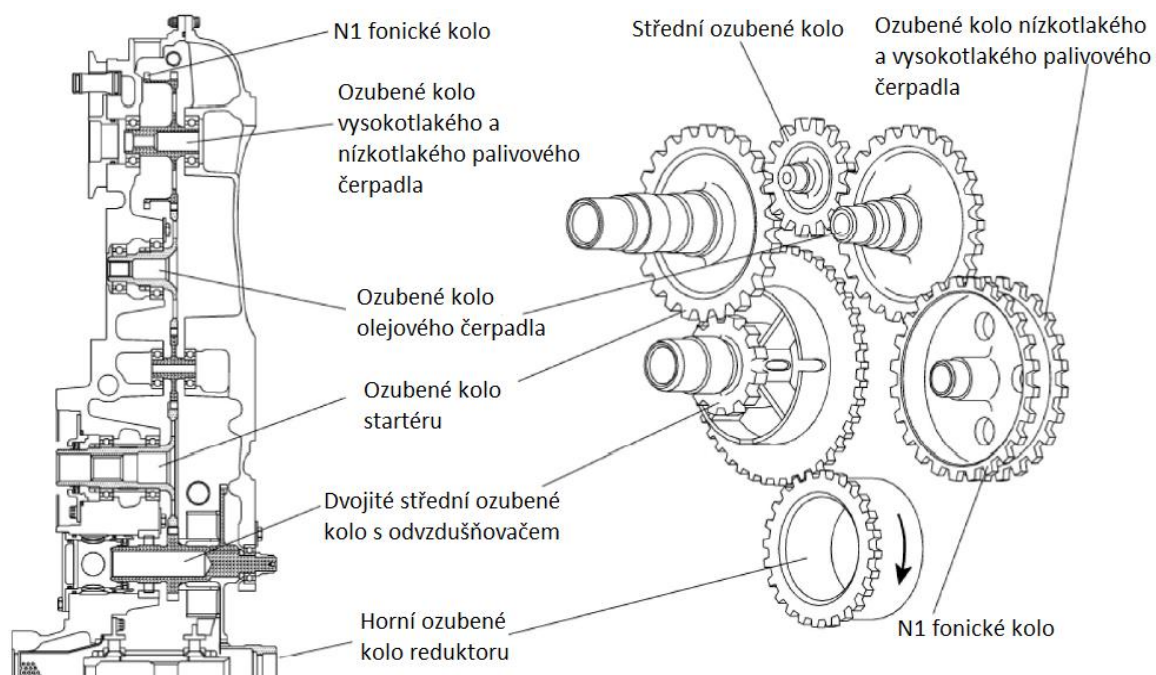
Reduktor slouží k snižování otáček volné turbíny (v poměru 7 : 5) a zajišťuje tak pohon hlavního rotoru vrtulníku. Drážkování hřídele volné turbíny pohání horní ozubené kolo reduktoru a to přenáší pohyb na střední dvojitě ozubené kolo, které pohání výstupní ozubené kolo a hnací hřídel. Systém pro měření točivého momentu pracuje na základě fázového rozdílu. Fáze se detekuje pomocí elektromagnetického senzoru. Senzor transformuje točivý moment, který se nachází na výstupním ozubeném kole, na elektrický signál, jež je veden do elektrické řídicí jednotky motoru (EECU). [27]

5.2.3 Skříň přídatných náhonů

Skříň přídatných náhonů (obr. 21) se nachází v horní části reduktoru. Obsahuje ozubená kola, jež jsou poháněna od ozubeného kola hnaného od motoru, které je instalováno na přední části hřídele odstředivého kompresoru. Skříň přídatných náhonů obsahuje:

- Dvojitě ozubené kolo
- Ozubené kolo startéru

- Střední ozubené kolo mezi ozubeným kolem startéru a ozubeným kolem olejového čerpadla
- Nízkotlaké a vysokotlaké ozubené kolo palivového čerpadla



Obr. 21 Skříň přídatných náhonů [27]

Skříň přídatných náhonů je poháněna mechanickou energií hřídele generátoru plynů. Dodává tak nezbytnou energii na pohon příslušenství, které se nachází na přední straně reduktoru. Hřídel odstředivého kompresoru otáčí horním ozubeným kolem reduktoru, které roztáčí střední ozubené kolo s odvzdušňovačem, odstředivý odvzdušňovač odděluje výpary z mazacího oleje a vzduch v systému. Střední ozubené kolo pohání ozubené kolo startéru. Během startu motoru startér pohání ozubené kolo startéru, jež se tak stává pohonným ozubeným kolem motoru a roztáčí ozubené kolo odstředivého kompresoru a další ozubená kola příslušenství.

Ozubené kolo startéru otáčí ozubeným kolem olejového čerpadla, jež dále pohání hřídel olejového čerpadla. Ozubené kolo olejového čerpadla následně otáčí ozubeným kolem nízkotlakého a vysokotlakého palivového čerpadla. [27]

5.2.4 Zadní kryt

Zadní kryt zakončuje modul reduktoru a tvoří rozhraní s modulem plynového generátoru.

5.3 Generátor plynů – modul 2

Generátor plynů plní čtyři hlavní funkce:

- a) Poskytuje kinetickou energii pro pohon volné turbíny
- b) Poskytuje nezbytnou mechanickou energii pro pohon odstředivého kompresoru a vysokotlaké turbíny
- c) Volná turbína pohání hnací hřídel rotoru
- d) Odstředivý kompresor a vysokotlaká turbína pohání příslušenství motoru (skříň přidavných náhonů)

Generátor plynů (Obr. 22) se skládá z prstencového vstupu vzduchu, jednostupňového odstředivého kompresoru, protiproudové prstencové spalovací komory, z jednostupňové vysokotlaké turbíny a volné turbíny.

Jednotlivé části generátoru plynů – modulu 2 jsou dále v textu uváděny v bodech dle obr. 18 pro přehlednost jejich umístění.

5.3.1 Prstencový vstup vzduchu

Prstencový vstup vzduchu přivádí vzduch pomocí potrubí k odstředivému kompresoru. Nachází se před odstředivým kompresorem. Obsahuje vstupní síto (2), které se skládá ze dvou částí. Dále obsahuje kryt vstupní části prstencového tvaru, jež zajišťuje konstantní průtok vzduchu. Jedna část síta obsahuje průchod pro boroskopické kontroly. Kryt ústrojí pro vstup vzduchu (1) je instalován na zadní a střední části krytu reduktoru (3) a na krytu odstředivého kompresoru (19). [27]

5.3.2 Odstředivý kompresor

Odstředivý kompresor tvoří stupeň komprese a je umístěn za vstupním ústrojím vzduchu do motoru. Vzduch přivedený prstencovým vstupem vzduchu proudí přes lopatky kola odstředivého kompresoru (18). V kompresoru dochází k nárůstu tlaku a rychlosti vzduchu. Odstředěný vzduch proudí přes první stupeň lopatek difuzoru (4), kde dojde k přeměně rychlosti na tlak. Po té vzduch prochází přes koleno difuzoru, kde se průtok vzduchu mění na axiální. V druhém stupni difuzoru (4) se zbylá rychlost vzduchu přemění na tlak a vzduch je přiváděn do spalovací komory.

5.3.3 Spalovací komora

Spalovací komora je část motoru, ve které dochází ke kontinuálnímu hoření směsi paliva se vzduchem. Skládá se ze skříň turbíny (7), plamence (9), vnějšího kolene (5), vnitřního kolene (6) a systému odpařovacích trubek (8).

Skříň turbíny (7) se nachází za soustavou difuzorů (4) a středního krytu (3). Obsahuje trysky nezbytné pro vstřikování paliva a vzduchu. Plamenec sahá do vnitřních a vnějších kolene (5,6), vytváří ve spalovací komoře směs paliva a vzduchu. Vzduch prochází různými kalibrovanými otvory. Vnější koleno (5) je umístěno mezi soustavou difuzorů a rozváděcími lopatkami turbíny plynového generátoru (17). Vnitřní koleno (6) je těsně před rozváděcími lopatkami turbíny plynového generátoru.

Vzduch je zde rozdělen na dvě části: primární tok (vzduch se míchá s palivem) a sekundární tok (vzduch chladí spaliny). Primární tok vzduchu prochází přes otvory plamence, prochází rovněž dutými lopatkami rozváděcích lopatek vysokotlaké turbíny (17), kde plní funkci chlazení lopatek. V plamenci se primární tok vzduchu smíchá s palivem a směs je rozprášena pomocí systému odpařovacích trubek. Spalování probíhá v plamenci. Sekundární vzduch prochází skrz otvory plamence, je kalibrován, aby zajišťoval stabilitu plamene, chlazení spalin a rovnoměrné rozložení teploty na turbíně. [27]

5.3.4 Vysokotlaká turbína

Vysokotlaká turbína slouží k přeměně kinetické energie spalin na mechanickou energii, která pohání odstředivý kompresor a skříň přídatných náhonů. Tyto plyny následně pokračují přes střední difuzor (14) a rozváděcí lopatky volné turbíny (13) na volnou turbínu.

Vysokotlaká turbína je umístěna pod spalovací komorou a tvoří ji rotační a statické části.

a) Rotační části

Hlavní částí je rotační kolo vysokotlaké turbíny (15), které je spojeno zubovým spojem s odstředivým kolem kompresoru (18). Kolo vysokotlaké turbíny má v zadní části válečkové ložisko, jež je utěsněno pomocí labyrintového těsnění. Kolo vysokotlaké turbíny je upevněno k hřídeli generátoru plynů (22) pomocí zadní matice.

b) Statické části

Statické části tvoří rozváděcí lopatky vysokotlaké turbíny (17), obruba vysokotlaké turbíny (16) a středový difuzor (14). Rozváděcí lopatky turbíny obsahují řadu dutých lopatek, kterými proudí chladicí vzduch. Jsou instalovány na vnitřní části spalovací komory a na obrubě vysokotlaké turbíny. Tato obruba je kolem celého obvodu kola vysokotlaké turbíny a plní funkci ochrany ostatních částí motoru před jejich poškozením. Střední difuzor je oporou zadního ložiska. [27]

5.3.5 Volná turbína

Volná turbína mění energii plynů z vysokotlaké turbíny na mechanickou energii. Ta slouží k pohonu reduktoru. Plynů jsou po té odváděny výfukovým difuzorem (10) ven z motoru.

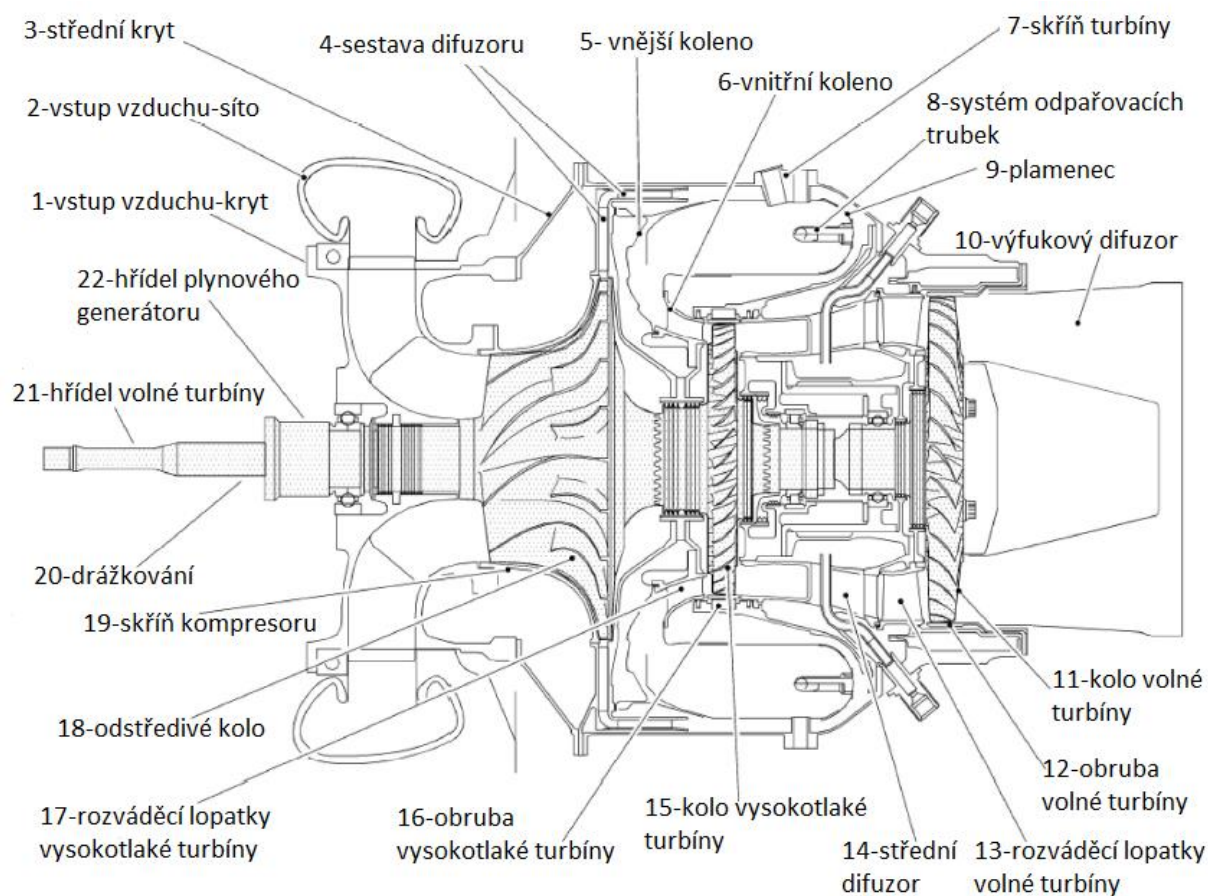
Volná turbína je umístěna v zadní části motoru a je rovněž tvořena z rotačních a statických částí.

a) Rotační části

Hlavní částí je kolo volné turbíny (11). Toto kolo je připevněno k hřídeli (21), který prochází uvnitř hřídele generátoru plynů (22). Hřídel má v přední části drážkování (20) pro pohon reduktoru a v zadní části kuličkové ložisko, utěsněné pomocí labyrintového těsnění.

b) Statické části

Statické části jsou tvořeny rozváděcími lopatkami volné turbíny (13), obrubou volné turbíny (12) a skříní turbíny (7). Rozváděcí lopatky volné turbíny mají řadu lopatek s konvergentním průchodem. Obruba volné turbíny chrání po celém jejím obvodu ostatní části motoru před poškozením. [27]



Obr. 22 Generátor plynů [27], přeloženo z AJ

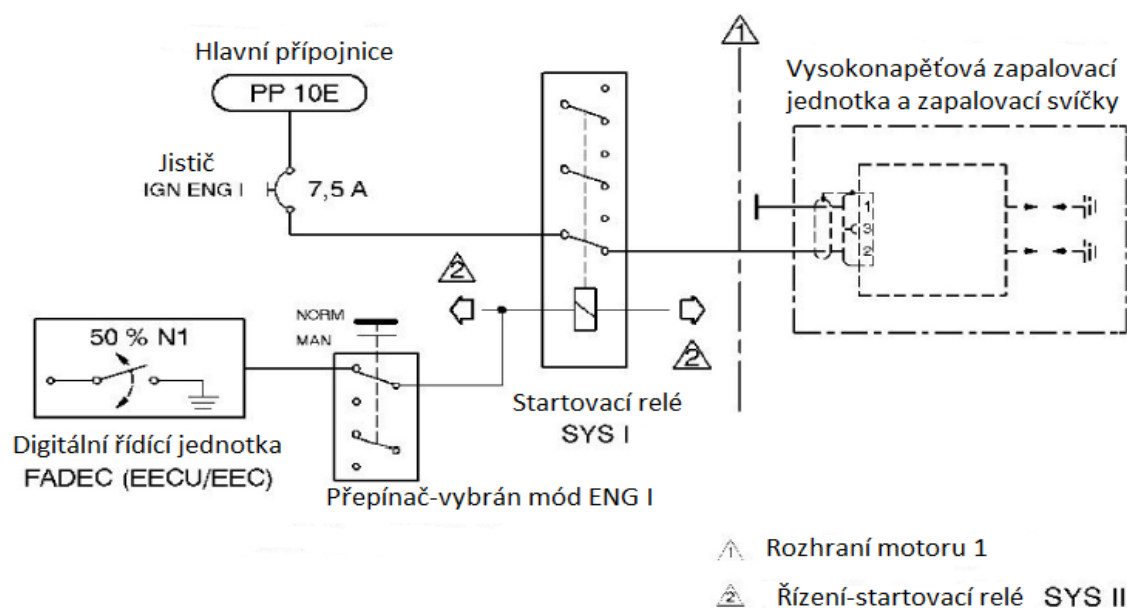
5.4 Zapalovací systém motoru

Každý motor vrtulníku má jeden nezávislý zapalovací systém, který je zásobován elektrickým napětím prostřednictvím příslušné přípojnice systému 1 a systému 2. Zapalovací systém motoru poskytuje po určitý okamžik dostatek energie potřebné pro vznik elektrických jisker, které jsou nezbytné pro start motoru. Jiskry zapalují stlačenou směs paliva a vzduchu, která je vstříkována do spalovací komory. [27]

5.4.1 Funkce zapalovacího systému motoru

Během startu motoru elektronická řídicí jednotka motoru automaticky aktivuje prostřednictvím startovacího systému motoru zapalovací systém motoru. Start motoru 1 je

popsán na obr. 23 a start motoru 2 je identický. Jistič IGN ENG I je ve stlačené (sepnuté) pozici. Jistič se nachází v zapalovacím obvodu mezi přípojnici PP 10E a vysokonapěťovou zapalovací jednotkou, která se nachází v blízkosti startovacího relé SYS 1. Zapalovací jednotka vytváří vysoké napětí ke generaci jisker s vysokou energií (prostřednictvím zapalovacích svíček). Po prvotním zážehu pokračuje spalování horkých plynů ve spalovací komoře. Po dosažení 50% otáček motoru N1 startovací relé SYS 1 odpojí zapalovací okruh. Od tohoto okamžiku pokračuje v motoru spalování směsi paliva a vzduchu bez pomoci zapalovacího systému. [27]



Obr. 23 Schéma startu motoru [27], přeloženo z AJ

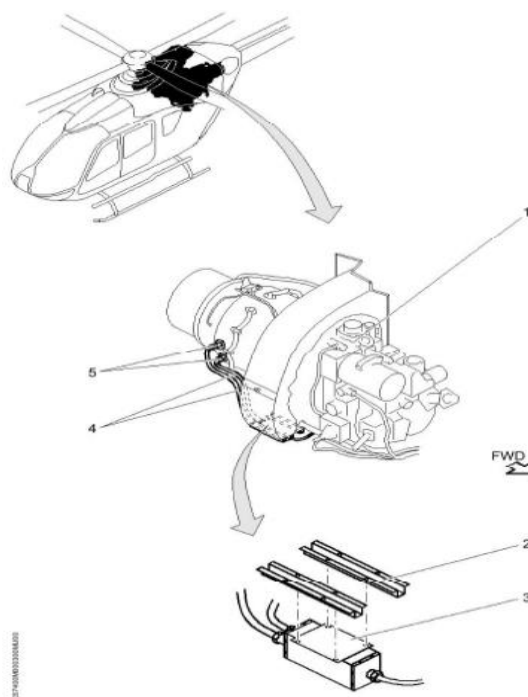
5.4.2 Části zapalovacího systému

Energie potřebná pro zážeh směsi ve spalovací komoře je generována samostatnou vysokonapěťovou jednotkou (zapalovacím boxem) a dvěma zapalovacími svíčkami. Vysokonapěťový impuls je přenášen dvěma koaxiálními kabely.

Zapalovací systém motoru obsahuje následující části:

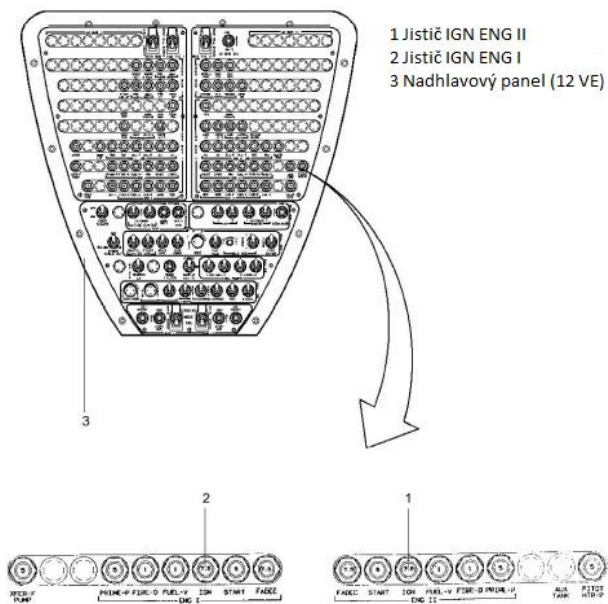
- a) Jednu vysokonapěťovou zapalovací jednotku
- b) Dvě zapalovací svíčky a dva zapalovací kabely
- c) Jistič IGN ENG I (100 JA)
- d) Jistič IGN ENG II (200 JA)

Zapalovací systém motoru (Obr. 24) je jako ucelený díl nainstalován na motoru (1). Poloha umístění jeho jednotlivých částí je znázorněna na výše uvedeném obrázku. Vysokonapěťová zapalovací jednotka (3) je připojena dvěma montážními kolejnicemi (2) ke spodní straně motoru. Dvojice zapalovacích svíček (5) je instalována v pozicích 3:30 a 4:30 hodin na zadní části pláště spalovací komory. Každá je připojena ke zdroji vysokého napětí pomocí jednoho ohebného vysokonapěťového kabelu (4). [27]



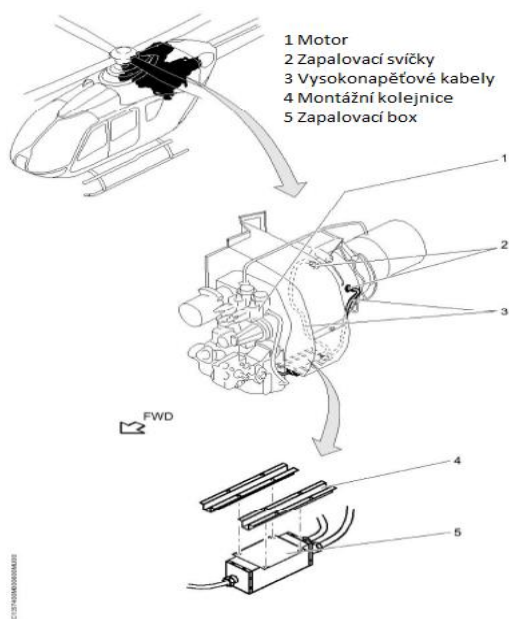
Obr. 24 Zapalovací systém motoru [27]

Jističe (Obr. 25) jsou umístěny v kokpitu vrtulníku v nadhlavovém panelu 12VE (3) - jistič IGN motoru 1 (2) a jistič IGN motoru 2 (1). [27]



Obr. 25 Poloha jističe IGN ENG II a jističe IGN ENG I v panelu 12VE [27]

To samé platí i pro druhý motor s tím rozdílem, že zapalovací svíčky jsou instalovány v polohách 9:00 a 1:00 hodin na zadní části pláště spalovací komory (Obr. 26).



Obr. 26 Zapalovací systém motoru [27]

Technické údaje (Tab. 15 a 16):

Tabulka č. 15 Vysokonapěťová zapalovací jednotka [27]

Napájecí napětí	18-32 V DC
Vstupní napětí	28 V DC
Výstupní napětí	3 kV
Počáteční zažehnutí	5-8 % pozemního volnoběhu

Tabulka č. 16 Zapalovací svíčka [27]

Počet zážehů	přibližně 240 za minutu
Generovaná energie	0,5 J na zážeh (jiskru)

5.5 Instalace motoru

Postup při výměně či instalaci motoru po generální opravě (Obr. 27) je následující:

Nejprve je třeba odpojit od zdroje energie elektrický systém vrtulníku. V závislosti na době uskladnění motoru, může být motor vybaven konzervačními prostředky, které je v takovém případě nutné odstranit. Pokud je to nezbytné, instalujeme zvedák motoru (1), připravíme motor k instalaci. Zvedák připojíme k motoru v bodech k tomu určeným (1). Zahákneme zvedák motoru k jeřábu a pomalu zdviháme, dokud nejsou upínací lana napnutá. V případě potřeby povolíme a odstraníme přídavné šrouby na stojanu motoru. Ujistíme se, že motorový prostor je čistý a bez cizích objektů. Odstraníme ochranný kryt z kabelu pro FADEC (EECU) a převozní ochranný kryt z příruby na výstupu z motoru. Pokračujeme odstraněním drátu či kabelu použitého k ochraně příruby na výstupu a konci hřídele motoru. Přemontujeme konec hřídele, poznamenejme si instalační polohu pouzder (32, 33). Pouzdro (32) vložíme do ložiskového bloku (36), aby otvor směřoval k hlavě šroubu a pouzdra (31). Pouzdro (33) vložíme do konzolového držáku (35) a odstraníme ochranný drát na V-podpěře (19). Pomalu zvedáme motor a opatrně jej přemísťujeme do místa instalace v motorovém prostoru. Aplikujeme tenkou vrstvu maziva CM146 k namazání upevňovacích šroubů (9, 24, 34). Pomalu spouštíme motor až k uchycovacímu kování (13) uchycenému k motorové přepážce. Vložíme šroub (34) do konzolového držáku (35) stejně jako pouzdra (31, 32) do ložiskového bloku (36) a volně utáhneme. Po té vložíme šrouby (24) s podložkami (18, 23) do otvorů upevňovacího kování (20) a V-podpěry (19). Následuje vložení šroubu (9) s podložkou (10) do otvorů upevňovacího kování (13) a Z-podpěry (5). Šroub (34) utáhneme v ložiskovém

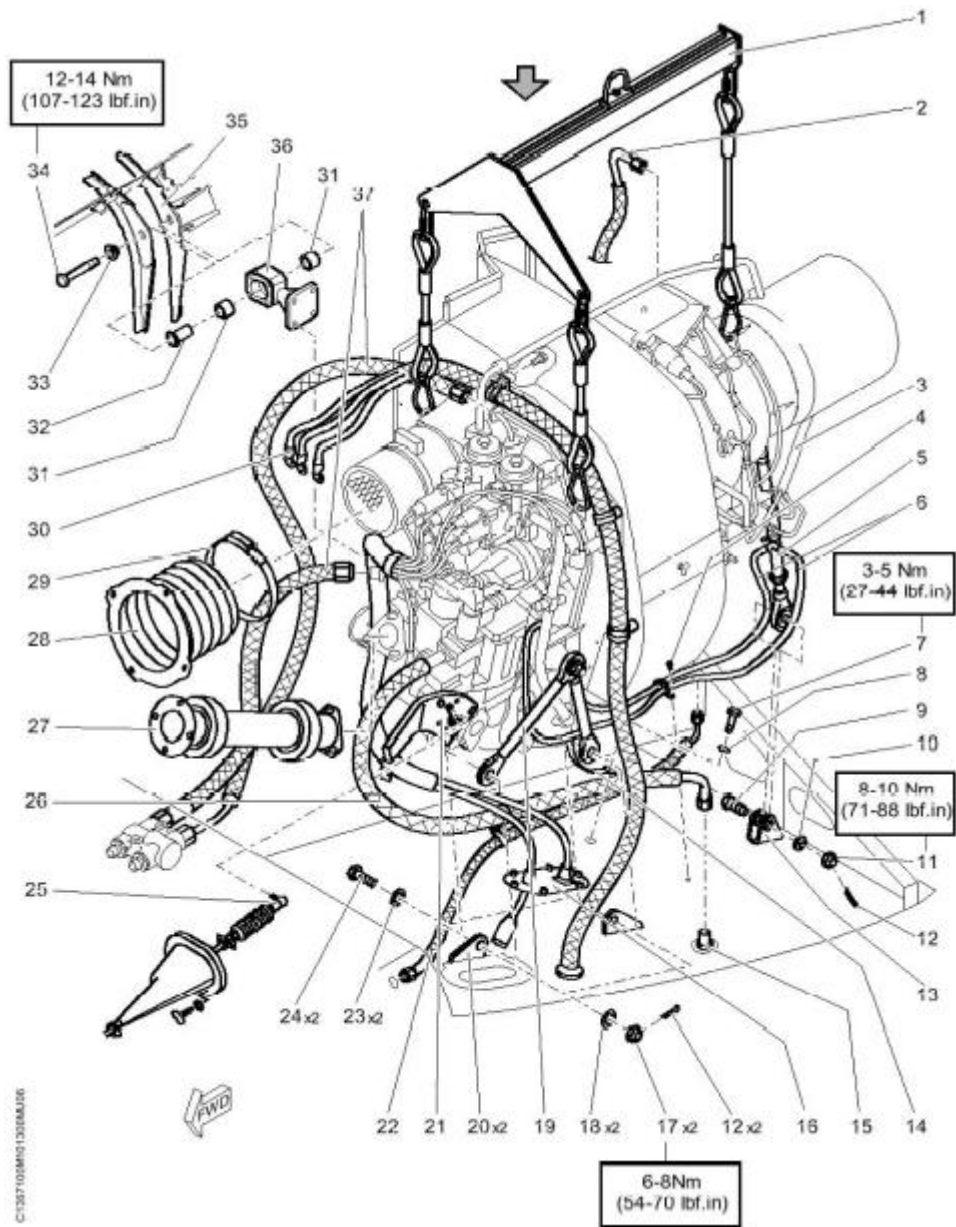
bloku (36), utahovací moment je 12-14 Nm. Šroub (34) zajistíme pojistkou CM776. Utáhneme šroub (24) ve V-podpěře (19) s podložkami (18, 23) a matkami (17), utahovací moment je 6-8 Nm, zajistíme matky (17) novými zajišťovacími kolíky (12). Následuje utažení šroubu (9) v Z-podpěře (5) s podložkou (10) a matkou (11), utahovací moment je 8-10 Nm, zajistíme matku (11) novým zajišťovacím kolíkem (12). Pokud je to nezbytné, vyrovnáme motor s reduktorem. Odstraníme zvedací a upevňovací příslušenství (1) z motoru a krycí záslepky, připojíme drenážní potrubí (3), utahovací moment je 5-6 Nm. Důkladně připevníme drenážní potrubí (5) k Z-podpěře (6) použitím stahovacích pásek a k motorové přepážce použitím šroubu (4) a svorky. Připevníme drenážní hadice k V-podpěře (19) rovněž použitím stahovacích pásek. Odstraníme ochranné záslepky a připevníme odvodušňovací potrubí motoru (2). Připravíme příslušenství pro uzemnění. Připevníme uzemňovací pásek k motorové přepážce použitím šroubu (7) a podložky (8), utahovací moment je 3-5 Nm. Upevníme připojovací desku (16) s kabelem pro FADEC (EECU) k motorové přepážce a připojíme zástrčku. Odstraníme ochranné záslepky a připojíme palivové potrubí (26) do palivové přípojky (15) na motorové přepážce. Připevníme palivové potrubí (26) k V-podpěře (19) použitím stahovacích pásek. Nyní odstraníme ochranné záslepky a připojíme zpětné palivové potrubí (22) k přípojce na protipožární stěně. Zpětné palivové potrubí upevníme použitím svorek k palivovému potrubí (26) a V-podpěře (19).

Připevníme kabelový svazek (30) startéru (generátoru) k protipožárním stěnám motoru použitím stahovacích pásek a to následovně:

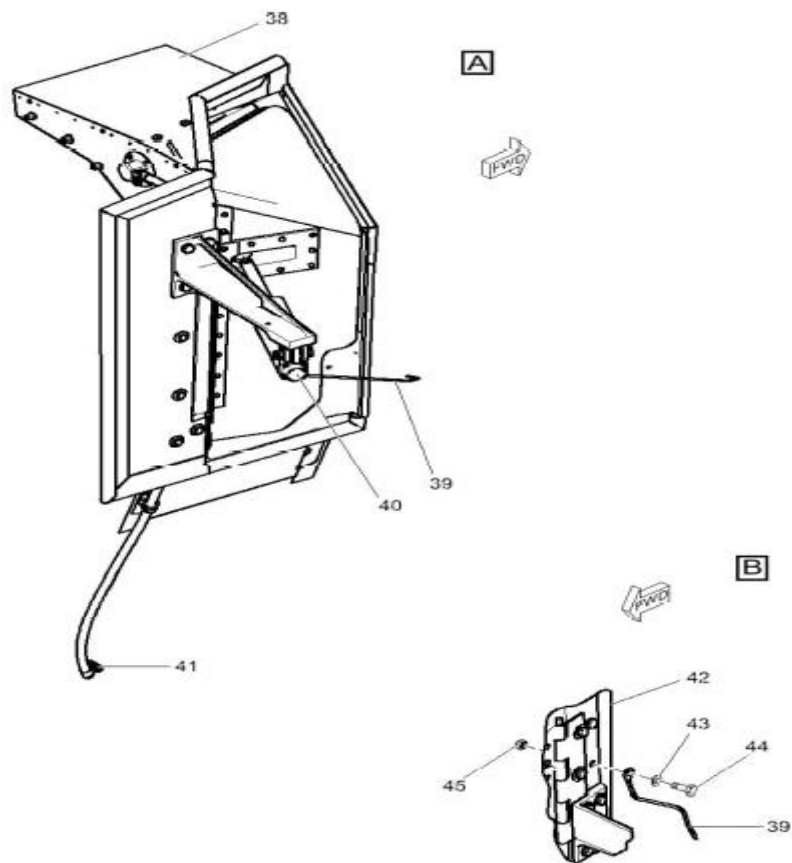
Volně uchytíme kabelový svazek (30) použitím stahovacích pásek a zasuneme jej do svorky v délce asi 70 mm ve směru k startéru (generátoru). Kabelový svazek zafixujeme utažením matky na vrchní straně svorky. Zbývající délku kabelového svazku upevníme co nejvíce k motorové přepážce použitím svorek. Nyní připojíme kabelový svazek (30) ke startéru (generátoru). Připevníme poháněnou hřídel a zajistíme vazbu nouzového ovládání motoru (21) k páce na vstupu motoru. Zkontrolujeme funkčnost nouzového ovládání motoru. Odstraníme ochranné záslepky a připojíme olejové potrubí (37) k motoru. Použitím svorky (29) připevníme část (28) ke startéru (generátoru). Instalujeme kapotáž hnacího hřídele a instalujeme zadní i přední protipožární stěnu. Ujistíme se, že je dostatek volného prostoru mezi kabelovým svazkem (30) a protipožárními stěnami. Zkontrolujeme hladinu oleje prostřednictvím skleněného průhledu, případně olej dolijeme. Odstraníme ochranné záslepky a připojíme potrubí statického tlaku IBF (41), (obr. 28) k přípojce na motorové přepážce. Připevníme uzemňovací kabel (39) k protipožární přepážce (42) použitím šroubu (43), podložky (44) a matky (45). Upevníme zástrčku do pohonného členu (40) IBF systému (38). Instalujeme IBF filtr box. Ujistíme se, že motorová přepážka (podlaha) a přepážka (podlaha)

hlavního reduktoru je čistá a bez cizích předmětů. Zapojíme elektrický systém vrtulníku. Provedeme funkční test IBF systému. Před prvním startem motoru propláchneme a odvzdušníme palivový systém motoru. Instalujeme překryt zadní části kabiny i překryt přední části kabiny, následně kapotáž nákladového prostoru. Instalujeme levou a pravou část kapotáže reduktoru, levý a pravý kryt zadní části motoru a kryt střední části motoru.

Spustíme motor na pozemní volnoběh přibližně po dobu 10-ti minut a kontrolujeme funkčnost a možné úniky provozních tekutin. Po volnoběhu zkontrolujeme palivové a olejové potrubí kvůli možnosti úniku kapalin. Dále zkontrolujeme hladinu oleje, případně doplníme. Instalujeme levý a pravý motorový kryt. Provedeme funkční test motoru (pozemní test volnoběhu plus funkční kontrolní let). Nakonec instalujeme volitelné příslušenství. [27]



Obr. 27 Schéma motoru Arrius 2B1/2B2 [27]



Obr. 28 Schéma systému IBF [27]

Přehled používaných paliv a olejů pro motor Arrius 2B2 je zpracován v příloze č. 1.

5.6 Revize Eurocopter EC 135

Fotodokumentace pořízená 3. 3. 2016 při revizi Eurocopteru EC 135 ve společnosti DSA a.s. v Hradci Králové.



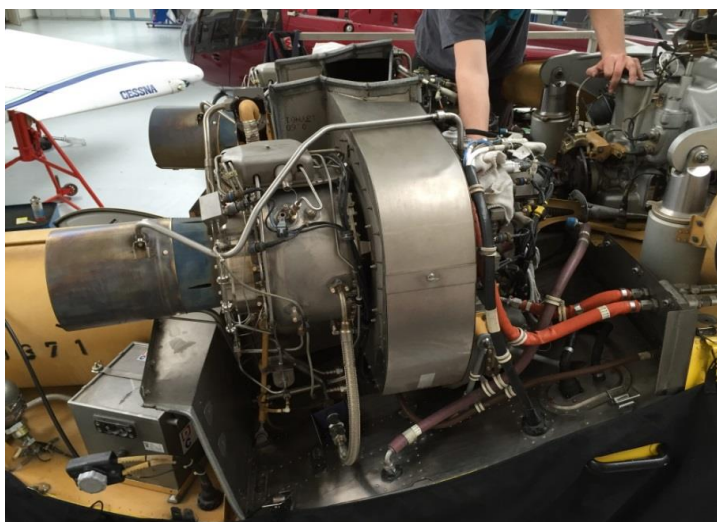
Obr. 29 Eurocopter EC 135



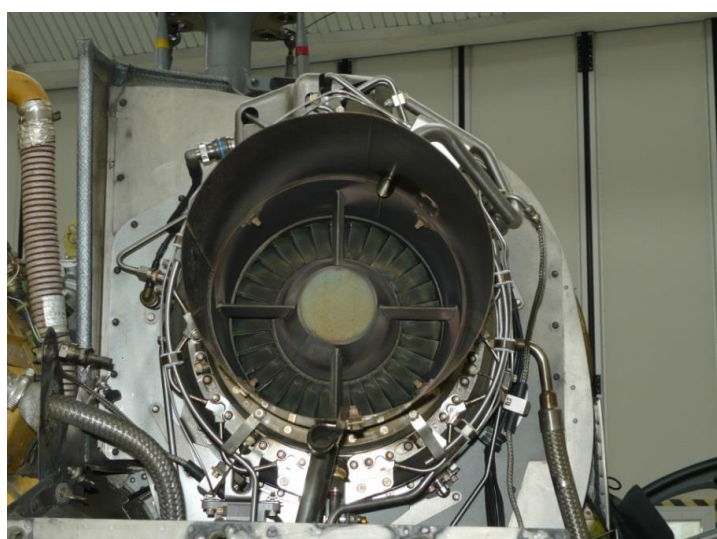
Obr. 30 Motory Arrius 2B2



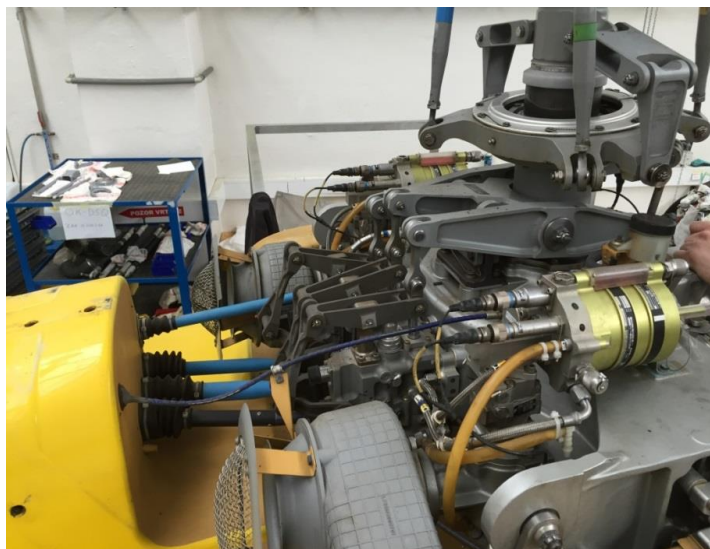
Obr. 31 Přední pohled - motory Arrius 2B2



Obr. 32 Boční pohled – motor Arrius 2B2



Obr. 33 Výstupní ustrojí motoru Arrius 2B2



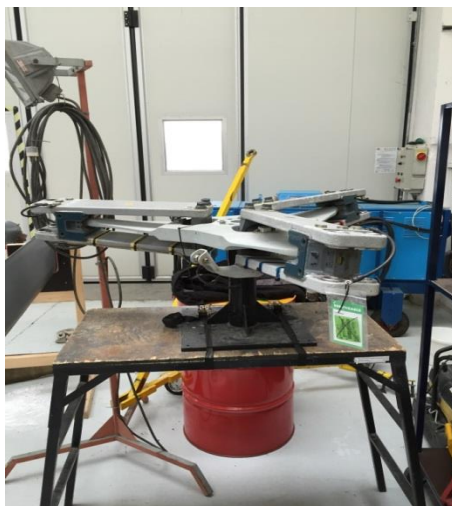
Obr. 34 Hydraulický systém



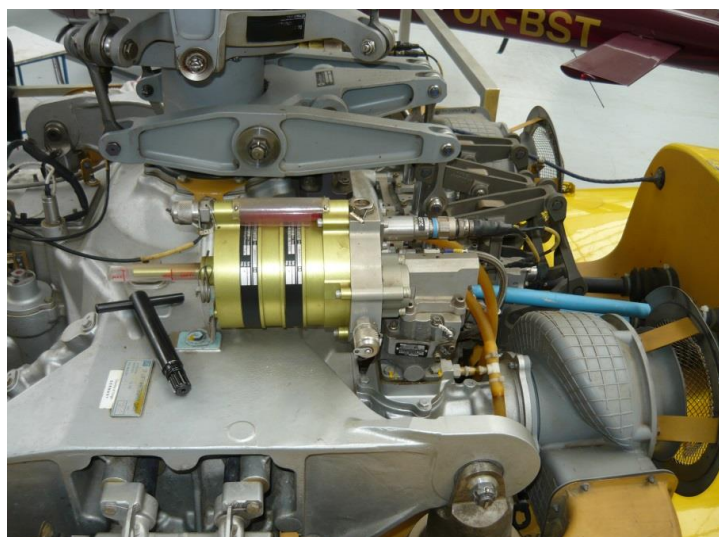
Obr. 35 Hřídel hlavního rotoru



Obr. 36 Demontované listy hlavního rotoru



Obr. 37 Hlava hlavního rotoru



Obr. 38 Hydraulický systém



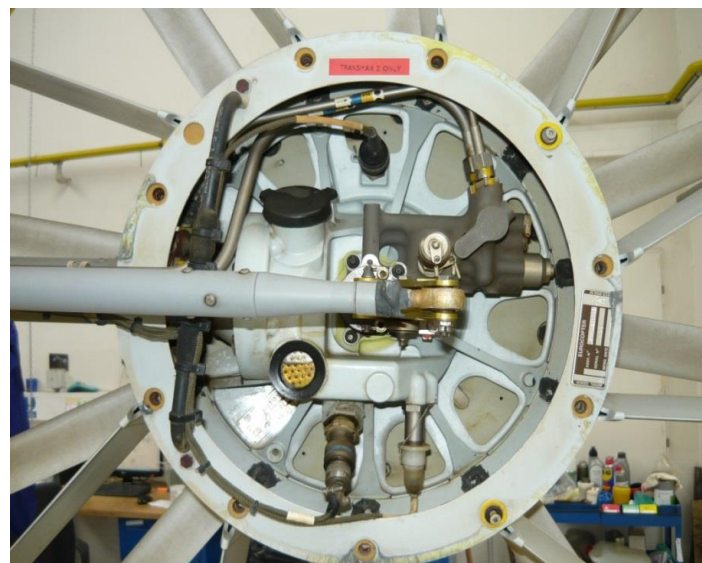
Obr. 39 Ocasní část EC 135



Obr. 40 FENESTRON - pohled zprava



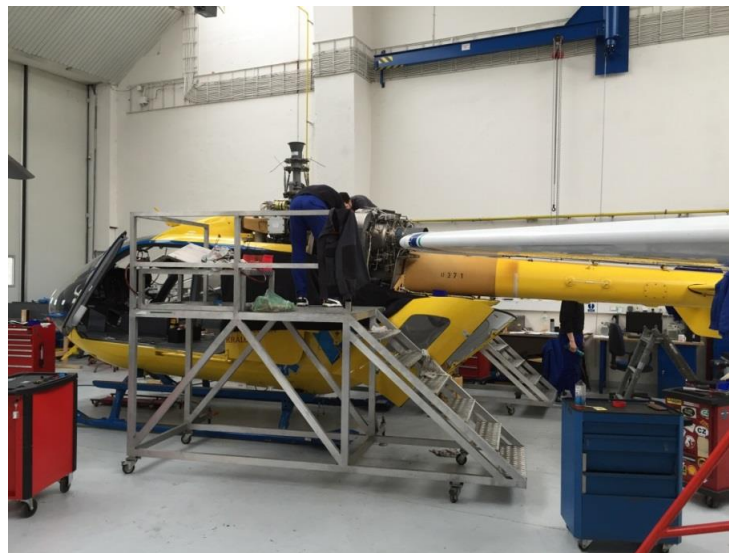
Obr. 41 FENESTRON – pohled zleva



Obr. 42 FENESTRON – ovládací mechanismus



Obr. 43 Zadní výklopné dveře EC 135



Obr. 44 Montážní plošiny u EC 135



Obr. 45 Přípravek pro uskladnění kapotáže motoru



Obr. 46 Cockpit



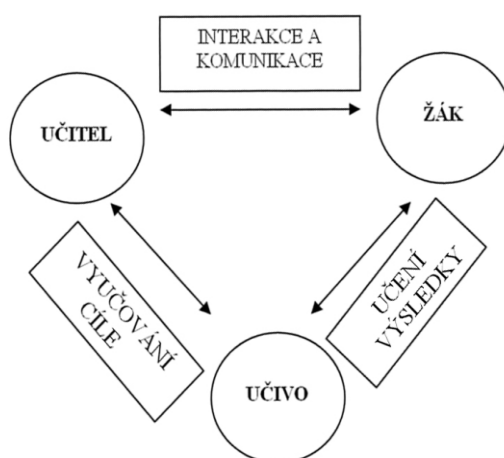
Obr. 47 Nadhlavový panel

6 Výukové metody

Výuková metoda je „uspořádaný systém vyučovací činnosti učitele a učebních aktivit žáků, směřujících k dosažení daných výchovně-vzdělávacích cílů.“ [28]

Výuková metoda představuje způsob předání a osvojování vědomostí, dovedností a způsobilostí. Je jednou ze základních didaktických kategorií a představuje koordinovaný systém činností učitele vedoucí žáka k dosažení stanovených cílů. Ve výuce existují vazby, které ovlivňují proces výuky. Nejdůležitější vazbou je vazba mezi učitelem a žákem, která je řízená hlavně obsahem výuky a vzájemnou interakcí. Pro vazbu mezi učitelem a žákem je důležitá komunikace a v neposlední řadě, také didaktické prostředky. [29]

Tyto vazby patří mezi hlavní prvky procesu výuky a je možné je znázornit pomocí didaktického trojúhelníku základního vztahového schématu, kde „učitel – učivo – žák“ představují vrcholy trojúhelníku - stěžejní prvky vyučování. (Obr. 48)



Obr. 48 Didaktický trojúhelník procesu výuky [29]

Volba výukové metody se odvíjí od specifických znaků vyučovaného předmětu, konkrétních situací, daných didaktických úloh, pomůcek, které má učitel k dispozici, z jeho zkušeností a znalosti žáků. Neméně důležitým je samotný vztah mezi učitelem a žákem, jejich vzájemná interakce. Aby byla výuka úspěšná, musí být zajištěna jejich úzká spolupráce.

Aby byla zvolená metoda účinná, musí splňovat určitá kritéria, ke kterým patří:

- předává plnohodnotné informace a dovednosti obsahově nezkrácené
- respektuje systém vědy a poznání
- rozvíjí poznávací procesy
- je racionálně a emotivně působivá
- přirozená ve svém průběhu a důsledcích
- je výchovná
- použitelná v praxi a skutečném životě
- adekvátní k žákům i učitelům
- je didakticky ekonomická
- hygienická

Důležitým kritériem pro volbu vyučovací metody je délka jedné vyučovací jednotky. Je pravdou, že času musíme často výuku přizpůsobovat. Rovněž je nutné zohlednit prostředí, ve kterém daná výuka probíhá (učebna, zasedací místnost, odborné pracoviště - laboratoř). Učitel (lektor) nemá často možnost čas výuky ani prostředí ovlivnit. Může však ovlivnit počet posluchačů. Je na jeho uvážení, zda bude výuka probíhat v malých či velkých skupinách, ve dvojicích nebo jednotlivě. [30]

Další zdroje výběru výukové metody mimo jiné uvádí, že výběr metody se odvíjí od vymezení cílů a úkolů učitelem, od učebních možností jednotlivých studentů a jejich osobnostních předpokladů, na sociálním zázemí žáka, na geografickém prostředí, společenském prostředí, hlučnosti prostředí. V neposlední řadě je potom důležitá samotná osobnost učitele. [31]

K hlavním funkcím všech výukových metod patří funkce aktivizující a komunikační. Aktivizující funkce umožňuje žáka aktivovat v dané činnosti, hledat nové postupy, rozvíjet jeho myšlení a techniky práce. Funkce komunikační je hlavním předpokladem pro pedagogické působení. Výukových metod existuje velké množství. Aby vyučující dokázal vybrat tu nejúčinnější k dané probírané látce, musí být tyto metody kvalitně uspořádány. Znalost těchto uspořádání a jednotlivých metod umožňuje učiteli rozvoj jeho kreativity a tvořivosti vlastních, upravených metod učení.

V české didaktice jsou preferovány zejména výukové metody I. J. Lernerova a J. Maňáka

Klasifikace výukových metod podle I. J. Lerner:

- 1) informačně-receptivní metoda
- 2) reproduktivní metoda
- 3) metoda problémového výkladu
- 4) heuristická metoda
- 5) výzkumná metoda

První dvě zmíněné metody a to metoda informačně-receptivní a reproduktivní metoda jsou založeny na tom, že je aktivnějším učitel a pasivnějším student.

Metoda, **informačně receptivní**, zprostředkovává studentům přenos již hotových informací. Děje se tomu především díky výkladu, vysvětlování, popisu, ilustracím, demonstracím, pokusům, poslechu, s užitím učebnice nebo jiného pracovního textu či prezentací. Tato metoda klade velký důraz na pozornost každého z žáků a nebere v potaz jejich individualitu. Je velmi efektivní při předávání nových informací a výkladu nového učiva.

Metoda **reproduktivní** je založena na aktivním poslouchání přednášeného textu a následném opakování. V tomto případě je zapojení studenta větší. U této metody není žák veden k hledání odpovědí, nápadů a hodnocení. Díky použití této metody je učitel schopen v relativně krátkém čase provést výklad nového učiva nebo jeho zopakování. Jedná se tedy o rozhovor učitele se třídou či o poslech při výuce jazyků.

Metoda **problémového výkladu** předpokládá existenci problémových okruhů, na něž není předem známa odpověď. Tato metoda v sobě obsahuje pět kroků, které je nutné dodržet.

- 1) Vyjasnění, v čem problém spočívá (slovní nebo písemná formulace) a určení dosud neznámých hledaných veličin.
- 2) Rozbor problému, hledání a studium dostupných argumentů či informací použitých pro řešení.
- 3) Vytyčení možného postupu řešení, doporučuje se uvažovat o několikaeré eventualitě.
- 4) Výběr nejpravděpodobnějšího řešení a jeho postupné uskutečňování.
- 5) Ověření realizovaného řešení, jeho potvrzení či vyvrácení a následná modifikace řešení. [32]

Heuristická metoda je ze všech nejkvalitativnější. Studenti se dozvídají nové informace pomocí tvořivých postupů. Děje se tak za pomoci nastavených problémů, jež musí student samostatně nebo ve skupinách řešit. Učitel zde zastává úlohu poradce.

Poslední metoda, **metoda výzkumná**, vyžaduje od žáků nový pohled na věc, jejich samostatné řešení problémových úkolů. Základem této metody je samotná analýza, syntéza nebo hodnotící posouzení, jež je prováděna žáky. [33]

Výukové metody dle J. Maňáka:

1) **Aspekt didaktický** - metody z hlediska pramene poznání a typu poznatků

a) metody slovní

- monologické metody (popis, vysvětlování, vyprávění, přednáška)
- dialogické metody (rozhovor, diskuse, dramatizace)
- metody práce s učebnicí, s knihou

b) metody názorně demonstrační

- pozorování předmětů a jevů
- předvádění (předmětů, modelů, pokusů, činností)
- demonstrace obrazů statických
- projekce statická a dynamická

c) metody praktické

- nácvik pohybových a pracovních dovedností
- žákovské laborování
- pracovní činnosti (v dílnách, na pozemku)
- grafické a výtvarné činnosti.

2) **Aspekt psychologický** – metody z hlediska aktivity a samostatnosti žáků

a) metody sdělovací

b) metody samostatné práce žáků

c) metody badatelské a výzkumné.

3) **Aspekt logický** – struktura metod z hlediska myšlenkových operací

a) postup srovnávací

b) postup induktivní

c) postup deduktivní

d) postup analyticko-syntetický.

4) **Aspekt fázový** - metody z hlediska fází výuky

- a) metody motivační (usměrňující zájem)
- b) metody expoziční (způsob podání učiva)
- c) metody fixační (opakování a procvičování učiva)
- d) metody diagnostické a aplikační (hodnocení, kontrola a klasifikace).

5) **Aspekt organizační** -varianty metod z hlediska výukových forem a prostředků

- a) kombinace metod s vyučovacími formami
- b) kombinace metod s vyučovacími pomůckami [34]

Dále autoři - J. Maňák a V. Švec rozdělili výukové metody do třech základních skupin:

1. Klasické výukové metody

a) Metody slovní

- 1. Vyprávění
- 2. Vysvětlování
- 3. Přednáška
- 4. Práce s textem
- 5. Rozhovor

b) Metody názorně-demonstrační

- 1. Předvádění a pozorování
- 2. Práce s obrazem
- 3. Instruktaž

c) Metody dovednostně-praktické

- 1. Napodobování
- 2. Manipulování, laborování a experimentování
- 3. Vytváření dovedností
- 4. Produkční metody

2. Aktivizující metody

- Metody diskusní
- Metody heuristické, řešení problémů
- Metody situační
- Metody inscenační
- Didaktické hry

Aktivizující metody jsou postupy, jež vedou výuku tak, aby se dosahovalo cílů výchovně – vzdělávacího procesu hlavně na základě vlastní učební práce žáků. Hlavní důraz se přitom klade na myšlení a řešení problémů. [34]

3. Komplexní výukové metody

- Frontální výuka
- Skupinová výuka
- Partnerská výuka
- Individuální a individualizovaná výuka, samostatná práce žáků
- Kritické myšlení
- Brainstorming
- Projektová výuka
- Učení dramatem
- Otevřené učení
- Učení v životních situacích
- Televizní výuka
- Výuka podporovaná počítačem
- Sugestopedie a superlearning
- Hypnopedie

Komplexní metody rozšiřují výukové metody o prvky organizačních forem a didaktických prostředků. Mnohem více než předchozí skupiny metod odráží rovněž celkové cíle výchovy a vzdělávání. [34]

7 Použité výukové metody

Jako výukovou metodu jsem zvolil metodu informačně receptivní, která posluchačům zajišťuje přenos již hotových informací prostřednictvím výkladu, vysvětlování, popisu, ilustrací a demonstrací, užitím prezentací. Tuto metodu jsem zvolil zejména z důvodu její vysoké efektivity při předávání nových informací a výkladu nového učiva. Tuto metodu jsem zkombinoval s metodou reproduktivní, jež je založena na aktivním poslechu přednášeného textu obsaženého v prezentaci a následném opakování ve formě dotazů, samostudia a testů. Reproductivní metodu jsem použil z důvodu potřeby provedení výkladu a zopakování nového učiva v relativně krátkém čase. Pokud budeme mnou použité výukové metody hodnotit z pohledu didaktického aspektu, kombinuji všechny tři metody. A to slovní (monolog v podobě přednášky od vyučujícího, dialog mezi vyučujícím a posluchačem v části věnované samostudiu a dotazům), názorně demonstrační (projekce statických schémat, fotografií a dynamických animací) a praktickou (následné cvičení a ukázky na reálném motoru). Z pohledu psychologického aspektu spadá výuka do metody sdělovací, jedná se o deduktivní typ přímé výuky se všemi náležitostmi (úvod - zahájení, sdělení cíle a záměru, předávání informací, samostatné procvičování a individuální pomoc podle potřeby, kontrola pochopení látky, řízené cvičení, kontrola získaných znalostí a dovedností, ověření dosažených cílů). Mnou zvolená výuková metoda v sobě kombinuje aspekt metody expoziční (přednáška) a fixační (samostudium, test). Jako jedny z hlavních učebních pomůcek se používají prezentace. Způsob výuky, který jsem zvolil, spadá mezi klasické výukové metody a to ve formě přednášky, vysvětlování a rozhovoru vyučujícího s posluchačem.

7.1 Zásady počítačové prezentace

Aby prezentace plnila svůj účel, ke kterému byla vytvořena, musí její autor dodržovat daná pravidla. K těmto pravidlům patří:

- 1) Omezení množství textu „pravidlo 5 x 5“ (max. 5 odrážek na slide a 5 slov v odrážce)
- 2) Kvalitní obrázky – řeknou více než slova, udrží pozornost diváka, přednost mají autentické fotografie, které podpoří klíčové sdělení
- 3) Použití videa – video prezentaci ožíví, rozbije jednoduše prezentace a upoutá pozornost posluchačů
- 4) Pozadí prezentace nesmí být výrazné barvy a oproti tomu je dobré volit kontrastní barvu písma, v prezentaci použít maximálně 3 – 5 barev

- 5) Prezentace musí být stručná a výstižná, psaná v bodech
- 6) Prezentace smí obsahovat maximálně tři druhy písma
- 7) Použít písmo minimálně ve velikosti „18“, aby bylo dobře viditelné i z větší vzdálenosti
- 8) Pro všechny úrovně textu na jednom snímku použít stejný typ, barvu a styl písma
- 9) Dodržet systematičnost prezentace – úvod, obsah, závěr [35]

7.2 Vytvořené prezentace

Prezentaci k výuce jsem vytvářel v programu PowerPoint. Tento program je uživatelsky velmi přátelský a používá se v tvorbě prezentací nejvíce, tedy většina z nás se již s tímto programem setkala. Domnívám se, že možné případné úpravy právě v tomto programu zvládne každý uživatel. Navíc jsem chtěl předejít dalším nákladům spojeným s nákupem jiných speciálních programů a softwaru pro přednášky v podobě prezentace a proto jsem také zvolil program PowerPoint, jelikož se domnívám, že řada firem a škol již tímto programem disponuje. Co se týče vytváření prezentace samotné, snažil jsem se zachovat řadu zásad, jaké by kvalitní prezentace měla obsahovat. Jako pozadí jsem zvolil světle modrou barvu, jež odpovídá barvě loga firmy DSA a.s. Tuto barvu jsem použil v jejich dvou odstínech a doplnil o barvu žlutou. Snahou bylo, aby kombinace barev nepůsobila rušivě na posluchače a ti se mohli plně soustředit na její obsah. Pro písmo jsem zvolil černou barvu, protože působí kontrastně ke zvolené barvě pozadí. Tímto jsem zachoval zásadu, že by se na snímku mělo objevit maximálně 3 - 5 barev. V prezentaci jsem pracoval také s SmartArt. V této funkci jsem rovněž zachoval barevnou celistvost prezentace. Objekty SmartArt mají žlutou barvu a barvu tmavě modrou, barva písma zůstává stále černá. Tato změna na několika slidech v prezentaci opětovně upoutá pozornost těch uchazečů, jejichž pozornost postupem s přibývajícím časem a náročností probírané látky klesá nebo se dokonce ztrácí. V celé prezentaci jsem zvolil jednotné bezpatkové písmo – Arial Black, aby zbytečně neodvádělo pozornost posluchačů, přestože je povoleno mít jiný typ písma v nadpisu a odlišný v ostatním textu. Všechny úrovně textu v prezentaci mají jednotný formát. Aby bylo písmo dobře viditelné, zvolil jsem pro nadpisy velikost písma „32“ a velikost ostatního textu „20“. Doporučená velikost písma, aby bylo dobře čitelné, i z větší dálky, je „18“ – „20“. Text je v prezentaci psán v odrážkách, jež jsou zvoleny v netradičním tvaru, tvaru letadla. Usiloval jsem o to, aby prezentace byla stručná a výstižná, což pro mne znamenalo velkou výzvu vzhledem k tomu, že téma prezentací v sobě neskrývá mnohdy jednoduché sdělení. Bylo mojí velkou snahou dodržet pravidlo 5 x 5 (povoleno rovněž 6 x 6), v některých pasážích to však bohužel nebylo možné a to z toho důvodu, že se text díky svému obsahu nedal rozdělit.

Pokud však u jedné odrážky bylo více jak 6 slov, snažil jsem se na slid umístit pouze odrážky čtyři. To ovšem neplatí pro poslední prezentaci, jež se zabývá samotnou instalací motoru. Zde jsem dbal především na celistvost a posloupnost textu, co se týče obsahu. V každé kvalitní prezentaci je možné najít řadu obrázků. Díky obrázkům si posluchači mohou lépe představit látku, jež je probírána a lépe si ji také zapamatují. Díky obrázkům se také posluchač vydrží déle soustředit, jelikož před sebou nevidí jen a pouze souvislý text. Obrázky mají často větší vypovídací schopnost než text samotný. Je rovněž důležité, aby obrázky byly kvalitní a korespondovali s textem. Proto jsem se také snažil zařadit obrázky do prezentace, co nejčastěji. V prezentaci se objevuje řada autentických obrázků, jež byly pořízeny ve firmě DSA a.s. Dalším prvkem, který by měl upoutat pozornost posluchače či rozbít jednodušnost, je video. Video ukazuje postup při demontáži startér-generátoru. Video má za cíl lepší pochopení probíraného tématu posluchačem, vzhledem k tomu, že posluchač uvidí, jak probíhá reálný úkon údržby přímo na daném motoru a navíc video opět upoutá jeho pozornost. Jako další prvek zlepšující kvalitu a úroveň prezentace jsem do prezentace vložil vlastní animace, jež simulují princip funkce jednotlivých typů turbínových motorů a samotného motoru Arrius 2B2. Prezentace jsou systematické. V každé prezentaci je úvodní strana. Dále obsah tvořený seznamem všech probíraných okruhů tématu s odkazy na jednotlivé sekce. Největší část prezentace je tvořena výkladem dané látky. Na konci je vždy prostor pro otázky a každá prezentace je zakončena vědomostním testem. Prezentace jsou vytvořeny v interaktivní formě, která byla dosažena použitím hypertextových odkazů s cílem zjednodušení práce vyučujícího při přednášení a zjednodušení orientace posluchačů v textu při následném samostudiu.

7.3 Animace

Dnes je k dispozici nepřeberné množství programů, které zpracovávají grafiku, proto pro mě bylo obtížné se rozhodnout pro ten správný. V záplavě počítačových programů je na scéně zpracování grafiky a fotografie stále jedničkou nejúspěšnější, neustále se vyvíjející společnost Adobe Systems, působící na trhu již 26 let, která udává tempo možností grafických úprav. Adobe jsem si vybral také z toho důvodu, že poskytuje oficiální možnost vyzkoušet si celý jejich balíček v plném znění na měsíc zdarma a díky velkému počtu uživatelů, nabízí široký prostor podpory, tedy veškeré učební návody, krok za krokem, jež jsou dostupné na internetu.

Adobe není jediný program, obsahuje však v sobě editor pro rastrovou grafiku (nejznámější a nejvyužívanější je Photoshop), kdy je obraz (např. fotografie) tvořen barevnými body (pixely), dále editor pro vektorovou grafiku Adobe Illustrator (obraz je tvořen vektory), ve kterém je možné tvořit schémata, rýsovat, nemá žádná omezení při zvětšování či zmenšování. Adobe rovněž nabízí program After Effects, jež je napsán pro vytváření animací, dokáže pracovat s podklady z obou výše uvedených programů a dále je editovat. Má navíc tři úrovně zadávání, vizuální variantu, kde se pohybuje s částmi obrazu přímo v kompozici, variantu ve které se zadávají číselné hodnoty jednotlivým transformacím a potom přímo možnost zadávat výrazy. Je vytvořen pro vytváření pohyblivé grafiky.

Narýsoval jsem jednotlivá schémata v Adobe Illustrator, kde jsem vytvořil celé pásmo šesti obrázků za pomoci přímého výběru cesty nakreslené nástrojem pero. Výsledkem byly cyklické animace, šipky a plamínky. To vše jsem otevřel v programu After Effects a dále editoval. Připravenou sekvenci jsem uzavřel do cyklu a upravil rychlost.

8 Výuková osnova pro motor Arrius 2B2

Součástí praktické části mé diplomové práce je vytvoření podkladů pro výuku v podobě prezentací v programu PowerPoint, jež budou sloužit jako pomůcka při výuce. Osnovu výuky jsem rozdělil na pět částí (do pěti samostatných prezentací). Osnova je vytvořena systematicky a to tak, že je počítáno s tím, že posluchači již mají k navazujícímu výkladu znalosti z látky dříve probrané a plynule přechází na další probírané téma. Proto je nezbytné tuto osnovu při výuce zachovat. Prezentace nesou tyto názvy (osnova se skládá z následujících částí):

- Eurocopter EC 135
- Konstrukce turbínového motoru
- Arrius 2B2
- Arrius 2B2 modulární konstrukce
- Arrius 2B2 instalace motoru

Každá prezentace se skládá z výukové (výkladové) části, jež je doplněna o řadu obrázků schematicky popisujících princip funkcí, ale rovněž reálných přímo z firmy DSA a.s. Dále je možné v prezentaci najít výkresy i tabulky, jež s tématem souvisí. Tyto doplňky prezentace slouží k lepšímu pochopení a zapamatování probírané látky. V závěru každé prezentace jsem vytvořil testové otázky na probíranou látku, aby lektor mohl ověřit, do jaké míry dávali posluchači pozor a zda danou problematiku dobře pochopili. Testové otázky mají vždy jednu správnou odpověď a posluchači volí ze tří variant. Test nepatří k jednoduchým, tento fakt je dán tím, že je velice důležité, aby posluchači látce velmi dobře porozuměli. Na konci každé prezentace je zařazena část se správnými odpověďmi.

Prezentace, jež jsem nazval „Eurocopter EC 135“, je rozdělena do pěti částí. První prezentace s názvem Popis vrtulníku Eurocopter EC 135 se zabývá vrtulníkem samotným. Následuje popis motoru a rotorů vrtulníku, vnitřní a vnější rozměry vrtulníku a technické parametry. V popisu vrtulníku Eurocopter EC 135 jsou zmíněny základní údaje o tomto vrtulníku, o jeho použití, vyjmenovány jsou jeho vlastnosti a pozornost je věnována rovněž systému řízení letu. V prezentaci je zmínka i o Glass Cockpitu. Druhá část se zabývá dvěma

rotory vrtulníku Eurocopter EC 135 a jeho údržbou. Dále následuje slide s popisem motoru. Za část jež popisuje motor je zařazena tabulka, porovnávající motor Pratt & Whitney PW206B2 a motor Turbomeca ARRIUS 2B2. Předposlední částí první prezentace je část o vnitřním prostoru vrtulníku i tato část je obohacena o tabulky. A to například o tabulku, která nám ukazuje možnosti uspořádání vnitřního prostoru vrtulníku Eurocopter EC 135 či jak vnitřní prostorové uspořádání řeší společnost DSA a. s. Poslední část detailně popisuje parametry vrtulníku Eurocopter EC 135 a to především za pomoci tabulek a názorných schémat.

Druhá mnou vytvořená prezentace nese název „Konstrukce turbínového motoru“. Tato prezentace slouží k pochopení funkce a principu turbínového motoru. Tuto prezentaci jsem rozdělil do sedmi částí a to následovně: konstrukce turbínového motoru, proudový turbínový motor, radiální kompresor, axiální kompresor, turbohřídelový motor, jednohřídelový turbínový motor a konečně dvouhřídelový turbínový motor. Na začátku první části prezentace jsou zmíněny základní údaje o turbínovém motoru. Dále následuje slide s obrázky částí turbínového motoru a to: kompresor, spalovací komora, turbína. Pro názorné předvedení je v prezentaci zaneseno schéma, jež popisuje, jak funguje proudový turbínový motor, náčrt proudového turbínového motoru a jeho fotografie. Co se týče radiálního a axiálního kompresoru zařadil jsem do prezentace jejich schéma a rovněž reálné fotografie (pro vysvětlení rozdílu mezi radiálním a axiálním kompresorem). Další část se věnuje turbohřídelovému motoru, jeho popisu, dále jak motor funguje, jaké jsou jeho aplikace. Zmínil jsem jeho dvě hlavní části včetně schémat, přiblížil jsem i jeho historii. V částech jež se zabývají jednohřídelovým turbínovým a dvouhřídelovým turbínovým motorem jsem popsal složení těchto motorů i s jejich schémata pro pochopení rozdílu mezi nimi.

Prezentace s názvem „ARRIUS 2B2“ je rozdělena do pěti celků. A to konkrétně do těchto: základní informace, EECU, technické parametry, konfigurace motoru, filtry vstupu vzduchu do motoru. V první části se posluchači dozví základní informace o turbohřídelovém motoru Arrius 2B2, jsou zmíněny i jeho dva moduly a tuto část prezentace jsem doplnil rovněž o schéma motoru. V další části jsem zmínil funkce systému EECU (elektronická jednotka řízení motoru). Dále jsem do prezentace vytvořil pět přehledných tabulek, které se zabývají technickými parametry motoru ARRIUS 2B2. Nechybí rovněž část o konfiguraci motoru. Vrtulník Eurocopter EC 135 je vybaven dvěma motory. Tato část prezentace obsahuje řadu obrázků i schémat. Animací je naznačena konfigurace následujících částí: ARRIUS 2B1

a ARRIUS 2B2, protipožárních přepážek, kapotáže motoru. Dále jsem popsal, jak je motor uložen, pro názornost jsem vložil i schéma uložení. V poslední části jsem se zaměřil na filtry vstupu vzduchu do motoru. V této části jsem podrobně popsal pískový filtr IBF. Samozřejmě, že i tuto část jsem obohatil o obrázky a schéma uložení filtrů.

Předposlední prezentace je, co se týče struktury, nesložitější. Prezentace „ARRIUS 2B2 – modulární konstrukce“ se může rozdělit do dvou bloků a to do bloku reduktor a generátor plynů. Tato prezentace obsahuje dvanáct částí a to: reduktor – úvod, reduktor – přední kryt, reduktor – ústrojí hnací hřídele, reduktor – skříň přídatných náhonů, reduktor – zadní kryt, generátor plynů – úvod, generátor plynů – vstupní ústrojí, generátor plynů radiální kompresor, generátor plynů - spalovací komora, generátor plynů – vysokotlaká turbína, generátor plynů – volná turbína a zapalovací systém motoru. V části reduktor modul 1 jsem zmínil funkce, části reduktoru a vložil jeho obrázek. V prezentaci se zabývám i příslušenstvím rotoru a to předním krytem. Součástí tohoto výukového materiálu, to znamená čtvrté prezentace, je i ústrojí hnacího hřídele. V prezentaci jsou ústrojí hnacího hřídele i všechny jeho tři kola (části) znázorněny na obrázku. Následuje schéma systému měření točivého momentu motoru a schéma pohonu hnacího hřídele vrtulníku. Dále jsem v prezentaci přiblížil skříň přídatných náhonů motoru. Tato součást motoru obsahuje ozubená kola. V prezentaci jsou jednotlivá ozubená kola vyjmenována a nachází se zde i jejich schémata a schémata jejich umístění. Tato část je doplněná také o schéma skříně přídatných náhonů jako celku. Poslední částí prvního modulu je zadní kryt, který zakončuje modul reduktoru. Druhá část prezentace, tedy modul dva, se věnuje generátoru plynů. Na začátku této části mé výukové prezentace, jsou zmíněny funkce a složení generátoru plynů. Pro lepší představení, jak plynový generátor vypadá a kde se nachází, následuje obrázek. Do generátoru plynů musí vstupovat vzduch a to se děje díky prstencovému vstupu. Této části generátoru plynů jsem věnoval další část. I tato část je samozřejmě doplněná výkresem. Následuje schéma, jak vzduch prostupuje radiálním kompresorem. Další součástí generátoru plynů je spalovací komora, na slidech jsou zmíněny její části, jež jsou podrobně rozebrány a je zakreslena její poloha (na motorovém celku) na výkresu. V schématech, která následují, je popsán tok vzduchu jak primárního, tak sekundárního. Za spalovací komorou je vysokotlaká turbína, jež následuje i v mé prezentaci. Zmínil jsem její složení i části, jež jsou detailně popsány. Poslední částí druhého modulu je volná turbína, která je v prezentaci popsána stejně tak, jako vysokotlaká turbína. Poslední částí je zapalovací systém, kde je ve schématu popsána funkce zapalovacího systému a na slidu je znázorněno i jeho schéma.

Dále následují jeho části v pravém a levém motoru (drobné odlišnosti). Tato poslední část je doplněna o obrázky, animace a technické údaje.

Poslední výuková prezentace je zaměřena na praktickou část údržby motoru. Tato prezentace velmi detailně popisuje pracovní postup instalace motoru. Zmiňuje všechna úskalí, jež mohou nastat během montáže a snaží se posluchače upozornit na případné problémy, s kterými se mohou v praxi setkat a na možnosti, jak jim předejít. Celý postup je doplněn čísly označujícími jednotlivé části motoru. V závěru prezentace je zařazen výkres motoru jako celku s popisem jeho jednotlivých částí, které jsou taktéž detailně označenými čísly, na které odkazuje text. Prezentace je vytvořena tak, aby bylo snadné kdykoliv na výkres nahlédnout a přesvědčit se, kde se jednotlivé popisované části nacházejí. Následuje výukový slide s detailním výkresem systému IBF. Prezentaci pak uzavírá instruktážní video příkladu úkonu demontáže startéru generátoru, aby si posluchači představili, jak úkon vypadá v praxi. Toto video bylo pořízeno v samotné firmě DSA a.s.

Co se týče grafického designu prezentací jako takových, veškeré barvy mimo černé vycházejí z barev, jež mají co dočinění s firmou DSA a.s., pro kterou jsou vytvořeny. Motiv pozadí vychází z modrého loga firmy DSA a.s., kde jsem pracoval pouze s odstíny této barvy, což odstranilo jednodušnost prezentace a dopomohlo od sebe odlišit jednotlivé hypertextové odkazy. Jako druhou barvu zvýraznění jsem zvolil barvu žlutou, která koresponduje s barvou vrtulníku společnosti DSA a.s., jehož motorem se zabývám ve své diplomové práci. Pro text je klasicky zvolená černá barva, aby prezentované slidy nepůsobily na posluchače rušivě. Loga firmy DSA a.s. jsem umístil na každý slide z důvodu, aby je posluchači měli podvědomě na očích a aby byla prezentace chráněna i proti zneužití jinou společností. Na každém slidu je rovněž umístěno logo Ústavu letecké dopravy ČVUT, jako autora výukového programu. Aby nebyla prezentace jednodušná a neobsahovala pouze nahuštěný text, pracoval jsem při její tvorbě s řadou obrázků, fotografií, vlastních schémat a animací. Pro usnadnění práce vyučujícího jsou do výukového materiálu vhodně vloženy hypertextové odkazy, jež vhodně odkazují na výkresy a na jednotlivé kapitoly.

9 Návrh časového harmonogramu výuky

Výuku jsem rozdělil podle výukové osnovy pro motor Arrius 2B2 a mnou vytvořené dokumentace pro výuku do pěti pracovních dní. Výuka probíhá od pondělí do pátku, vždy od 8:00 hod. ráno s tím, že časy konce výuky se liší podle množství a složitosti probírané látky v daný den. Nejdelší výukový den je plánován na čtvrtek, kdy bude výuka zakončena v 16:40 hod. Snažil jsem se rozdělit výuku rovnoměrně do celého týdne, nicméně jsou zde určité odlišnosti způsobené rozdílným množstvím a složitostí látky probírané v jeden den, vzhledem k zachování její celistvosti a návaznosti. Výuka je rozdělena do pěti tematických celků a to: prezentace 1 – „Eurocopter EC 135“, prezentace 2 – „Konstrukce turbínového motoru“, prezentace 3 – „Arrius 2B2“, prezentace 4 – „Arrius 2B2 - modulární konstrukce“ a prezentace 5 – „Instalace motoru Arrius 2B2.“

Každý výukový den je navržen tak, aby se maximalizoval přínos probírané látky pro budoucí profesní výkon leteckého mechanika a došlo k maximálnímu pochopení probírané látky. Výukový den se sestává celkem z pěti částí: výuky, praktického cvičení, samostudia a dotazů, testu a jeho vyhodnocení, prostoru pro vysvětlení nesrovnalostí. Tento systém výuky by měl zaručit, že po skončení výukového dne bude probíraná látka všemi posluchači správně pochopena a na další výukový den se dostaví s již získanými znalostmi, na které budou v probírané látce plynule navazovat. (Tab. 17)

9.1 Výuka

Každý výukový den začíná přednáškou vyučujícího. Lektor využívá k přednášce interaktivní prezentace s animacemi, schematickými nákresy a reálnými fotografiemi, které jsou posluchačům promítány pomocí dataprojektoru. Pokud délka přednášky překročí 100 minut, pak je přednáška proložena 10-ti minutovou přestávkou. Po každé přednášce následuje rovněž 10-ti minutová pauza. (Tab. 18, 19)

9.2 Praktické cvičení

Praktické cvičení je část výuky, kdy se vyučující snaží propojit teoretické znalosti s praxí. V této části se využije modelů, reálných fotografií/videí, dokumentace k vrtulníku Eurocopter EC 135 a motoru Arrius 2B2, kterou budou posluchači denně využívat a je tedy nezbytně nutné, aby se v ní orientovali. V této části také vyučující probere problémy, které se v údržbě

dříve vyskytly a způsoby, jak se jim vyvarovat. Posluchači mají možnost přístupu k reálnému vrtulníku, náradí a přípravkům používaným při údržbě.

9.3 Samostudium a dotazy

Po praktickém cvičení následuje prostor pro samostudium a dotazy posluchačů. V této části je posluchačům k dispozici prezentace bez testových otázek a správných odpovědí a je jim ponechán prostor pro samostatné prostudování probrané látky a případné dotazy, které budou v případě nejasností zodpovězeny vyučujícím. Po této části následuje 10-ti minutová přestávka, případně 30-ti minutová přestávka na oběd.

9.4 Test a vyhodnocení

Další částí je testování posluchačů a vyhodnocení jejich znalostí vyučujícím. Vyučující promítne pomocí dataprojektoru testové otázky. Počet otázek v testu je úměrný množství probrané látky. Posluchači mají na zodpovězení každé otázky zhruba 90 vteřin. Po vypršení časového limitu, jež odpovídá počtu otázek na slidu, vyučující přechází na další otázky a k původním otázkám se již nevrací. Během testu vyučující sleduje posluchače a zabrání případným pokusům o podvod, např. o opisování. Po vypršení časového limitu posluchači odevzdají test vyučujícímu, který provede jeho vyhodnocení (dle šablony se správnými odpověďmi). Za úspěšný výsledek je možno považovat případ, kdy test obsahuje minimálně 75 % správných odpovědí.

9.5 Prostor pro vysvětlení nejasností

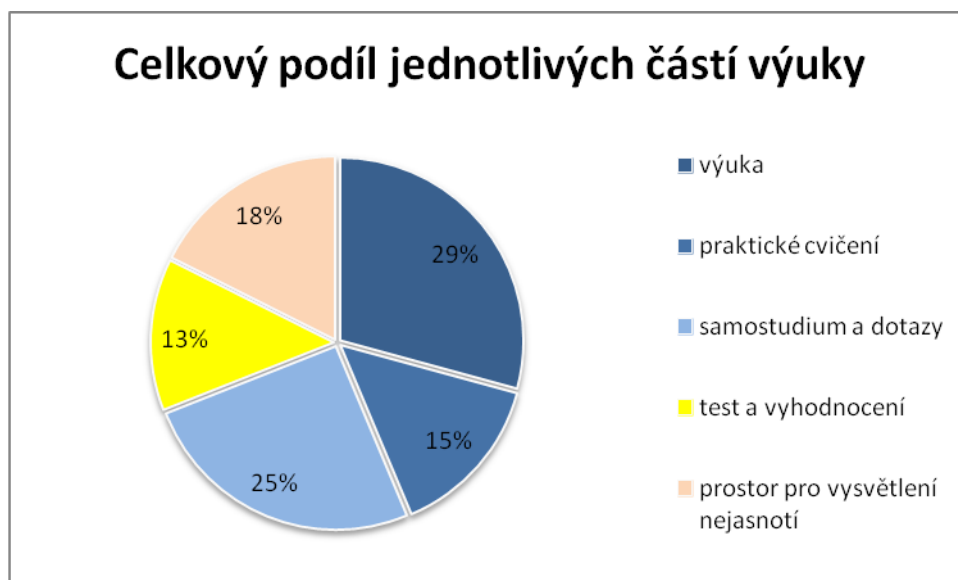
Po vyhodnocení výsledků testu přichází prostor pro vysvětlení případných nejasností. V této části probíhá rekapitulace testu s přiřazením správných odpovědí na otázky, individuální pohovor vyučujícího s neúspěšnými řešiteli testu, kterým je nepochopená problematika znovu individuálně vysvětlena. Prostor pro dotazy mají samozřejmě i úspěšní řešitelé. Pokud vyučující uzná, že probraná látka je všemi posluchači pochopena, výukový den ukončí.

Tabulka č. 17 Detailní časový harmonogram výuky

Rozvrh	Pondělí PREZENTACE 1 Eurocopter EC135	Úterý PREZENTACE 2 Konstrukce turbínového motoru	Středa PREZENTACE 3 Arrius 2B2	Čtvrtek PREZENTACE 4 Arrius 2B2- modulární konstrukce	Pátek PREZENTACE 5 Instalace motoru Arrius 2B2
Výuka	60 min (8:00 - 9:00)	90 min (8:00 - 9:30)	100 min (8:00 - 9:40)	180 min + 10 min pauza (8:00 - 11:10)	70 min (8:00 - 9:10)
Přestávka	10 min (9:00 - 9:10)	10 min (9:30 - 9:40)	10 min (9:40 - 9:50)	10 min (11:10 - 11:20)	10 min (9:10 - 9:20)
Praktické cvičení	30 min (9:10 - 9:40)	40 min (9:40 - 10:20)	45 min (9:50 - 10:35)	40 min (11:20 - 12:00)	90 min (9:20 - 10:50)
Samostudium a dotazy	60 min (9:40 - 10:40)	90 min (10:20 - 11:50)	100 min (10:35 - 12:15)	120 min (12:00 - 14:00)	60 min (10:50 - 11:50)
Přestávka	10 min (10:40 - 10:50)	30 min (11:50 - 12:20)	30 min (12:15 - 12:45)	30 min (14:00 - 14:30)	30 min (11:50-12:20)
Test a jeho vyhodnocení	27 + 10 min (10:50 - 11:27)	33 + 10 min (12:20 - 13:03)	35 + 10 min (12:45 - 13:30)	60 + 10 min (14:30 - 15:40)	24 + 10 min (12:20 - 12:54)
Prostor pro vysvětlení nejasností	60 min (11:30 - 12:30)	60 min (13:05 - 14:05)	60 min (13:30 - 14:30)	60 min (15:40 - 16:40)	60 min (12:54 - 13:54)

Tabulka č. 18 Celkový podíl jednotlivých částí výuky

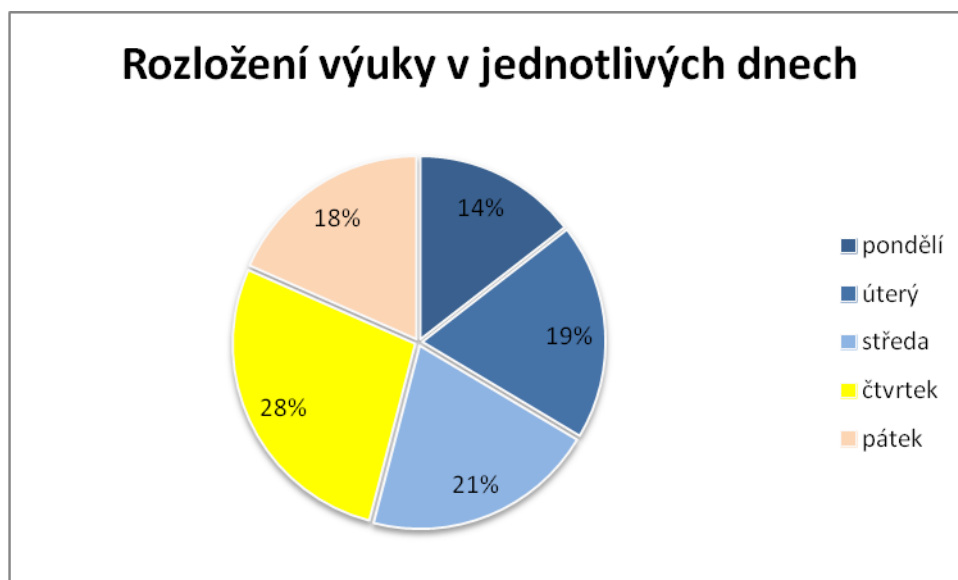
Celkový podíl jednotlivých částí výuky		
Výuka	500 min.	8,3 hod.
praktické cvičení	245 min.	4,1 hod.
samostudium a dotazy	430 min.	7,2 hod.
test a vyhodnocení	229 min.	3,8 hod.
prostor pro vysvětlení nejasností	300 min.	5,0 hod.



Graf č. 1 Celkový podíl jednotlivých částí výuky

Tabulka č. 19 Rozložení výuky v jednotlivých dnech

Rozložení výuky v jednotlivých dnech		
pondělí	247 min	4,1 h
úterý	323 min	5,4 h
středa	350 min	5,8 h
čtvrtek	470 min	7,8 h
pátek	314 min	5,2 h



Graf č. 2 Rozložení výuky v jednotlivých dnech

10 Závěr

Diplomová práce vypracovaná pod názvem „Arrius 2B2“ obsahuje teoretickou a praktickou část se vzájemnou návazností.

V úvodu teoretické části představuji firmu DSA a. s., zadavatele obsahu diplomové práce, provozující největší leteckou školu v České republice zaměřenou na výcvik profesionálních pilotů včetně profese dopravního pilota. Společnost v této oblasti úzce spolupracuje s ČVUT, Ústavem letecké dopravy, kdy studenti navazují v DSA a.s. na teoretické znalosti praktickým výcvikem. Společnost je držitelem licence k provozování obchodní letecké společnosti splněním těch nejnáročnějších kritérií pro provozování letecké dopravy a držitelem Osvědčení k typovému výcviku techniků dle PART 147. V ČR je nejvýznamnější společností provozující vrtulníky, s kterými vykonává mimo jiné leteckou záchrannou službu. V současné době zvažuje svoji účast ve výběrovém řízení na převzetí společnosti ALFA-HELICOPTER, spol. s r. o. se sídlem v Brně, které vyhlásila v únoru letošního roku ukončení činnosti k 1. 1. 2017. [36]

Následuje přehled legislativních požadavků, které musí organizace, právní subjekt s přiděleným IČO, splňovat, aby mohla získat Oprávnění k typovému výcviku techniků dle PART 147. Jedná se o požadavky na prostory, personál, na záznamy, na vybavení pro výuku a studijní materiál. Následují výcvikové postupy a systém jakosti, vyjmenovány jsou práva organizace pro výcvik údržby, obsah MTOE, požadavky pro kurz typového výcviku, dále typový výcvik pro letadla skupiny 2 a 3 a v neposlední řadě obsah kurzu typového výcviku, závěrečné zkoušky a na závěr kategorie a oprávnění k osvědčování.

Práce pokračuje seznámením s vrtulníkem Eurocopter EC 135 se všemi technickými údaji o něm a s porovnáním technických údajů motorů Pratt & Whitney a Turbomeca Arrius 2B2, kterými je osazován. Nechybí přehledné zpracování možností uspořádání vnitřního prostoru vrtulníku. Samotný motor Arrius 2B2 předchází popis konstrukce turbínového motoru s popisem funkce leteckého proudového turbínového motoru a turbohřídelového motoru. Rovněž je vysvětlen rozdíl mezi principem proudového motoru s radiálním kompresorem a proudovým motorem s axiálním kompresorem. Nechybí srovnání jednohřídelového a dvouhřídelového motoru včetně jejich principu.

Motor Arrius 2B2 je nejnovějším modulárním turbohřídelovým motorem rodiny Arrius, používaným pro nejmodernější jedno nebo dvoumotorové lehké vrtulníky, ke kterým patří zmiňovaný Eurocopter EC 135. Skládá se ze dvou modulů, což umožňuje snadnou údržbu,

kdy interval mezi jednotlivými TBO dosahuje 4000 letových hodin, má pohotovostní OEI s jedním nepracujícím motorem, elektronickou jednotku řízení EECU zajišťující automatický start, ochranu proti přehřátí, proti pumpáži, řídí životnost motoru do TBO. Arrius 2B2 má vůbec nejnižší emise. Podrobné schéma motoru doplňují opět technické parametry motoru zpracované přehledně v tabulkách. Následuje konfigurace motoru a podrobný popis obou modulů (Reduktor – modul 1 a generátor plynů – modul 2) a jejich částí včetně funkcí. Vše je doplněno schematickými obrázky s podrobným popisem. Kapitulu uzavírá instalace motoru při výměně nebo instalaci po generální opravě motoru. Instalace je popsána krok za krokem a doplňuje ji opět schéma motoru s vyznačením po sobě jdoucích bodů celého postupu.

Nyní je do diplomové práce zařazena revize Eurocopteru EC 135 ve fotodokumentaci, která byla pořízena 3. března 2016 při revizi vrtulníku přímo ve firmě DSA a. s. Při této návštěvě v DSA a.s. jsem pořídil krátké instruktážní video revize motoru Arrius 2B2, které je nedílnou součástí mé diplomové práce a to její praktické části. Teoretickou část zakončuje kapitola o výukových metodách a jejich aspektech.

V praktické části zdůvodňuji mnou zvolenou výukovou metodu a to informačně receptivní, která posluchačům předává již hotové (konečné) informace prostřednictvím výkladu, vysvětlováním, popisem, ilustrací a demonstrací, v neposlední řadě potom užitím prezentací. Tuto metodu jsem zkombinoval s metodou reproduktivní založenou na poslechu přednášeného textu obsaženého v prezentacích a následném opakování formou dotazů, samostudia a textů. Z pohledu didaktického aspektu kombinuji všechny tři jeho metody a to slovní (monolog ze strany přednášejícího, ale i dialog mezi přednášejícím a posluchačem ve formě dotazů a odpovědí), názorně demonstrační (projekce schémat, fotografií a dynamických animací) a praktickou (ukázky na reálném motoru). Z pohledu psychologického aspektu spadá mnou zvolená výuka do metody sdělovací, jedná se o deduktivní typ přímé výuky se všemi náležitostmi, kombinuji metodu expoziční a fixační, kdy využívám jako jednu z hlavních pomůcek výuky prezentaci.

Co se týká samotných prezentací, zde zmiňuji zásady počítačové prezentace a jejich význam. Při vytváření prezentací jsem pracoval s programem PowerPoint, který je uživatelsky nejpoužívanější. Chtěl jsem tak předejít možným nákladům ze strany DSA a. s. spojeným s nákupem jiných speciálních programů a softwaru. Snažil jsem se dodržet všechny zásady tvorby prezentace - zvolil jsem jednotné bezpatkové písmo Arial Black ve velikosti písma „20“ a nadpisy ve velikosti písma „32“, aby bylo dobře čitelné i z větší dálky. Text je v prezentacích psán v odrážkách, jež jsou zvoleny v netradičním tvaru, tvaru letadla.

Prezentace je stručná a výstižná (pravidlo 5 x 5) a to i přesto, že téma prezentací v sobě neskrývá mnohdy jednoduchá řešení. Jako pozadí jednotlivých slidů jsem zvolil světle modrou barvu, jež koresponduje s barvou loga DSA a.s., pro objekty SmartArt jsem zvolil barvu žlutou a tmavě modrou, která koresponduje s barvou vrtulníku této společnosti. Tedy jsem splnil zásadu o použití maximálně tří barev. Do prezentací jsem umístil řadu obrázků, které mají často větší vypovídací schopnost než samotný text. Je však důležité, aby korespondovaly s textem. Další prvek, který jsem v prezentaci použil je video, které dokáže znovu upoutat pozornost posluchače a rozbít tak jednodušnost textu. Jedná se o krátké video demontáže startér-generátoru, které jsem natočil v DSA a.s. v Hradci Králové. Jako další prvek zlepšující kvalitu a úroveň prezentace jsem použil vlastní animace, které simulují princip funkce jednotlivých typů turbínových motorů a samotného motoru Arrius 2B2. Dalším cílem mé práce bylo vytvoření výukové osnovy, jež jsem rozdělil na pět částí, tedy pět samostatných prezentací a to „Eurocopter EC 135“, „Konstrukce turbínového motoru“, „Arrius 2B2“, „Arrius 2B2 modulární konstrukce“ a „Arrius 2B2 instalace motoru“. Výuková osnova je vytvořena systematicky, tedy jednotlivé prezentace na sebe navazují. Každá prezentace se skládá z výše uvedené výukové části a v jejím závěru jsou vytvořeny testové otázky na probranou látku. Každá otázka má jednu správnou odpověď, jež je volena ze tří variant.

Posledním bodem diplomové práce je návrh časového harmonogramu výuky. Vycházel jsem z mnou vytvořené dokumentace a výuku rozdělil do pěti pracovních dnů. Každý výukový den začíná přednáškou spojenou s prezentací, následuje praktické cvičení, samostudium, dotazy, po nich test, vyhodnocení a nakonec prostor pro vysvětlení nejasností. Detailní časový harmonogram je zpracován v tabulce 16, celkový podíl jednotlivých částí výuky je mimo přehledné tabulky vyjádřen i graficky a stejně je zpracováno rozložení výuky v jednotlivých dnech.

Příloha diplomové práce obsahuje podrobně zpracovaný přehled paliv a olejů pro motor Arrius 2B2. Následují jednotlivé prezentace s názvy - „Eurocopter EC 135“, „Konstrukce turbínového motoru“, „Arrius 2B2“, „Arrius 2B2 modulární konstrukce“ a „Arrius 2B2 instalace motoru“. Jedná se o pět prezentací představujících výukovou pomůcku na pět výukových dnů. Ke každé prezentaci je v příloze „Tabulka k doplnění odpovědí k testu...“, které účastník kurzu (žák, posluchač) na konci výukového dne vyplní a pro vyučujícího pomůcka v podobě „Šablony správných odpovědí ...“ k danému testu pro jeho vyhodnocení.

Navrhuji zpracovat tímto způsobem i další tematické celky týkající se vrtulníku Eurocopter C 135 pro typový výcvik techniků údržby letadel. Po absolvování kurzu bych vyhodnotil, zda zvolený výukový program přinesl očekávané výsledky.

Věřím, že má diplomová práce „Arrius 2B2 – typový výcvik“ bude přínosem při výuce typového výcviku techniků údržby letadel.

12 Seznam použitých zdrojů

- [1] CaBilAvi (2010): *DSA a.s.* [Online]. [cit. 2016-01-25]. Dostupné z <<http://www.cabilavi.gnss-centre.cz/-/dsa>>.
- [2] DSA a.s. (2016): *DSA a.s.* [Online]. [cit. 2016-01-25]. Dostupné z <<http://www.dsa.cz>>.
- [3] DSA a.s. (2016): *Certifikáty.* [Online]. [cit. 2016-01-28]. Dostupné z <<http://www.dsa.cz/o-nas/certifikaty>>.
- [4] Úřad pro civilní letectví (2014): *CAA-ZLP-071 Schvalování organizace pro výcvik údržby podle Části 147.* [Online]. [cit. 2016-02-08]. Dostupné z <<http://www.caa.cz/file/6078/>>.
- [5] Úřad pro civilní letectví (2014): *Nařízení Komise (EU) č. 1321/2014.* [Online]. [cit. 2016-02-08]. Dostupné z <<http://www.caa.cz/predpisy/narizeni-komise-eu-c-1321-2014>>.
- [6] Úřad pro civilní letectví (2014): *CAA-ZLP-052- AML PART 66 pro letouny a vrtulníky.* [Online]. [cit. 2016-02-08]. Dostupné z <www.caa.cz/file/5571_7_1/>.
- [7] Svoboda, R. (2013): *Vrtulník EC 135.* [Online]. [cit. 2016-02-10]. Dostupné z <<http://www.livien.org/EC135.htm>>.
- [8] Lubellan, J. (2012): *Vrtulníky.* [Online]. [cit. 2016-02-14]. Dostupné z <<http://www.vrtulniky.sk/portal/ludia/jakub-lubellan/f>>.
- [9] Airbus Helicopters, Inc. (2013): *EC 135.* [Online]. [cit. 2016-02-10]. Dostupné z <<http://airbushelicoptersinc.com/products/EC135-product.asp>>.
- [10] Helicopters (2008): *Turbomeca Arrius 2B2.* [Online]. [cit. 2016-02-14]. Dostupné z <<https://www.helicoptersmagazine.com/new-technic>>.
- [11] HeliHub (2014): *Transport Canada approves PW206B3 engine for EC135P3.* [Online]. [cit. 2016-02-14]. Dostupné z <<http://helihub.com/2014/07/07/transport-canada-approves-PW206B3-engine-for-EC135P3>>.
- [12] Airbus Helicopters (2012): *EC 135.* [Online]. [cit. 2016-02-14]. Dostupné z <<https://airbushelicopters.ca/product/H135/>>.
- [13] Airbus Helicopters (2012): *Helicopter technologie at american eurocopter's.* [Online]. [cit. 2016-02-14]. Dostupné z <http://airbushelicoptersinc.com/news_features/2009>.

- [14] Fojtík, J. (2009): *Eurocopter EC 135 kam se podíváš*. [Online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z <<http://vztlak.net/Profily-a-testy/Vrtulniky/Eurocopter-EC-135-kam-se-podivas>>.
- [15] Davidová, K. (2009): *O vrtulnících, záchrance a dalším...* [Online]. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z <http://www.aeroweb.cz/clanek_diskuse.asp?id=17288>.
- [16] European Aviation Safety Agency (2013): *Turbomeca Arrius 2 series engines*. [Online]. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z <https://easa.europa.eu/system/files/dfu/EASA-TCDS-E.029_TURBOMECA_ARRIUS_2_series_engines-04-21112011.pdf>.
- [17] Turbomeca (2009): *The Arrius 2B2*. [Online]. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z <<http://www.turbomeca-usa.com/products/arrius/arrius-2-b2.html>>.
- [18] Turbomeca (2010): *Products – Arrius 2B2*. [Online]. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z <<http://www.turbomeca-usa.com/images/stories/products/earrius2b2.pdf>>.
- [19] Eurocopter an EADS Company (2011): *Eurocopter EC135 – Technical Data*. [Online]. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z <<http://helistar.eu/mobile/img/ec-h135-brochure.pdf>>.
- [20] European Aviation Safety Agency (2012): *Pratt and Whitney Canada PW206 and PW207 series engines* [Online]. [cit. 2016-02-17]. Dostupné z <[http://easa.europa.eu/system/files/dfu/EASA-TCDS-E.017_\(IM\)_Pratt_and_Whitney_Canada_PW206_and_PW207_series_engines-05-28072009.pdf](http://easa.europa.eu/system/files/dfu/EASA-TCDS-E.017_(IM)_Pratt_and_Whitney_Canada_PW206_and_PW207_series_engines-05-28072009.pdf)>.
- [...] Zdroje [21] až [25] použity z vlastní bakalářské práce:.
- [21] Langston, Lee S. a Opdyke, G. (1997): *Introduction to Gas Turbines for Non-Engineers*. (publikováno v The Global Gas Turbine News, 1997, číslo 2).
- [22] Massachusetts institute of technology (2011): *Steady Flow Energy Equation*. [Online]. [cit. 2016-02-18]. Dostupné z <www.web.mit.edu/16.unified/ans7870/16/16.unified/thermoF03/chapter_6.htm>.
- [23] *Turbo jet The of the aeroplane* (2008). [Online]. [cit. 2016-03-05]. Dostupné z <www.petervaldivia.com/technology/mechanisms/turbo-jet.php>.
- [24] WALTER a.s. (2009): *Turbínové proudové motory*. [Online]. [cit. 2016-03-05]. Dostupné z <<http://www.walterjinonice.cz/wp-content/uploads/turb%C3%ADnov%C3%A9-proudov%C3%A9-motory.pdf>>.

- [25] TURBO TRAIN WEB SITE (2005): *What is a gas turbine*. [Online]. [cit.2016-03-07]. Dostupné z <<http://turbotrain.net/en/whatsgasturbine.htm>>.
- [26] Maintenance manual vrtulníku Eurocopter EC 135.
- [27] Maintenance manual motoru Arrius 2B2.
- [28] Maňák, J., Švec, V.: *Výukové metody*. Brno, PdF MU, 2003. ISBN 80-7315-039-5.
- [29] Vališová, A., Kasiková, H., a kol.: *Pedagogika pro učitele*. Praha, Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1734-0.
- [30] Kalhous, Z., Obst, O.: *Školní didaktika*. Brno, 2002.
- [31] Bendl, S., Kucharská, A. a kol.: *Kapitoly ze školní pedagogiky a psychologie*. Praha, Univerzita Karlova v Praze, 2008. ISBN 978-80-7290-366-5.
- [32] Lerner, I. J.: *Didaktické základy metod výuky*. Praha : SPN, 1986. ISBN 14-485-86.
- [33] Maňák, J.: *Experiment v pedagogice*. Brno, 1994. ISBN 80-7051-076-5.
- [34] Kotrba, T., Lacina, L.: *Praktické využití aktivizačních metod ve výuce*. Brno, Barrister & Principál, 2007. ISBN 978– 80-87029–12-1.
- [35] iPodnikatel.cz (2014): *Jak zvýšit atraktivitu vaší powerpointové prezentace*. [Online]. [cit. 2016-03-17]. Dostupné z <<http://www.ipodnikatel.cz/Obchodni-jednani/jak-zvysit-atraktivitu-vasi-powerpointove-prezentace.htm>>.
- [36] Komora záchranářů (2016): *ALFA-HELICOPTER, s.r.o. končí, její stanoviště by ráda převzala konkurenční DSA a.s.* [Online]. [Cit. 2016-05-07]. Dostupné z <<http://www.komorazachranaru.cz/aktualita/alfa-helicopter-spol-s-r-o-konci>>.

12 Seznam obrázků

Obrázek 1	Vrtulník Eurocopter EC 135 T2
Obrázek 2	Osvědčení o typovém výcviku podle části 147
Obrázek 3	Vrtulník Eurocopter EC 135
Obrázek 4	Motor Turbomeca Arrius 2B2
Obrázek 5	Motor Pratt & Whitney Canada
Obrázek 6	Glass Cockpit
Obrázek 7	Zadní rotor FENESTRON
Obrázek 8	Čtyřlístový hlavní rotor
Obrázek 9	Konstrukce leteckého proudového turbínového motoru
Obrázek 10a	Schéma proudového motoru s radiálním kompresorem
Obrázek 10b	Schéma proudového motoru s axiálním kompresorem
Obrázek 11	Princip turbohřídelového motoru vrtulníku
Obrázek 12	Turbohřídelový motor vrtulníku
Obrázek 13	Schéma jednohřídelového turbínového motoru
Obrázek 14	Schéma dvouhřídelového turbínového motoru
Obrázek 15	Schéma motoru Arrius 2B2
Obrázek 16	Vrtulník Eurocopter EC 135 s motory Arrius 2B1/2B2
Obrázek 17	Vrtulník Eurocopter EC 135
Obrázek 18	Schéma uložení motorů Arrius 2B1/2B2
Obrázek 19	Vrtulník Eurocopter EC 135
Obrázek 20	Ústrojí hnacího hřídele
Obrázek 21	Skříň přidavných náhonů
Obrázek 22	Generátor plynů
Obrázek 23	Schéma startu motoru
Obrázek 24	Zapalovací systém motoru
Obrázek 25	Poloha jističe IGN ENG II a jističe IGN ENG I v panelu 12VE

Obrázek 26	Zapalovací systém motoru
Obrázek 27	Schéma motoru Arrius 2B1/2B2
Obrázek 28	Schéma systému IBF
Obrázek 29	Eurocopter EC 135
Obrázek 30	Motor Arrius 2B2
Obrázek 31	Přední pohled – motory Arrius 2B2
Obrázek 32	Boční pohled – motor Arrius 2B2
Obrázek 33	Výstupní ústrojí motoru Arrius 2B2
Obrázek 34	Hydraulický systém
Obrázek 35	Hřídel hlavního rotoru
Obrázek 36	Demontované listy hlavního rotoru
Obrázek 37	Hlava hlavního rotoru
Obrázek 38	Hydraulický systém
Obrázek 39	Ocasní část EC 135
Obrázek 40	FENESTRON – pohled zprava
Obrázek 41	FENESTRON – pohled zleva
Obrázek 42	FENESTRON – ovládací mechanismus
Obrázek 43	Zadní výklopné dveře EC 135
Obrázek 44	Montážní plošiny u EC 135
Obrázek 45	Přípravek pro uskladnění kapotáže motoru
Obrázek 46	Cockpit
Obrázek 47	Nadhlavový panel
Obrázek 48	Didaktický trojúhelník procesu výuky

13 Seznam tabulek

Tabulka 1	Počet přepravovaných osob dle typu vrtulníku
Tabulka 2	Rozdělení letadel do skupin pro účely získání letadlových kvalifikací
Tabulka 3	Minimální počet hodin výuky v rámci teoretického výcviku
Tabulka 4	Srovnání motorů Pratt & Whitney PW206B2 a Turbomeca Arrius 2B2
Tabulka 5	Možnosti uspořádání vnitřního prostoru vrtulníku Eurocopter EC 135
Tabulka 6	Rozměry Eurocopteru EC 135
Tabulka 7	Hmotnost Eurocopteru EC 135
Tabulka 8	Ostatní parametry Eurocopteru EC 135
Tabulka 9	Verze Eurocopteru EC 135
Tabulka 10	Maximální teploty plynů na turbíně
Tabulka 11	Maximální otáčky plynového generátoru
Tabulka 12	Otáčky volné turbíny
Tabulka 13	Maximální točivý moment
Tabulka 14	Otáčky
Tabulka 15	Vysokonapěťová zapalovací jednotka
Tabulka 16	Zapalovací svíčka
Tabulka 17	Detailní časový harmonogram výuky
Tabulka 18	Celkový podíl jednotlivých částí výuky
Tabulka 19	Rozložení výuky v jednotlivých dnech
Tabulka 20	Primárně používaná paliva pro motor Arrius 2B2
Tabulka 21	Sekundárně používaná paliva pro motor Arrius 2B2 do výšky 3000 m
Tabulka 22	Oleje pro motor Arrius 2B2

Seznam grafů

Graf 1	Celkový podíl jednotlivých částí výuky
Graf 2	Rozložení výuky v jednotlivých dnech

14 Přílohy

Příloha č. 1	Paliva a oleje používané pro motor Arrius 2B2
Příloha č. 2	Tabulka k doplnění odpovědí k testu „Eurocopter EC 135“
Příloha č. 3	Šablona správných odpovědí k testu „Eurocopter EC 135“
Příloha č. 4	Tabulka k doplnění odpovědí k testu „Konstrukce turbínového motoru“
Příloha č. 5	Šablona správných odpovědí k testu „Konstrukce turbínového motoru“
Příloha č. 6	Tabulka k doplnění odpovědí k testu „Arrius 2B2“
Příloha č. 7	Šablona správných odpovědí k testu „Arrius 2B2“
Příloha č. 8	Tabulka k doplnění odpovědí k testu „Arrius 2B2 modulární konstrukce“
Příloha č. 9	Šablona správných odpovědí k testu „Arrius 2B2 modulární konstrukce“
Příloha č. 10	Tabulka k doplnění odpovědí k testu „Arrius 2B2 instalace motoru“
Příloha č. 11	Šablona správných odpovědí k testu „Arrius 2B2 instalace motoru“
Příloha č. 12	Prezentace Eurocopter EC 135
Příloha č. 13	Prezentace Konstrukce turbínového motoru
Příloha č. 14	Prezentace Arrius 2B2
Příloha č. 15	Prezentace Arrius 2B2 modulární konstrukce
Příloha č. 16	Arrius 2B2 instalace motoru

Příloha č. 1 Paliva a oleje používané pro motor Arrius 2B2

Tabulka č. 20 Primárně používaná paliva pro motor **ARRIUS 2B2** [27]

<i>Fuel type</i>	<i>NATO symbol</i>	<i>USA SPEC.</i>	<i>UK SPEC.</i>	<i>FRANCE SPEC.</i>	<i>CHINA SPEC.</i>	<i>Freezing point (approx.)</i>
Kerosene-50 (AVTUR FS II) JP8	F34	MIL-T-83 133 JP8	D.ENG.RD 2453	AIR 3405-F-34		-47°C (-52.6°F)
Kerosene-50 (AVTUR) Jet A1	F35	ASTM-D-1655 Jet A1	D.ENG.RD 2494	AIR 3405-F-35		-47°C (-52.6°F)
Kerosene		ASTM-D-1655 Jet A				-40°C (-40°F)
High flash point kerosene JP5 (AVCAT)	F43		D.ENG.RD 2498	AIR 3404-F-43		-46°C (-50.8°F)
High flash point kerosene JP5 (AVCAT FS II)	F44	MIL-T-5624 JP 5	D.ENG.RD 2452	AIR 3404-F-44		-46°C (-50.8°F)
Jet Fuel PRC3 National Standard No.3					GB 653794	-47°C (-52.6°F)

**Tabulka č. 21 Sekundárně používaná paliva pro motor ARRIUS 2B2
do výšky 3 000 m (10 000ft) [27]**

<i>Fuel type</i>	<i>NATO Symbol</i>	<i>USA SPEC.</i>	<i>UK SPEC.</i>	<i>FRANCE SPEC.</i>	<i>RUSSIA SPEC.</i>	<i>UKRAINE SPEC.</i>	<i>Freezing point (approx.)</i>
Wide band JP4 (AVTAG FS II)	F40	MIL-T-5624 JP4	D.ENG.RD 2454	AIR 3407			-58°C (-72.4°F)
Wide band JP4 (AVTAG)	F45		D.ENG.RD 2486				-58°C (-72.4°F)
Wide band		ASTM-D-1655 Jet B					-50°C (-58°F)
T1 - Kerosene					GOST 10227-86		-60°C (-76°F)
TS1 - Kerosene					GOST 10227-86	GSTU 320.001499 43 011-99	-60°C (-76°F)
TS1 - Premium					GOST 10227-86		-60°C (-76°F)
T2 - Wide-Cut					GOST 10227-86		-60°C (-76°F)
RT - Kerosene					GOST 10227-86	GSTU 320.001499 43 007-97	-60°C (-76°F)

Tabulka č. 22 Olej pro motor ARRIUS 2B2 [27]

Oil type	NATO Symbol	Specification				Class	Approved oil trademarks
		FRANCE	U.S.A.		U.K.		
			Military	Civil			
Normal use Average synthetic 5 cSt at 98.9°C	0.156 / 0.154	-	MIL-PRF-2 3699	SAE AS 5780	DEF STAN 91-101	HTS	BP Turbo Oil 2197 (BPTO 2197) MOBIL JET OIL 254 (MJO 254)
	0.156 / 0.152	-	MIL-PRF-2 3699	-	DEF STAN 91-101	CI	Castrol Aero J5
	0.156	DCSEA 299	MIL-PRF-2 3699	SAE AS 5780	DEF STAN 91-101	STD	TURBONYCOIL 600 (TN 600) Aero Shell Turbine Oil 500 (ASTO 500) Aero Shell Turbine Oil 560 (ASTO 560) ROYCO 560 BP Turbo Oil 2380 (BPTO 2380) MOBIL JET OIL II (MJO II) TOTAL AEROTURBINE 535 CASTROL 5000 TOTAL Preslia SE Jet
Oil type	NATO Symbol	Specification				Class	Approved oil trademarks
		FRANCE	U.S.A.		U.K.		
			Military	Civil			
Other oils types Synthetic fluid 3 cSt at 98.9°C	0.148	-	MIL-PRF-7 808	-	-	-	BP TURBO OIL 2389 (BPTO 2389) MOBIL AVREX S 256 TURBONYCOIL 160 (TN 160)
	0.150	AIR 3514	-	-	-	-	TURBONYCOIL 13B (TN 13B)
Synthetic fluid 4 cSt at 98.9°C	-	-	-	-	DEF STAN 91-94	-	Aero Shell Turbine Oil 390 (ASTO 390)

HTS: High Thermal Stability, CI: Corrosion Inhibiting, STD: Standard

Příloha č. 2 Tabulka k doplnění odpovědí k testu „Eurocopter EC 135“

Eurocopter EC 135 - TEST			
	A	B	C
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			

Příloha č. 3 Šablona správných odpovědí k testu „Eurocopter EC 135“

Eurocopter EC 135 - SPRÁVNÉ ODPOVĚDI			
	A	B	C
1		X	
2			X
3	X		
4			X
5	X		
6			X
7	X		
8		X	
9		X	
10	X		
11			X
12	X		
13		X	
14	X		
15			X
16		X	
17	X		
18			X

Příloha č. 4 Tabulka k doplnění odpovědí k testu „Konstrukce turbínového motoru“

Konstrukce turbínového motoru - TEST			
	A	B	C
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			

Příloha č. 5 Šablona správných odpovědí k testu „Konstrukce turbínového motoru“

Konstrukce turbínového motoru - SPRÁVNÉ ODPOVĚDI			
	A	B	C
1			X
2	X		
3		X	
4	X		
5			X
6	X		
7		X	
8	X		
9		X	
10			X
11	X		
12			X
13		X	
14		X	
15	X		
16			X
17			X
18		X	
19	X		
20			X
21		X	
22	X		

Příloha č. 6 Tabulka k doplnění odpovědí k testu „Arrius 2B2“

ARRIUS 2B2 - TEST			
	A	B	C
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			

Příloha č. 7 Šablona správných odpovědí k testu „Arrius 2B2“

ARRIUS 2B2 - SPRÁVNÉ ODPOVĚDI			
	A	B	C
1	X		
2			X
3		X	
4	X		
5		X	
6			X
7			X
8	X		
9			X
10		X	
11	X		
12		X	
13	X		
14			X
15	X		
16			X
17	X		
18		X	
19		X	
20			X
21	X		
22		X	
23	X		

Příloha č. 8 Tabulka k doplnění odpovědí k testu „Arrius 2B2 modulární konstrukce“

ARRIUS 2B2 - modulární konstrukce - TEST			
	A	B	C
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			
17			
18			
19			
20			
21			
22			
23			
24			
25			
26			
27			
28			
29			
30			
31			
32			
33			
34			
35			
36			
37			
38			

Příloha č. 9 Šablona správných odpovědí k testu „Arrius 2B2 modulární konstrukce“

ARRIUS 2B2 - modulární konstrukce SPRÁVNÉ ODPOVĚDI			
	A	B	C
1	X		
2		X	
3	X		
4	X		
5			X
6	X		
7			X
8		X	
9	X		
10	X		
11	X		
12			X
13			X
14	X		
15		X	
16		X	
17	X		
18			X
19		X	
20	X		
21			X
22	X		
23		X	
24	X		
25			X
26			X
27	X		
28		X	
29	X		
30			X
31		X	
32	X		
33	X		
34	X		
35		X	
36	X		
37		X	
38			X

Příloha č. 10 Tabulka k doplnění odpovědí k testu „Arrius 2B2 instalace motoru“

Instalace motoru - TEST			
	A	B	C
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			
15			
16			

Příloha č. 11 Šablona správných odpovědí k testu „Arrius 2B2 instalace motoru“

Instalace motoru - SPRÁVNÉ ODPOVĚDI			
	A	B	C
1	X		
2		X	
3	X		
4			X
5	X		
6			X
7	X		
8		X	
9		X	
10	X		
11	X		
12		X	
13			X
14		X	
15			X
16	X		

Eurocopter EC 135



Verze: 1.0
Aktualizováno: 11.5.2016

© použití pouze se svolením autora



Obsah

-  [Popis](#)
-  [Rotory](#)
-  [Motory](#)
-  [Prostor](#)
-  [Technické parametry](#)
-  [Testové otázky](#)



Eurocopter EC 135- popis

- **lehký dvoumotorový vrtulník**
- **výrobce- Eurocopter Group**
- **víceúčelový vrtulník**
 - **záchranná služba**
 - **policejní složky**
 - **vojenské složky**
 - **těžební průmysl, VIP přeprava osob**



Eurocopter EC 135- popis

- **Glass Cockpit**
 - **LCD displeje**
 - **CPDS (centrální panelový displej)**
 - **VEMD (letový a motorový multifunkční displej)**
 - **CAD (displej pro upozornění a nápovědy)**



Eurocopter EC 135- popis

- **automatický systém řízení letu AFCS**
- **IFR avionika- bezpečnost při letech za špatného počasí**



Eurocopter EC 135- popis

- **výborná manévrovatelnost**
- **trup a sedadla odolná proti nárazu**
- **palivové nádrže odolné proti průrazu**
- **boční vstupy vzduchu do motoru → možnost vstupního filtru IBF**



Eurocopter EC 135- popis

- jednoduchá konstrukce → rychlá a jednoduchá údržba
 - nízké provozní náklady
- jeden z provozně nejlevnějších vrtulníků
- střední interval inspekce = 500 letových hodin
- pravidelné kontroly = 1000 letových hodin nebo 3 roky



Eurocopter EC 135- rotory

- čtyřlístý hlavní rotor → vyžaduje údržbu pouze v závislosti na jeho stavu
 - umístěn dostatečně vysoko - bezpečnost osob v okolí



Eurocopter EC 135- rotory

- zadní rotor FENESTRON
 - vyšší účinnost
 - ochrana při manévrech v blízkosti terénu
 - bezpečnost osob v okolí
 - snižuje hlučnost



Eurocopter EC 135- motory

- dva typy motorů
 - Arrius 2B2 (Turbomeca)
 - PW 206B2
- FADEC
 - optimalizace výkonu motorů
 - bezpečnost
- dvoumotorová konstrukce → bezpečnost



Srovnání motorů Pratt & Whitney PW206B2 a Turbomeca ARRIUS	Arrius 2B2	PW206B2
OEI 30 sec výkon	610 kW / 818 shp	609 kW / 816 shp
OEI 2 min výkon	590 kW / 791 shp	580 kW / 777 shp
OEI nepřetržitý výkon	540 kW / 724 shp	528 kW / 708 shp
Vzletový výkon	472 kW / 633 shp	498 kW / 667 shp
Výkon nepřetržitý	439 kW / 589 shp	457 kW / 612 shp
Délka	1158 mm	1040 mm
Šířka	518 mm	520 mm
Výška	690 mm	730 mm
Váha	114,3 kg	117,2 kg
Maximální rychlost *	278 km/h, 150 kts	278 km/h, 150 kts
Maximální cestovní rychlost *	257 km/h, 139 kts	257 km/h, 139 kts
Spotřeba paliva při maximální cestovní rychlosti *	234,5 kg/h	234,5 kg/h
Ekonomická cestovní rychlost (ECS) *	237 km/h, 128 kts	226 km/h, 122 kts
Spotřeba paliva při ekonomické cestovní rychlosti *	215 kg/h	200,5 kg/h
Rychlost stoupání *	8,9 m/s, 1750 ft/min	8,9 m/s, 1750 ft/min
Maximální dostupnost *	5155 m / 16900 ft	5155 m / 16900 ft
Maximální dolet (ECS, 500 kg nádrž paliva) *	630 km / 340 nm	645 km / 348 nm
Maximální dolet (ECS, 730 kg nádrž paliva) *	825 km / 446 nm	850 km / 459 nm

*při použití motorů na vrtulníku Eurocopter EC 135 s hmotností 2720 kg



Eurocopter EC 135- prostor

- objem prostoru 5,9 m³
- rovná podlaha → kolejnice
- boční dveře posuvné
- zadní dveře výklopné



Eurocopter EC 135- prostor

Možnosti uspořádání vnitřního prostoru vrtulníku Eurocopter EC 135

Převážení pasażerů	1 nebo 2 piloti	7 nebo 6 pasażerů	(verze pro 6 pasażerů)
	1 nebo 2 piloti	6 nebo 5 pasażerů	(verze pro 5 pasażerů)
	1 nebo 2 piloti	5 nebo 4 pasażerů	(VIP verze pro 4 pasażerů)
Záchraná služba	1 pilot	1 nosítka	4 sedadla pro lékaře a záchranáře
	1 pilot	2 nosítka	3 sedadla pro lékaře a záchranáře
	2 piloti	1 nosítka	3 sedadla pro lékaře a záchranáře
	2 piloti	2 nosítka	2 sedadla pro lékaře a záchranáře
Převážení nákladu	1 pilot	4,9 m ³	nákladového prostoru



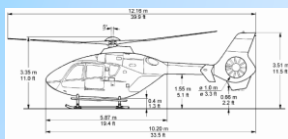
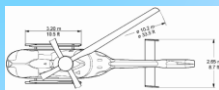
Eurocopter EC 135- prostor

Konfigurace vrtulníku společnosti DSA

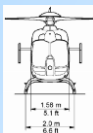
Typ vrtulníku	Osoba	Lékařský personál	Pacienti
EC 135 T2	2 piloti	2 členové lékařského týmu	1-2 ležící pacienti
EC135 T1	2 piloti	2 členové lékařského týmu	1 ležící pacient
EC135 T2+	1 pilot	3 členové lékařského týmu	1 ležící pacient



Eurocopter EC 135- technické parametry



Délka s listy rotoru	12,26 m	40,2 ft
Délka trupu	10,20 m	33,5 ft
Výška	3,51 m	11,5 ft
Šířka (bez hlavního rotoru)	3,16 m	10,4 ft
Průměr hlavního rotoru	10,40 m	34,1 ft
Světla výška hlavního rotoru	2,4 m	7,9 ft



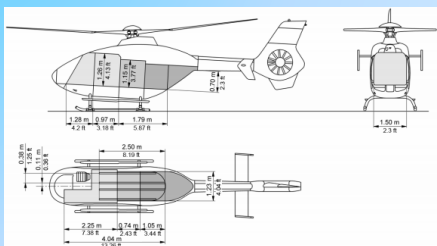
Eurocopter EC 135- technické parametry

hmotnost

Maximální vzletová hmotnost	2980 kg	6570 lb
Prázdná hmotnost, standardní konfigurace	1482 kg	3267 lb
Užitečná hmotnost, standardní konfigurace	1498 kg	3303 lb
Maximální zatížení-závěs pod trupem	1300 kg	2866 lb
Standardní hmotnost paliva	560 kg	1235 lb



Eurocopter EC 135- technické parametry



Eurocopter EC 135- technické parametry

ostatní parametry

Maximální rychlost	259 km/h	140 kts
Cestovní rychlost	252 km/h	136 kts
Stoupání při výpadku jednoho motoru (OEI)	2 m/s	400 ft/min
Maximální dolet při cestovní rychlosti	609 km	329 NM
Maximální operační výška	6095 m	20 000 ft
Minimální operační teplota	minus 35°C	minus 31°F
Maximální operační teplota	39°C	102,2°F



Dotazy ?



Testové otázky

1. Eurocopter EC 135 je:

- a) lehký jednomotorový vrtulník
- b) lehký dvoumotorový vrtulník
- c) těžký dvoumotorový vrtulník

2. Glass cockpit obsahuje:

- a) řízení Fly by wire
- b) analogový výškoměr
- c) LCD displeje

3. Eurocopter EC 135 je vybaven:

- a) bočními vstupy vzduchu do motoru
- b) spodními vstupy vzduchu do motoru
- c) nasáváním vzduchu skrz hřídel hlavního rotoru



Testové otázky

4. Střední interval inspekce u EC 135 je:

- a) 1500 letových hodin
- b) 1000 letových hodin
- c) 500 letových hodin

5. Pravidelné kontroly u EC 135 se provádí:

- a) 1000 letových hodin nebo 3 roky
- b) 500 letových hodin nebo 1 rok
- c) 2000 letových hodin nebo 5 let

6. Hlavní rotor EC 135 je:

- a) pětilístý
- b) třílístý
- c) čtyřlístý



Testové otázky

7. Údržba hlavního rotoru se provádí:

- a) v závislosti na jeho stavu
- b) každý rok
- c) po 50 letových hodin

8. Fenestron je:

- a) speciální typ hydraulického řízení EC 135
- b) název pro zakrytovaný zadní rotor EC 135
- c) název pro hlavní rotor vrtulníku

9. Eurocopter EC 135 používá motory:

- a) Arrius 2B2 nebo PW260B2
- b) Arrius 2B2 nebo PW206B2
- c) Arrius 3B2 nebo PW206B2



Testové otázky

10. FADEC slouží k:

- a) optimalizaci výkonu motoru
- b) nouzovému přistání
- c) hašení motorů

11. ARRIUS 2B2 disponuje vzletovým výkonem:

- a) 650 SHP
- b) 430 SHP
- c) 633 SHP

12. Zkratka OEI znamená:

- a) jeden nefunkční motor
- b) seznam minimálního požadovaného vybavení
- c) kód pro nouzové přistání



Testové otázky

13. Hmotnost motoru ARRIUS 2B2 je:

- a) 211 kg
- b) 114,3 kg
- c) 320 kg

14. Eurocopter EC 135 disponuje objemem prostoru:

- a) 5,9 m³
- b) 6,5 m³
- c) 4,5 m³

15. Eurocopter EC 135 má:

- a) boční dveře výklopné a zadní dveře posuvné
- b) boční dveře i zadní dveře posuvné
- c) boční dveře posuvné a zadní dveře výklopné



Testové otázky

16. Při konfiguraci pro přepravu nákladu s jedním pilotem Eurocopter EC 135 disponuje prostorem:

- a) 3,5 m³
- b) 4,9 m³
- c) 2,5 m³

17. Délka listu hlavního rotoru dosahuje:

- a) 12,26 m
- b) 18,5 m
- c) 5,5 m

18. Maximální vzletová hmotnost Eurocopteru EC 135 je:

- a) 1580 kg
- b) 4500 kg
- c) 2980 kg



Testové otázky - správné odpovědi

- | | |
|--------------|---------------|
| 1. b) | 10. a) |
| 2. c) | 11. c) |
| 3. a) | 12. a) |
| 4. c) | 13. b) |
| 5. a) | 14. a) |
| 6. c) | 15. c) |
| 7. a) | 16. b) |
| 8. b) | 17. a) |
| 9. b) | 18. c) |

Minimální počet správných odpovědí: 14



Konstrukce turbínového motoru



Verze: 1.0
Aktualizováno: 11.5.2016
© použití pouze se svolením autora

DSA a.s. 

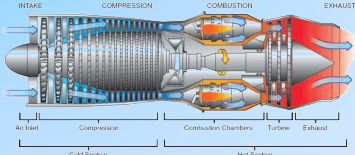
Obsah


-  [Konstrukce turbínového motoru](#)
-  [Proudový turbínový motor](#)
-  [Radiální kompresor](#)
-  [Axiální kompresor](#)
-  [Turbohřídelový motor](#)
-  [Jednohřídelový turbínový motor](#)
-  [Dvuhřídelový turbínový motor](#)
-  [Testové otázky](#)

DSA a.s. 

Konstrukce turbínového motoru

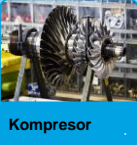
- turbínový motor = druh spalovacího motoru
- princip zákonů akce a reakce (3. Newtonův zákon)
- energie horkého plynu přímo ze spalín → síla
- kontinuální proces spalování X přerušované spalování pístového motoru




DSA a.s. 

Konstrukce turbínového motoru

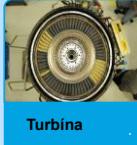
- vyžaduje velmi přesný výrobní proces
- 3 hlavní komponenty:



Kompresor




Spalovací komora





Turbína

→ tvoří generátor plynů → společně pro proudový i turbohřídelový motor

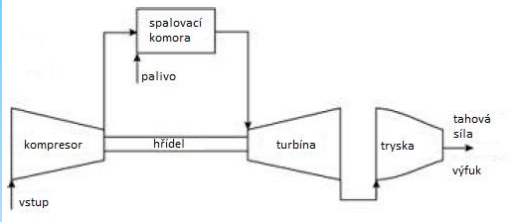
DSA a.s. 


Proudový turbínový motor



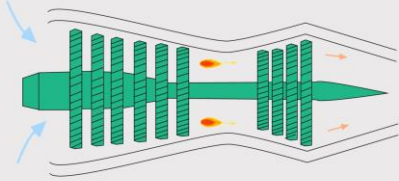
DSA a.s. 

Proudový turbínový motor

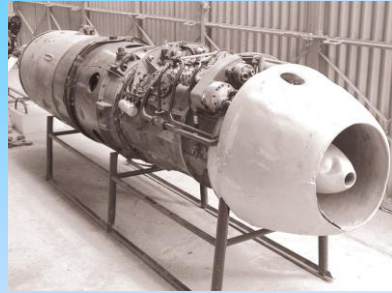


DSA a.s. 

Proudový turbínový motor

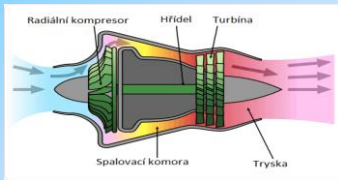


Proudový turbínový motor



Radiální kompresor

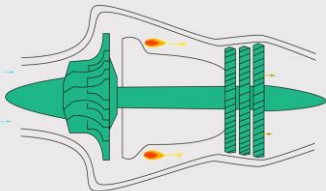
- větší stlačení na jednom stupni → větší účinnost
- historicky první → již po druhé světové válce



Radiální kompresor

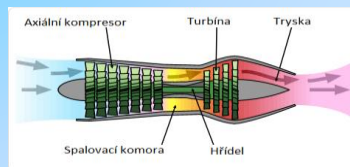


Radiální kompresor

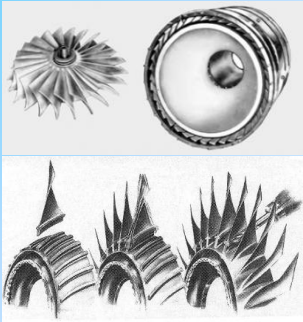


Axiální kompresor

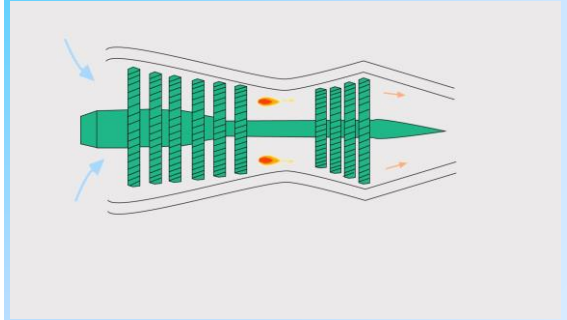
- menší stlačení a účinnost na jednom stupni
- větší nároky na výkon → vícestupňový axiální kompresor → vyšší celkové stlačení



Axiální kompresor



Axiální kompresor



Axiální a radiální kompresor

- možná kombinace vícestupňového axiálního kompresoru s kompresorem radiálním



Turbohřídelový motor

- typ turbinového motoru
- uzpůsoben k pohonu hřídele (ne k vyvození tahu pomocí trysky)
- další přídavná turbína → transformace kinetické energie plynů → mechanická energie otáčení hřídele → reduktor → rotor vrtulníku



Turbohřídelový motor

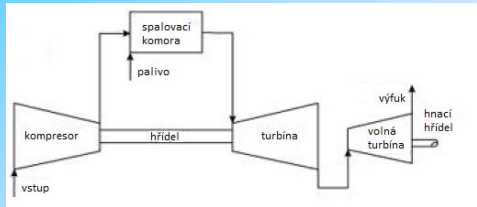
- aplikace které vyžadují:
 - trvalý vysoký výstupní výkon
 - vysokou spolehlivost
 - malé rozměry
 - malou hmotnost
- vrtulníky, vznášedla, lodě, stacionární a elektrické jednotky



Turbohřídelový motor

- dvě části
 - generátor plynů- kompresor, spalovací komora, jedno nebo více stupňová turbína
 - výkonná část- jeden nebo více stupňů turbíny, reduktor a výstupní hřídel

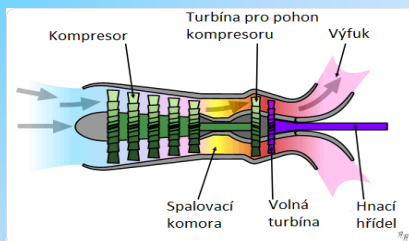




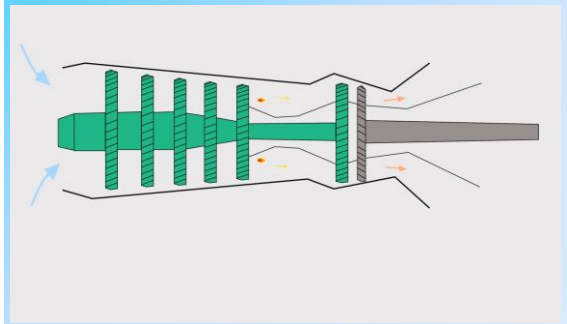
Turbohřídelový motor

- generátor plynů → horké expandující plyny → pohon výkonné části
- příslušenství motoru (skříň přidavných náhonů) poháněno od plynového generátoru nebo výkonné části (závisí na konstrukci) většina konstrukcí mechanicky oddělena → každá může pracovat při jiných otáčkách → volná turbína (turbína výkonné části)

Turbohřídelový motor



Turbohřídelový motor



Turbohřídelový motor

- první turbohřídelový motor postaven firmou Turbomeca v roce 1948 a byl použit pro vrtulník ALOUETTE II.

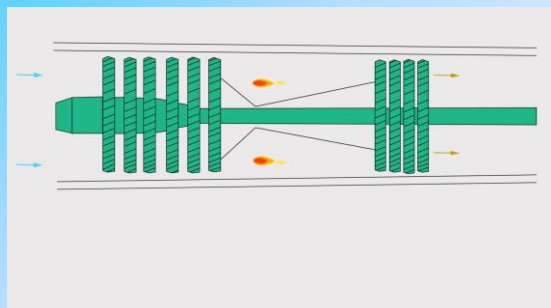


Jednohřídelový turbínový motor

- kompresor a turbína spojeny v celek
- většina výkonu k pohonu kompresoru → zbytkový výkon pro pohon generátoru či čerpadla
- nemůže pracovat při nízkých otáčkách → nízké otáčky kompresoru → nízký tlak vzduch → selhání spalování a zastavení motoru

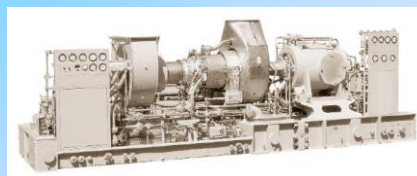


Jednohřídelový turbínový motor



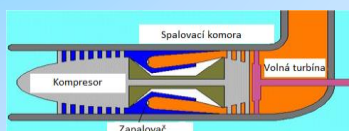
Jednohřídelový turbínový motor

- vhodný pro výrobu elektrické energie → není vyžadována proměnná rychlost

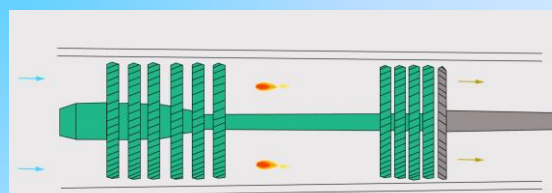


Dvouhřídelový turbínový motor

- turbína rozdělena na dvě části → každá část se může otáčet libovolnou rychlostí
- kompresor a levá část turbíny = jeden celek → pravá část se otáčí nezávisle
- výstupní hřídel může být v klidu zatímco motor pracuje



Dvouhřídelový turbínový motor



Dvouhřídelový turbínový motor

- volná turbína může být připojena v jakémkoliv režimu motoru
- vysoké stlačení vzduchu → vysoký krouticí moment při nízkých otáčkách → vysoká účinnost při nízké rychlosti



Dotazy ?



Testové otázky

1. Turbinový motor pracuje na principu zákona:

- a) zachování energie
- b) setrvačnosti
- c) akce a reakce

2. Turbinový motor má:

- a) kontinuální proces spalování
- b) přerušované spalování
- c) kombinované spalování

3. Hlavní komponenty turbinového motoru jsou:

- a) kompresor, spalovací komora, zapalovací svíčka
- b) kompresor, spalovací komora, turbína
- c) kompresor, turbína, filtr pevných částic



Testové otázky

4. Generátor plynů je:

- a) základní část každého turbinového motoru
- b) zařízení používané při údržbě turbinového motoru
- c) volitelné příslušenství pro snížení spotřeby paliva turbinového motoru

5. Chemická energie vzduchu se dodává uvnitř:

- a) kompresoru
- b) turbíny
- c) spalovací komory

6. Kompresor je poháněn:

- a) od turbíny generátoru plynů
- b) od výtokové trysky
- c) od spalovací komory



Testové otázky

7. Proudový turbinový motor využívá kinetické energie spalin:

- a) k rotočení volné turbíny
- b) k vyvození tahu prostřednictvím trysky
- c) nevyužívá kinetické energie spalin

8. Radiální kompresor dosahuje:

- a) většího stlačení vzduchu na jednom stupni než kompresor axiální
- b) stejného stlačení vzduchu na jednom stupni než kompresor axiální
- c) menšího stlačení vzduchu na jednom stupni než kompresor axiální

9. Jednostupňový radiální kompresor ve srovnání s jednostupňovým axiálním kompresorem má:

- a) menší účinnost
- b) větší účinnost
- c) stejnou účinnost



Testové otázky

10. Axiální kompresor má ve srovnání s kompresorem radiálním:

- a) větší stlačení a větší účinnost na jednom stupni
- b) přibližně stejné stlačení a účinnost na jednom stupni
- c) menší stlačení a menší účinnost na jednom stupni

11. Vicestupňový axiální kompresor dosahuje:

- a) vyššího celkového stlačení než kompresor radiální
- b) nižšího celkového stlačení než kompresor radiální
- c) stejné celkového stlačení než kompresor radiální

12. V kombinaci axiálního a radiálního kompresoru na společné hřídeli bývá radiální kompresor řazen jako:

- a) první člen
- b) prostřední člen
- c) poslední člen



Testové otázky

13. Turbohřídelový motor je uzpůsoben:

- a) k vyvození tahu pomocí trysky
- b) k pohonu hřídele
- c) k odmrazování trupu vrtulníku

14. U turbohřídelového motoru složí k pohonu rotorů vrtulníku:

- a) radiální kompresor
- b) volná turbína
- c) výtoková tryska

15. Od turbohřídelového motoru jsou požadovány:

- a) malé rozměry, malá hmotnost při vysokém výstupním výkonu
- b) pouze nízké provozní náklady
- c) nízká pořizovací cena



Testové otázky

16. Turbohřídelový motor se skládá z :

- a) generátoru plynů a výtokové trysky
- b) výkonné části a radiálního kompresoru
- c) generátoru plynů a výkonné části

17. Skříň přidavných náhonů turbohřídelového motoru je poháněna:

- a) vždy od generátoru plynů
- b) vždy od výkonné části
- c) závisí na konstrukci

18. Pokud turbohřídelový motor obsahuje volnou turbínu:

- a) obě jeho hlavní části pracují při stejných otáčkách
- b) obě jeho hlavní části pracují při různých otáčkách
- c) ovlivněno volbou pilota



Testové otázky

19. U jednohřídelového turbínového motoru jsou:

- a) turbína a kompresor spojeny v jeden celek hřídelí
- b) turbína a kompresor odděleny tryskou
- c) turbína a spalovací komora spojeny v jeden celek

20. Jednohřídelový turbínový motor:

- a) nemůže pracovat při vysokých otáčkách
- b) nemůže být použit pro výrobu elektrické energie
- c) nemůže pracovat při nízkých otáčkách

21. U dvouhřídelového turbínového motoru jsou:

- a) hřídele spojeny mechanicky v jeden celek
- b) hřídele spojeny aerodynamickou vazbou
- c) hřídele rotovány vždy při stejných otáčkách



Testové otázky

22. U dvouhřídelového turbínového motoru výstupní hřídel:

- a) může být v klidu zatímco motor pracuje
- b) musí mít vždy stejné otáčky jako motor
- c) má vždy vyšší otáčky než motor



Testové otázky – správné odpovědi

- | | |
|---------------|---------------|
| 1. c) | 12. c) |
| 2. a) | 13. b) |
| 3. b) | 14. b) |
| 4. a) | 15. a) |
| 5. c) | 16. c) |
| 6. a) | 17. c) |
| 7. b) | 18. b) |
| 8. a) | 19. a) |
| 9. b) | 20. c) |
| 10. c) | 21. b) |
| 11. a) | 22. a) |

Minimální počet správných odpovědí: **17**



ARRIUS 2B2



Verze: 1.0
Aktualizováno: 11.5.2016

© použití pouze se svolením autora

DSA a.s.



Obsah

-  [Základní informace](#)
-  [EECU](#)
-  [Technické parametry](#)
-  [Konfigurace motoru](#)
-  [Filtry vstupu vzduchu do motoru](#)
-  [Testové otázky](#)

DSA a.s.



ARRIUS 2B2 – základní informace

- nejnovější přírůstek do rodiny modulárních turbohřídelových motorů Arrius
- pohání nejnovější jedno nebo dvumotorové lehké vrtulníky (vzletový výkon 479–716 koní)
- pohání lehký dvumotorový vrtulník Eurocopter EC 135
- certifikace v roce 2002



DSA a.s.



ARRIUS 2B2 – základní informace

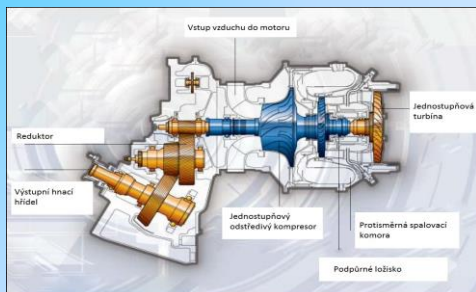
- 2 moduly
 - modul 1 = redukcí převodovka nakloněná o 28 stupňů s hřídelem
 - modul 2 = plynový generátor opatřen turbinou s monokrystalickými lopatkami
- snadná údržba
- interval mezi generálními opravami TBO = 4000 letových hodin



DSA a.s.



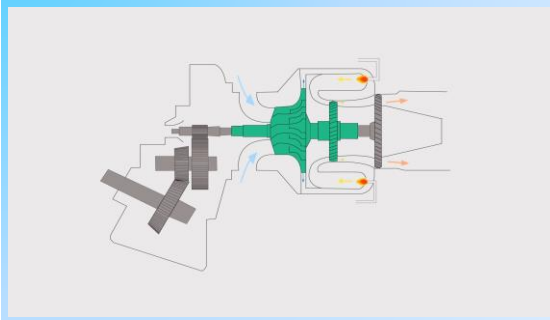
ARRIUS 2B2 – základní informace



DSA a.s.



ARRIUS 2B2



DSA a.s.



ARRIUS 2B2 - EECU

- pohotovostní režim OEI (One Engine Inoperative)- provoz s jedním nepracujícím motorem
- elektronická jednotka řízení motoru EECU
 - automatický start motoru
 - ochrana proti přehřátí motoru
 - ochrana proti přetížení motoru
 - ochrana proti pumpáži motoru
 - řídí životnost motoru
 - nízké emise



ARRIUS 2B2 - EECU

- elektronická jednotka řízení motoru EECU
 - snižuje zatížení pilota
 - zvyšuje celkovou bezpečnost
 - indikuje provozní parametry
 - řídí životnost motoru do TBO
 - signalizuje akce údržby na motorové display



ARRIUS 2B2 – technické parametry	Arrius 2B2
OEI 30 sec výkon	610 kW / 818 shp
OEI 2 min výkon	590 kW / 791 shp
OEI nepřetržitý výkon	540 kW / 724 shp
Vzletový výkon	472 kW / 633 shp
Výkon nepřetržitý	439 kW / 589 shp
Délka	1158 mm
Šířka	518 mm
Výška	690 mm
Váha	114,3 kg
Maximální rychlost *	278 km/h, 150 kts
Maximální cestovní rychlost *	257 km/h, 139 kts
Spotřeba paliva při maximální cestovní rychlosti *	234,5 kg/h
Ekonomická cestovní rychlost (ECS) *	237 km/h, 128 kts
Spotřeba paliva při ekonomické cestovní rychlosti *	215 kg/h
Rychlost stoupání *	8,9 m/s, 1750 ft/min
Maximální dostupnost *	5155 m / 16900 ft
Maximální dolet (ECS, 560 kg nádrž paliva) *	630 km / 340 nm
Maximální dolet (ECS, 730 kg nádrž paliva) *	825 km / 446 nm

* při použití motorů na vrtulníku Eurocopter EC 135 s hmotností 2720 kg



ARRIUS 2B2 – technické parametry

Maximální teploty plynů na turbíně [°C]	
OEI 30 sec	1024
OEI 2 min	994
OEI 2,5 min	N/A
OEI nepřetržitý	942
Vzletový režim	897
Maximální nepřetržitý	879
Startovací režim (neomezený)	819
Startovací režim (max. 5 sec)	910



ARRIUS 2B2 – technické parametry

Maximální otáčky plynového generátoru (N1)		
OEI 30 sec	57081 rpm	105,5%
OEI 2 min	56413 rpm	104,2%
OEI 2,5 min	N/A	N/A
OEI nepřetržitý	55187 rpm	102,0%
Vzletový režim	54105 rpm	99,9%
Maximální nepřetržitý	53564 rpm	98,9%
Přechodové přetížení (max. 5 sec)	55187 rpm	102,0%



ARRIUS 2B2 – technické parametry

Otáčky volné turbíny (N2)		
Maximální po neomezenou dobu	46680 rpm	106%
Maximální přechodové (max. 20 sec)	47560 rpm	108%
Minimální po neomezenou dobu	41396 rpm	94%
Minimální přechodové (max. 20 sec)	37430 rpm	85%

Otáčky	
Otáčky výstupní hřídele	6252 rpm (106%)
Otáčky startér generátoru	12334 rpm



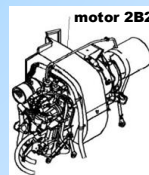
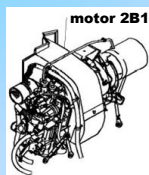
ARRIUS 2B2 – technické parametry

Maximální točivý moment [N.m]	
OEI 30 sec	905
OEI 2 min	905
OEI 2,5 min	N/A
OEI nepřetržitý	740
Vzletový režim	740
Maximální nepřetržitý	660
Přechodové přetížení (max. 20 sec)	N/A



ARRIUS 2B2 – konfigurace motoru

- vrtulník vybaven dvěma turbohřídelovými motory
ARRIUS 2B1/2B2
- dodávají pohonnou sílu



ARRIUS 2B2 – konfigurace motoru



ARRIUS 2B2 – konfigurace motoru

- kapotáž motoru
 - chrání motor před poškozením
 - chrání motor před kontaminací nečistotami
 - zajišťuje aerodynamický tvar trupu

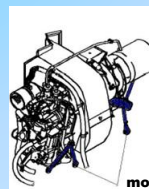


ARRIUS 2B2 – konfigurace motoru



ARRIUS 2B2 – konfigurace motoru

- motorový rám
 - udržuje oba motory bezpečně v motorovém prostoru
 - navržen tak, aby udržel motor při přetížení 20 G směrem dolů a 16 G směrem dopředu



ARRIUS 2B2 – konfigurace motoru



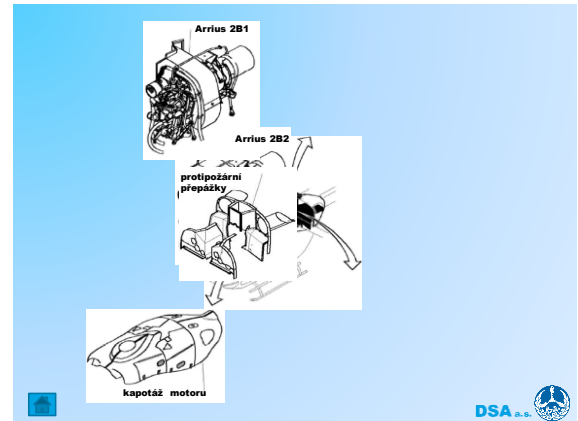
ARRIUS 2B2 – konfigurace motoru

→ protipožární přepážky

- izolují teplo vyzařované motorem
- v případě požáru zabráňují šíření ohně do dalších systémů a prostoru trupu



ARRIUS 2B2 – konfigurace motoru



ARRIUS 2B2 – konfigurace motoru

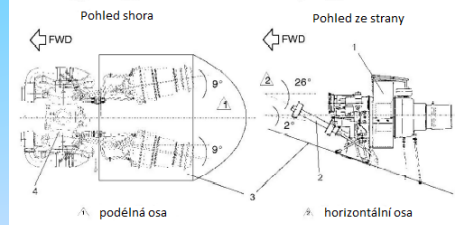
Uložení motoru

- v motorovém prostoru za hlavním reduktorem
- motory uspořádány do tvaru V
 - náklon 9 stupňů vůči podélné ose vrtulníku
 - náklon 2 stupně vůči podélné ose vrtulníku
- hřídel poháněná motorem je vykloněná o 26 stupňů směrem nahoru - připojena na volné kolo hlavního reduktoru (rozhraní mezi rotorem a reduktorem)



ARRIUS 2B2 – konfigurace motoru

- 1 Motor
- 2 Poháněná hřídel
- 3 Motorová přepážka
- 4 Hlavní reduktor



ARRIUS 2B2 – filtry vstupu vzduchu do motoru

→ pískový filtr IBF

- volitelné příslušenství filtruje vzduch na vstupu do kompresoru (lety v nízkých výškách nad povrchem)



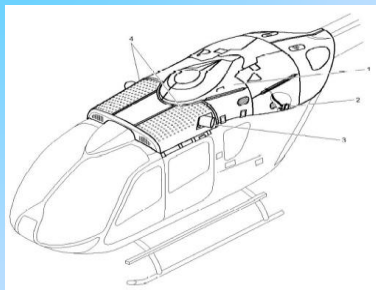
ARRIUS 2B2 – filtry vstupu vzduchu do motoru

→ pískový filtr IBF

- rozdvojená sestava rozdvojených pískových filtrů s odstředivým potrubím s dvěma vývody
- modifikovaná kapotáž, přídavné chlazení a těsnění hřídele rotoru
- zařízení pro průplach kompresoru – prevence proti korozi na odstranění nečistot z kompresoru



ARRIUS 2B2 – filtry vstupu vzduchu do motoru



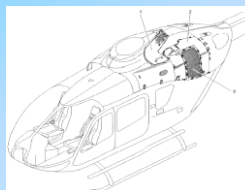
- 1- modifikovaná kapotáž, přídavné chlazení a těsnění hřídele motoru
- 2- zařízení pro průplach kompresoru
- 3- odstředivé potrubí se dvěma vývody
- 4- sestava odstředivých pískových filtrů



ARRIUS 2B2 – filtry vstupu vzduchu do motoru

→ filtry na vstupu vzduchu motoru patří k volitelnému příslušenství

→ při letech v prašném, písečném nebo znečištěném prostředí



- 1- modifikovaný kryt reduktoru
- 2- modifikovaná kapotáž motoru
- 3- filtr IBF



Dotazy ?



Testové otázky

1. Motory Arrius pohání:

- a) lehké jednomotorové a dvoumotorové vrtulníky
- b) dvouprúdové dopravní letadla
- c) těžké čtyřmotorové vrtulníky

2. Motor Arrius 2B2 získal certifikaci v roce:

- a) 2004
- b) 2008
- c) 2002

3. Motor Arrius 2B2 se skládá ze:

- a) 4 modulů
- b) 2 modulů
- c) 3 modulů



Testové otázky

4. Modul 2 motoru Arrius 2B2 je:

- a) plynový generátor
- b) redukční převodovka
- c) vstupní ústrojí radiálního kompresoru

5. Modul 1 motoru Arrius 2B2 je:

- a) plynový generátor
- b) redukční převodovka
- c) vstupní ústrojí radiálního kompresoru

6. Interval mezi generálními opravami motoru Arrius 2B2 je:

- a) 6000 letových hodin
- b) 3000 letových hodin
- c) 4000 letových hodin



Testové otázky

7. Kompresor motoru Arrius 2B2 se skládá z:

- a) 1 axiálního a 1 radiálního stupně
- b) 2 axiálních a 1 radiálního stupně
- c) pouze radiálního stupně

8. Volná turbína motoru Arrius 2B2 se skládá z:

- a) 1 stupně
- b) 2 stupňů
- c) 3 stupňů

9. Zkratka OEI znamená:

- a) kód pro nízký tlak paliva
- b) požár obou motorů
- c) provoz s jedním nefunkčním motorem



Testové otázky

10. Elektronická jednotka řízení motoru EECU zajišťuje:

- a) řazení převodového stupně v reduktoru
- b) ochranu proti pumpáži motoru
- c) zabrzdění rotorů po vypnutí motoru

11. Elektronická jednotka řízení motoru EECU:

- a) indikuje provozní parametry
- b) hledá vhodné místo k nouzovému přistání
- c) volí množství čerpaného paliva

12. Motor Arrius 2B2 disponuje v režimu OEI 30 sec výkonem:

- a) 1450 kW
- b) 610 kW
- c) 400 kW



Testové otázky

13. Maximální teplota plynů na turbíně plynového generátoru motoru Arrius 2B2 při vzletovém režimu je:

- a) 897 °C
- b) 3467 °C
- c) 134 °C

14. 100% otáčky plynového generátoru motoru Arrius 2B2 odpovídají přibližně hodnotě:

- a) 13 000-14 000 ot./min.
- b) 135 000-136 000 ot./min.
- c) 54 000-55 000 ot./min

15. Výstupní hřídel motoru Arrius 2B2 se otáčí rychlostí přibližně:

- a) 6000 ot./min.
- b) 12 000 ot./min.
- c) 24 000 ot./min.



Testové otázky

16. Točivý moment motoru Arrius 2B2 při vzletovém režimu dosahuje hodnoty kolem:

- a) 1800 N.m
- b) 3600 N.m
- c) 740 N.m

17. Kapotáž motoru Arrius 2B2:

- a) chrání motor pře poškozením, určuje aerodynamický tvar trupu
- b) chrání motor před poškozením, slouží jako ochrana proti pumpáži motoru
- c) chrání motor před poškozením, funguje jako hasicí systém v případě požáru motoru

18. Motorový rám motoru Arrius 2B2 je navržen tak, aby udržel motor při přetížení:

- a) 1G směrem dolů a 16G směrem dopředu
- b) 20G směrem dolů a 16G směrem dopředu
- c) 1G směrem dolů a 5G směrem dopředu



Testové otázky

19. Protipožární přepážka:

- a) hasí oheň v případě požáru motoru
- b) izoluje teplo vyzařované motorem
- c) slouží k lepšímu přístupu při údržbě motoru

20. Motor Arrius 2B2 je ve vrtulníku Eurocopter EC135 uložen:

- a) v motorovém prostoru před hlavním reduktorem
- b) v motorovém prostoru na úrovni hlavního reduktoru
- c) v motorovém prostoru za hlavním reduktorem

21. Hřídel poháněná motorem Arrius 2B2 je vykloněná:

- a) o 26° směrem nahoru
- b) o 26° směrem dolů
- c) není vykloněná



Testové otázky

22. Zkratka IBF značí:

- a) navýšení výkonu motoru prostřednictvím řídicí jednotky EECU
- b) filtr vzduchu na vstupu do motoru
- c) zařízení pro průplach kompresoru motoru

23. Zařízení pro průplach kompresoru slouží k:

- a) odstranění nečistot a prevenci proti korozi
- b) odstranění nečistot, způsobuje však korozi
- c) zvýšení výkonu motoru při vysokých teplotách



Testové otázky – správné odpovědi

- | | |
|--------|--------|
| 1. a) | 13. a) |
| 2. c) | 14. c) |
| 3. b) | 15. a) |
| 4. a) | 16. c) |
| 5. b) | 17. a) |
| 6. c) | 18. b) |
| 7. c) | 19. b) |
| 8. a) | 20. c) |
| 9. c) | 21. a) |
| 10. b) | 22. b) |
| 11. a) | 23. a) |
| 12. b) | |

Minimální počet správných odpovědí: 18



ARRIUS 2B2 – modulární konstrukce



Verze: 1.0
Aktualizováno: 11.5.2016

© použití pouze se svolením autora



Reduktor - úvod
Reduktor - přední kryt
Reduktor - ústrojí hnacího hřídele
Reduktor - skříň přidavných náhonů
Reduktor - zadní kryt
Generátor plynů - úvod
Generátor plynů - vstupní ústrojí
Generátor plynů - radiální kompresor
Generátor plynů - spalovací komora
Generátor plynů - vysokotlaká turbína
Generátor plynů - volná turbína
Zapalovací systém motoru
Testové otázky

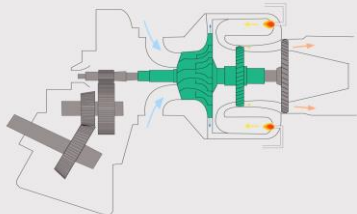
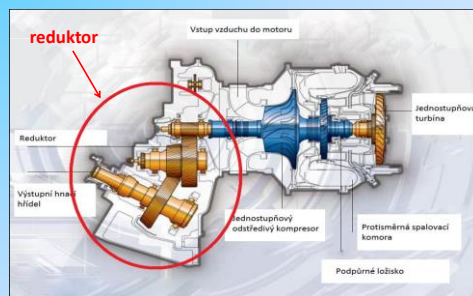


Reduktor (modul 1)

- reduktor se nachází na přední straně motoru
- funkce:
 - pohání výstupní hřídel motoru
 - pohání příslušenství motoru (skříň přidavných náhonů)
- části:
 - přední kryt
 - hnací (výstupní) hřídel s redukčními koly (převody) s šikmým ozubením
 - pohon příslušenství s ozubenými převody
 - zadní kryt



Reduktor (modul 1)



Reduktor (modul 1) – přední kryt

- nese různá příslušenství, které jsou poháněna motorem
- slouží jako opora pro ložiska různých převodů
- spodní část tvoří olejovou nádrž

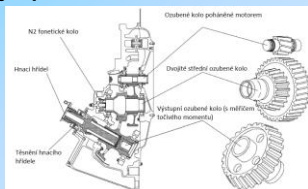


Reduktor (modul 1) – ústrojí hnacího hřídele

→ umístěn na spodní části reduktoru

→ tvořen třemi ozubenými koly:

- ozubené kolo hnané od motoru
- střední dvojité ozubené kolo
- výstupní ozubené kolo

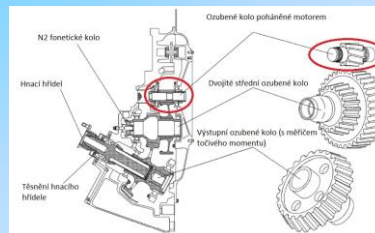


DSA a.s.

Reduktor (modul 1) – ústrojí hnacího hřídele

→ ozubené kolo poháněné od motoru = samostatný převod

- instalováno na hřídeli volné turbíny
- uchyceno pomocí dvojice ložisek

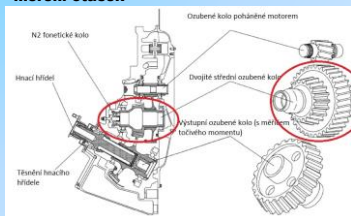


DSA a.s.

Reduktor (modul 1) – ústrojí hnacího hřídele

→ střední dvojité ozubené kolo

- upevněno pomocí dvojice válečkových ložisek
- přední část tvořena fonetickým kolem N2 systému pro měření otáček

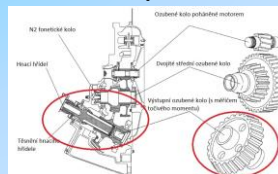


DSA a.s.

Reduktor (modul 1) – ústrojí hnacího hřídele

→ výstupní ozubení kolo

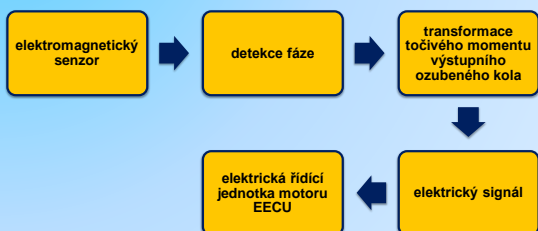
- kuželový tvar
- uchyceno pomocí kuličkového a válečkového ložiska
- obsahuje měřič kroutivého momentu (funkce na základě fázového posunu)
- hnací hřídel utěsněn pomocí těsnění z drenážními otvory



DSA a.s.

Reduktor (modul 1) – ústrojí hnacího hřídele

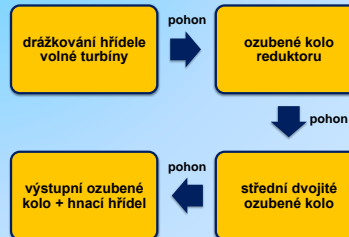
→ systém pro měření točivého momentu



DSA a.s.

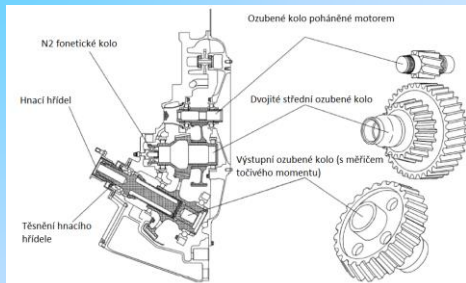
Reduktor (modul 1) – ústrojí hnacího hřídele

→ slouží k snižování otáček volné turbíny v poměru 7:5 →
zajišťuje pohon hlavního rotoru vrtníku



DSA a.s.

Reduktor (modul 1) – ústroj hnacího hřídele



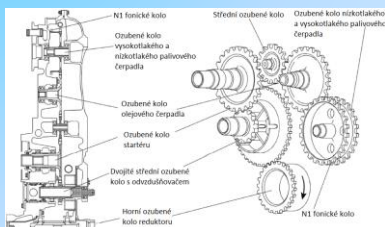
Reduktor (modul 1) – skříň přídatných náhonů

- v horní části
- obsahuje ozubená kola → poháněna od ozubeného kola hnaného od motoru → instalována na přední části hřídele radiálního kompresu
- ozubená kola:
 - dvojitě ozubené kolo
 - ozubené kolo startéru
 - střední ozubené kolo (mezi ozubeným kolem startéru a olejového čerpadla)
 - ozubené kolo olejového čerpadla
 - ozubené kolo nízkotlakého a vysokotlakého palivového čerpadla



Reduktor (modul 1) – skříň přídatných náhonů

- poháněna mechanickou energií hřídele generátoru plynů → pohon příslušenství na přední straně reduktoru

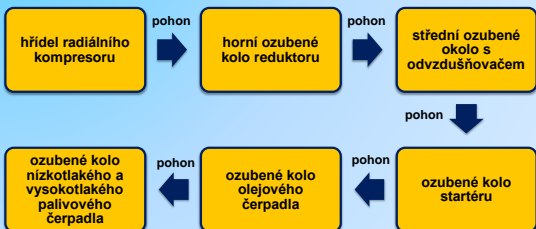


Reduktor (modul 1) – skříň přídatných náhonů

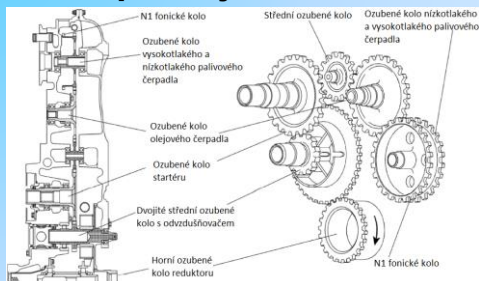
- odstředivý odvětvovač = odděluje výpary z mazacího oleje a vzduch v systému
- ozubené kolo startéru = během startu motoru poháněno startérem → roztáčí ozubené kolo radiálního kompresoru a další ozubená kola skříně přídatných náhonů
- ozubené kolo olejového čerpadla = pohání hřídel olejového čerpadla



Reduktor (modul 1) – skříň přídatných náhonů



Reduktor (modul 1) – skříň přídatných náhonů



Reduktor (modul 1) – zadní kryt

- zakončuje modul reduktoru
- tvoří rozhraní s modulem plynového generátoru



Generátor plynů (modul 2)

- funkce:
 - poskytuje kinetickou energii pro pohon volné turbíny
 - poskytuje nezbytnou mechanickou energii pro pohon odstředivého kompresoru a vysokotlaké turbíny
 - volná turbína pohání hnací hřídel rotoru
 - odstředivý kompresor a vysokotlaká turbína pohání příslušenství motoru (skříň přidavných náhonů)

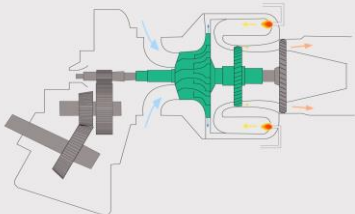
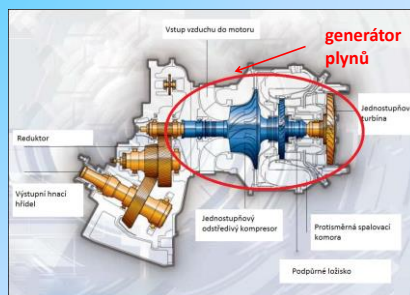


Generátor plynů (modul 2)

- složení:
 - prstencový vstup vzduchu do motoru
 - jednostupňový radiální kompresor
 - protiproudá prstencová spalovací komora
 - jednostupňová vysokotlaká turbína
 - volná turbína



Generátor plynů (modul 2)

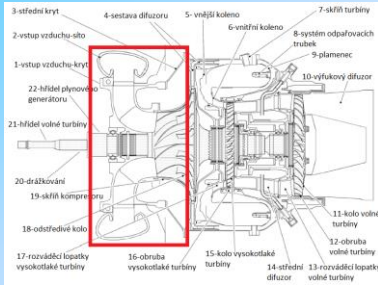


Generátor plynů (modul 2) – prstencový vstup

- přivádí vzduch pomocí potrubí k radiálnímu kompresoru
- vstupní síto (2) složeno ze dvou částí
 - jedna část obsahuje průchod pro boroskopické kontroly
- kryt vstupní části prstencového tvaru (1)
 - zajišťuje konstantní průtok vzduchu
 - instalován na zadní a střední části krytu reduktoru (3) a krytu radiálního kompresoru (19)



Generátor plynů (modul 2) – prstencový vstup



DSA a.s.

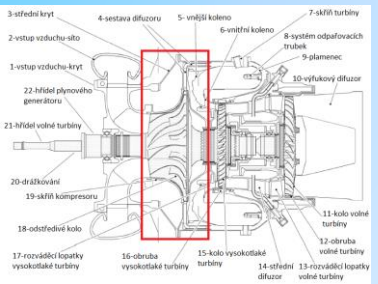
Generátor plynů (modul 2) – radiální kompresor

→ za vstupním ústrojím vzduchu do motoru (tvorí stupeň komprese)



DSA a.s.

Generátor plynů (modul 2) – radiální kompresor



DSA a.s.

Generátor plynů (modul 2) – spalovací komora

→ dochází zde ke kontinuálnímu hoření směsi paliva a vzduchu

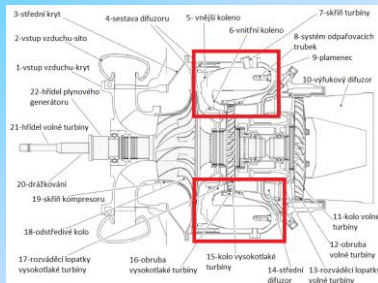
→ složení:

- skříň turbíny (7)
- plameneč (9)
- vnější koleno (5)
- vnitřní koleno (6)
- systém odpařovacích trubek (8)



DSA a.s.

Generátor plynů (modul 2) – spalovací komora



DSA a.s.

Generátor plynů (modul 2) – spalovací komora

→ skříň turbíny (7)

- umístěna mezi soustavou difuzorů (4) a středovým krytem (3)
- obsahuje trysky pro vstřikování směsi paliva a vzduchu

→ plameneč (9)

- sahá do vnitřních a vnějších kolen (5, 6)
- vytváří směs paliva a vzduchu

→ vnější koleno (5)

- umístěno mezi soustavou difuzorů (4) a rozváděcími lopatkami vysokotlaké turbíny (17)

→ vnitřní koleno (6)

- těsně před rozváděcími lopatkami vysokotlaké turbíny (17)

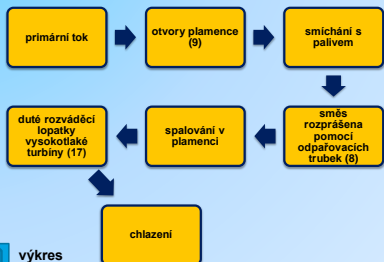


výkres

DSA a.s.

Generátor plynů (modul 2) – spalovací komora

→ vzduch
 primární tok (vzduch se míchá s palivem)
 sekundární tok (vzduch chladí spaliny)

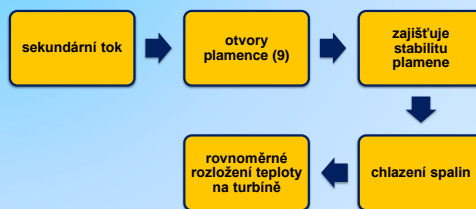


výkres



Generátor plynů (modul 2) – spalovací komora

→ vzduch
 primární tok (vzduch se míchá s palivem)
 sekundární tok (vzduch chladí spaliny)



výkres



Generátor plynů (modul 2) – vysokotlaká turbína (GT)

→ umístěna pod spalovací komorou

→ části
 rotační
 statické

→ slouží k přeměně kinetické energie spalin na mechanickou energii → pohon radiálního kompresoru a skříně přídavných náhonů

→ plyny pokračují přes střední difuzor (14) a rozváděcí lopatky volné turbíny (13) → volné turbíny

výkres



Generátor plynů (modul 2) – vysokotlaká turbína (GT)

Rotační části

→ rotační kolo GT (15)

- spojeno zubovým spojením s radiálním kompresorem (18)
- v zadní části válečková ložiska (labyrintové těsnění)
- upevněno k hřídeli generátoru plynů (22) pomocí zadní matice

výkres



Generátor plynů (modul 2) – vysokotlaká turbína (GT)

Statické části

→ rozváděcí lopatky GT (17)

- řada dutých lopatek (proud chladicího vzduchu)
- instalovány na vnitřní části spalovací komory a obrubě GT

→ obruba GT (16)

- kolem celého obvodu kola GT
- funkce ochrany částí motoru před poškozením

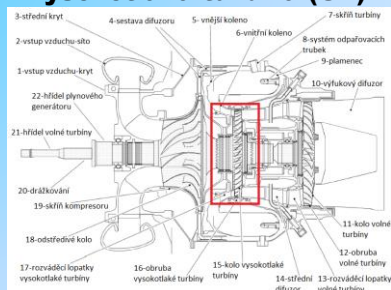
→ středový difuzor (14)

- opora zadního ložiska

výkres



Generátor plynů (modul 2) – vysokotlaká turbína (GT)



výkres



Generátor plynů (modul 2) – volná turbína (VT)

- umístěna v zadní části motoru
- části
 - rotační
 - statické
- slouží k přeměně kinetické energie plynů z vysokotlaké turbíny na mechanickou energii → pohon reduktoru
- plyny z motoru odváděny výfukovým difuzorem (10)

výkres



Generátor plynů (modul 2) – volná turbína (VT)

Rotační části

- rotační kolo VT (11)
 - přípevněno k hřídeli VT (21) → prochází uvnitř hřídele generátoru plynů (22)
 - hřídel VT má v přední části drážkování (20) → pohon reduktoru
 - v zadní části hřídele VT je kuličkové ložisko (labyrintové těsnění)

výkres



Generátor plynů (modul 2) – volná turbína (VT)

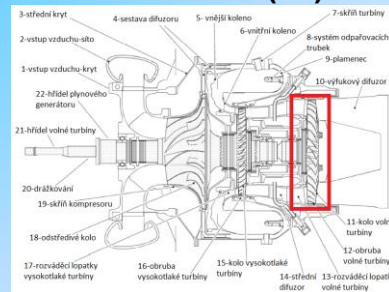
Statické části

- rozváděcí lopatky VT (13)
 - řada lopatek s konvergentním průchodem
- obruba VT (12)
 - kolem celého obvodu kola VT
 - funkce ochrany částí motoru před poškozením
- skříň turbíny (7)

výkres



Generátor plynů (modul 2) – volná turbína (VT)



výkres



Zapalovací systém motoru

- poskytuje po určitou dobu dostatek energie ke vzniku elektrických jisker (zapálení směsi paliva a vzduchu) → start motoru
- každý motor má jeden nezávislý zapalovací systém → zásobován elektrickým napětím prostřednictvím příslušné přípojnice systému 1 a 2

výkres



Zapalovací systém motoru – funkce

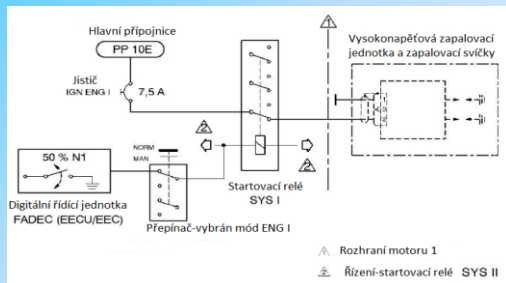
- elektronická řídicí jednotka motoru aktivuje prostřednictvím startovacího systému motoru zapalovací systém motoru
- start motoru 1 a 2 je identický



výkres



Zapalovací systém motoru – funkce



Zapalovací systém motoru – části

- jedna vysokonapětová zapalovací jednotka (zapalovací box) → generace energie pro zážeh směsi ve spalovací komoře
- dvě zapalovací svíčky
- dva zapalovací kabely (koaxiální) → přenos energie
- jistič ING EGN 1 (100 JA)
- jistič ING EGN 2 (200 JA)



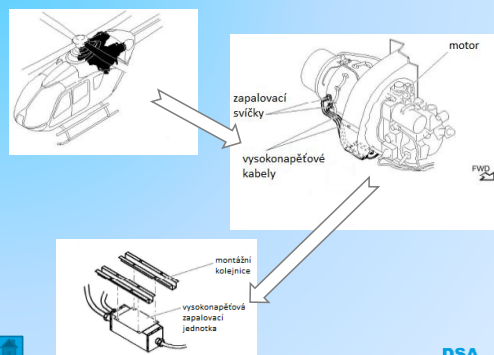
Zapalovací systém motoru – části

Pravý motor

- zapalovací systém motoru = ucelený díl instalovaný na motoru
- vysokonapětová zapalovací jednotka připojena dvěma montážními kolejnicemi na spodní stranu motoru
- dvojice zapalovacích svíček instalována v pozicích 3:30 a 4:30 na zadní část pláště spalovací komory
- každá svíčka připojená k vysokonapětové zapalovací jednotce pomocí vysokonapětového kabelu



Pravý motor



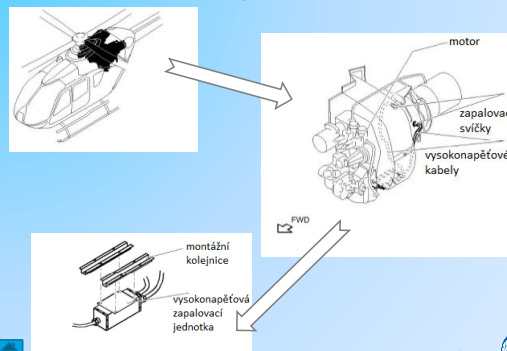
Zapalovací systém motoru – části

Levý motor

- zapalovací systém motoru = ucelený díl instalovaný na motoru
- vysokonapětová zapalovací jednotka připojena dvěma montážními kolejnicemi na spodní stranu motoru
- dvojice zapalovacích svíček instalována v pozicích 9:00 a 1:00 na zadní část pláště spalovací komory
- každá svíčka připojená k vysokonapětové zapalovací jednotce pomocí vysokonapětového kabelu

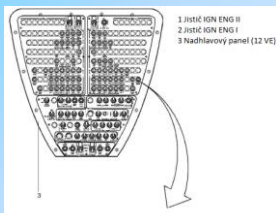


Levý motor



Zapalovací systém motoru – části

→ jističe jsou umístěny v kokpitu vrtulníku v nadhlavovém panelu 12VE



Zapalovací systém motoru – technické údaje

Vysokonapěťová zapalovací jednotka

Napájecí napětí	18-32 V DC
Vstupní napětí	28 V DC
Výstupní napětí	3 kV
Počáteční zažehnutí	5-8 % pozemního volnoběhu

Zapalovací svíčka

Počet zážehů	přibližně 240 za minutu
Generovaná energie	0,5 J na zážeh (jiskru)



Dotazy ?



Testové otázky

1. Reduktor motoru Arrius 2B2 je:

- modul 1
- modul 2
- modul 3

2. Reduktor motoru Arrius 2B2 plní funkci:

- pohonu radiálního kompresoru a skříně přídavných náhonů
- pohonu výstupního hřídele motoru a skříně přídavných náhonů
- pohonu axiálního kompresoru a skříně přídavných náhonů

3. Přední kryt reduktoru motoru Arrius 2B2:

- slouží jako opora pro ložiska různých převodů
- je umístěn na horní části generátoru plynů
- plní funkci hmotového vyvážení motoru



Testové otázky

4. Ústrojí hnacího hřídele reduktoru motoru Arrius 2B2 je tvořeno:

- ozubeným kolem hnáným od motoru, středním dvojitým ozubeným kolem a výstupním ozubeným kolem
- ozubeným kolem hnáným od motoru a fonetickým kolem snímání otáček motoru N1
- ozubeným kolem hnáným od motoru, středním dvojitým ozubeným kolem a fonetickým kolem snímání otáček motoru N2

5. Ozubené kolo ústrojí hnacího hřídele reduktoru poháněné od motoru (Arrius 2B2) je instalováno na:

- hřídeli generátoru plynů
- společným hřídeli generátoru plynů a volné turbíny
- hřídeli volné turbíny

6. Přední část dvojitého ozubeného kola ústrojí hnacího hřídele reduktoru je tvořena (Arrius 2B2):

- fonetickým kolem N2 systému pro měření otáček
- svárem pro upevnění k hřídeli radiálního kompresoru
- kuličkovým ložiskem



Testové otázky

7. Výstupní ozubené kolo ústrojí hnacího hřídele reduktoru má tvar (Arrius 2B2):

- válcový
- obdélníkový
- kuželový

8. Měřič kroutícího momentu v ústrojí hnacího hřídele reduktoru pracuje na základě (Arrius 2B2):

- rozdílu tlaků
- fázového rozdílu
- obroušení zubů převodu

9. Ústrojí hnacího hřídele reduktoru snižuje otáčky volné turbíny v poměru (Arrius 2B2):

- 7:5
- 5:7
- 6:3



Testové otázky

10. Skříň přidavných náhonů reduktoru je poháněna ozubeným kolem instalovaným na (Arrius 2B2):

- a) hřídeli radiálního kompresoru
- b) hřídeli axiálního kompresoru
- c) hřídeli volné turbíny

11. Skříň přidavných náhonů reduktoru pohání (Arrius 2B2):

- a) příslušenství na přední straně reduktoru
- b) příslušenství na zadní straně reduktoru
- c) volnou turbínu motoru

12. Odstředivý odvzdušňovač (Arrius 2B2):

- a) odděluje výpary paliva a vzduch v systému
- b) odděluje chladicí vodu a vzduch v systému
- c) odděluje výpary z mazacího oleje a vzduch v systému



Testové otázky

13. Ozubené kolo olejového čerpadla je poháněno od (Arrius 2B2):

- a) horního ozubeného kola reduktoru
- b) hřídele radiálního kompresoru
- c) ozubeného kola startéru

14. Zadní kryt reduktoru motoru Arrius 2B2 tvoří:

- a) rozhraní s modulem plynového generátoru
- b) rozhraní s modulem volné turbíny
- c) palivovou nádrž motoru Arrius 2B2

15. Generátor plynů motoru Arrius 2B2 je označován jako:

- a) modul 1
- b) modul 2
- c) modul 3



Testové otázky

16. Odstředivý kompresor a vysokotlaká turbína pohání (Arrius 2B2):

- a) spalovací komoru
- b) skříň přidavných náhonů
- c) ústrojí hnacího hřídele motoru

17. Spalovací komora motoru Arrius 2B2 je:

- a) protiproudá prstencová
- b) trubková protiproudá
- c) smíšená

18. Prstencový vstup vzduchu motoru Arrius 2B2 přivádí vzduch:

- a) k volné turbíně
- b) k dvojicí radiálních kompresorů
- c) k radiálnímu kompresoru



Testové otázky

19. Vstupní sito prstencového vstupu vzduchu motoru Arrius 2B2:

- a) obsahuje průchod pro doplnění oleje
- b) obsahuje průchod pro boroskopické kontroly
- c) neobsahuje žádný průchod

20. Při průchodu vzduchu radiálním kompresorem dochází k:

- a) nárůstu tlaku a rychlosti
- b) nárůstu tlaku a poklesu rychlosti
- c) nárůstu rychlosti a poklesu tlaku

21. Složení spalovací komory motoru Arrius 2B2 je:

- a) skříň turbíny, plamenec, odpařovací trubky
- b) skříň turbíny, palivové trysky
- c) skříň turbíny, plamenec, vnitřní a vnější koleno, systém odpařovacích trubek



Testové otázky

22. Vnější koleno spalovací komory je umístěno (Arrius 2B2):

- a) mezi soustavou difuzorů a rozváděcími lopatkami vysokotlaké turbíny
- b) mezi soustavou difuzorů a rozváděcími lopatkami volné turbíny
- c) před spalovací komorou

23. Vzduch ve spalovací komoře se dělí na (Arrius 2B2):

- a) primární, sekundární a terciální
- b) primární a sekundární
- c) nedělí se

24. Směs paliva se vzduchem je rozprášena ve spalovací komoře pomocí (Arrius 2B2):

- a) odpařovacích trubek
- b) vnitřního kolene
- c) skříň turbíny



Testové otázky

25. Sekundární tok vzduchu slouží k (Arrius 2B2):

- a) míchání s palivem a vytvoření hořlavé směsi
- b) pohonu radiálního kompresoru
- c) chlazení spalín a rovnoměrnému rozložení teploty na turbíně

26. Vysokotlaká turbína slouží k pohonu (Arrius 2B2):

- a) volné turbíny
- b) jen radiálního kompresoru
- c) radiálního kompresoru a skříň přidavných náhonů

27. Rotační kolo vysokotlaké turbíny je spojeno s radiálním kompresorem (Arrius 2B2):

- a) zubovým spojením
- b) tlakovým spojením
- c) nýtovaným spojením



Testové otázky

28. Obruba vysokotlaké turbíny se nachází (Arrius 2B2):

- a) za vysokotlakou turbínou
- b) kolem celého obvodu kola vysokotlaké turbíny
- c) před vysokotlakou turbínou

29. Volná turbína slouží k (Arrius 2B2):

- a) přeměně kinetické energie plynů proudících z vysokotlaké turbíny na energii mechanickou
- b) pohonu radiálního kompresoru
- c) pohonu skříně přídavných náhonů

30. V zadní části hřídele volné turbíny se nachází (Arrius 2B2):

- a) válečkové ložisko
- b) klínový spoj
- c) kuličkové ložisko



Testové otázky

31. Obruba volné turbíny slouží jako (Arrius 2B2):

- a) tepelná izolace motoru
- b) ochrana ostatních částí motoru před poškozením
- c) hmotové vyvážení motoru

32. Zdrojem vysokého napětí zapalovacího systému je (Arrius 2B2):

- a) zapalovací jednotka
- b) zapalovací svíčka
- c) vysokonapěťový koaxiální kabel

33. Motory mají (Arrius 2B2):

- a) každý svůj jeden nezávislý systém zapalování
- b) jeden společný systém zapalování
- c) každý dva nezávislé systémy zapalování pro případ poruchy jednoho z nich



Testové otázky

34. Každý motor je vybaven (Arrius 2B2):

- a) dvěma zapalovacími svíčkami
- b) jednou zapalovací svíčkou
- c) čtyřmi zapalovacími svíčkami

35. Zapalovací svíčky pravého motoru jsou umístěny na zadní části pláště spalovací komory v pozicích (Arrius 2B2):

- a) 9:00 a 1:00
- b) 3:30 a 4:30
- c) 11:00 a 9:00

36. Zapalovací svíčky levého motoru jsou umístěny na zadní části pláště spalovací komory v pozicích (Arrius 2B2):

- a) 9:00 a 1:00
- b) 3:30 a 4:30
- c) 11:00 a 9:00



Testové otázky

37. Jističe zapalovacího systému motoru jsou umístěny (Arrius 2B2):

- a) v motorovém prostoru vrtulníku Eurocopter EC135
- b) v kokpitu v nadhlavovém panelu vrtulníku Eurocopter EC135
- c) v zavazadlovém prostoru vrtulníku Eurocopter EC135

38. Počáteční zažehnutí vysokonapěťová zapalovací jednotka provádí v (Arrius 2B2):

- a) 50 - 80% otáček pozemního volnoběhu motoru
- b) 20 - 40% otáček pozemního volnoběhu motoru
- c) 5 - 8% otáček pozemního volnoběhu motoru



Testové otázky – správné odpovědi

- | | | |
|--------|--------|--------|
| 1. a) | 14. a) | 27. a) |
| 2. b) | 15. b) | 28. b) |
| 3. a) | 16. b) | 29. a) |
| 4. a) | 17. a) | 30. c) |
| 5. c) | 18. c) | 31. b) |
| 6. a) | 19. b) | 32. a) |
| 7. c) | 20. a) | 33. a) |
| 8. b) | 21. c) | 34. a) |
| 9. a) | 22. a) | 35. b) |
| 10. a) | 23. b) | 36. a) |
| 11. a) | 24. a) | 37. b) |
| 12. c) | 25. c) | 38. c) |
| 13. c) | 26. c) | |

Minimální počet správných odpovědí: 29



Instalace motoru



Verze: 1.0
Aktualizováno: 11.5.2016

© použití pouze se svolením autora



Obsah

	Instalace motoru
	Instalace motoru- konečná fáze
	Výkres
	Demontáž startér-generátoru
	Testové otázky



Instalace motoru

- elektrický systém vrtulníku odpojíme od zdroje energie
- motor může být vybaven konzervačními prostředky – v případě vybavení těmito prostředky je nutné je odstranit (vybavenost tímto systémem závisí na době uskladnění motoru)
- pokud je nutné - instalujeme zvedák do bodu k tomu určenému (1)
 - zahákne k jeřábu a pomalu zdvíháme, dokud nejsou upínací lana napnutá



Instalace motoru

- povolíme a odstraníme přidavné šrouby na stojanu motoru
- ujistíme se, že motorový prostor je čistý a bez cizích objektů
- odstraníme ochranný kryt z kabelu pro FADEC (EECU) a převozní ochranný kryt z příruby na výstupu z motoru
- odstraníme dráty či kabely použité k ochraně příruby na výstupu a konci hřídele motoru



Instalace motoru

- přemontujeme konec hřídele a poznamenáme si instalační polohu pouzder (32, 33)
- pouzdro (32) vložíme do ložiskového bloku (36), aby otvor směřoval k hlavě šroubu a pouzdra (31)
- pouzdro (33) vložíme do konzolového držáku (35) a odstraníme ochranný drát na V-podpěře (19)
- pomalu zvedáme motor a opatrně jej přemístíme do místa instalace v motorovém prostoru.



Instalace motoru

- aplikujeme tenkou vrstvou maziva CM146 k namazání upevňovacích šroubů (9, 24, 34)
- pomalu spouštíme motor až k uchycovacímu kování (13) uchycenému k motorové přepážce
- vložíme šroub (34) do konzolového držáku (35) stejně jako pouzdra (31, 32) do ložiskového bloku (36) a volně utáhneme
- vložíme šrouby (24) s podložkami (18, 23) do otvorů upevňovacího kování (20) a V-podpěry (19).



Instalace motoru

- vložíme šroub (9) s podložkou (10) do otvoru upevňovacího kování (13) a Z-podpěry (5)
- šroub (34) utáhneme v ložiskovém bloku (36) - utahovací moment je 12-14 Nm
- šroub (34) zajistíme pojistkou CM776
- utáhneme šroub (24) ve V-podpěře (19) s podložkami (18, 23) a matkami (17) - utahovací moment je 6-8 Nm
- zajistíme matky (17) novými zajišťovacími kolíky (12)

  výkres



Instalace motoru

- utáhneme šroub (9) v Z-podpěře (5) s podložkou (10) a matkou (11) - utahovací moment je 8-10 Nm
- zajistíme matku (11) novým zajišťovacím kolíkem (12)
- pokud je to nezbytné - vyrovnáme motor s reduktorem
- odstraníme zvedací a upevňovací příslušenství (1) z motoru a krycí záslepky
- připojíme drenážní potrubí (3) - utahovací moment je 5-6 Nm

  výkres



Instalace motoru

- důkladně připevníme drenážní potrubí (5) k Z-podpěře (6) použitím stahovacích pásek a k motorové přepážce použitím šroubu (4) a svorky
- připevníme drenážní hadice k V-podpěře (19), použijeme stahovací pásek
- odstraníme ochranné záslepky a připevníme odvzdušňovací potrubí motoru (2)

  výkres



Instalace motoru

- připravíme příslušenství pro uzemnění
- připevníme uzemňovací pásek k motorové přepážce použitím šroubu (7) a podložky (8) - utahovací moment je 3-5 Nm
- upevníme připojovací desku (16) s kabelem pro FADEC (EECU) k motorové přepážce a připojíme zástrčku
- odstraníme ochranné záslepky
- připojíme palivové potrubí (26) do palivové přípojky (15) na motorové přepážce

  výkres



Instalace motoru

- připevníme palivové potrubí (26) k V-podpěře (19) za pomoci stahovacích pásek
- odstraníme ochranné záslepky a připojíme zpětné palivové potrubí (22) k přípojce na protipožární stěně
- zpětné palivové potrubí upevníme použitím svorek k palivovému potrubí (26) a V-podpěře (19)

  výkres



Instalace motoru

- připevníme kabelový svazek (30) startéru (generátoru) k protipožárním stěnám motoru použitím stahovacích pásek a dále:
- uchytneme kabelový svazek (30) použitím stahovacích pásek
- zasuneme jej do svorky v délce asi 70 mm ve směru k startéru (generátoru)
- kabelový svazek zafixujeme utažením matky na vrchní straně svorky
- zbývající délku kabelového svazku upevníme co nejvíce k motorové přepážce použitím svorek

  výkres



Instalace motoru

- připojíme kabelový svazek (30) ke startéru (generátoru)
- připevníme poháněnou hřídel a zajistíme vazbu nouzového ovládání motoru (21) k páce na vstupu motoru
- zkontrolujeme funkčnost nouzového ovládání motoru
- odstraníme ochranné záslepky a připojíme olejové potrubí (37) k motoru
- použitím svorky (29) připevníme část (28) ke startéru (generátoru)



výkres



Instalace motoru

- instalujeme kapotáž hnacího hřídele a instalujeme zadní i přední protipožární stěnu
- ujistíme se, že je dostatek volného prostoru mezi kabelovým svazkem (30) a protipožárními stěnami
- zkontrolujeme hladinu oleje prostřednictvím skleněného průhledu (případně olej dolijeme)
- odstraníme ochranné záslepky a připojíme potrubí statického tlaku IBF (41), (obr. 28) k přípojce na motorové přepážce



výkres



Instalace motoru

- připevníme uzemňovací kabel (39) k protipožární přepážce (42) použitím šroubu (43), podložky (44) a matky (45)
- upevníme zástrčku do pohonného členu (40) IBF systému (38)
- instalujeme IBF filtr box
- ujistíme se, že motorová přepážka (podlaha) a přepážka (podlaha) hlavního reduktoru je čistá a bez cizích předmětů



výkres



Instalace motoru

- zapojíme elektrický systém vrtulníku
- provedeme funkční test IBF systému
- před prvním startem motoru propláchneme a odvzdušníme palivový systém motoru
- instalujeme překryt zadní části kabiny i překryt přední části kabiny, kapotáž nákladového prostoru
- instalujeme levou a pravou část kapotáže reduktoru, levý a pravý kryt zadní části motoru a kryt střední části motoru



výkres

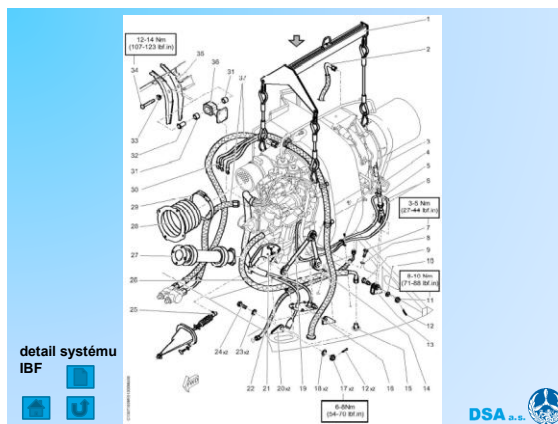


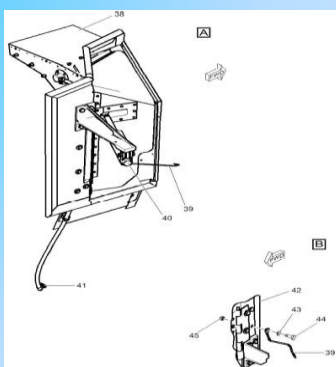
Instalace motoru – konečná fáze

- spustíme motor na pozemní volnoběh přibližně po dobu 10-ti minut
- kontrolujeme funkčnost a možné úniky provozních tekutin
- po volnoběhu zkontrolujeme palivové a olejové potrubí (kvůli možnosti úniku kapalin)
- zkontrolujeme hladinu oleje (doplníme)
- instalujeme levý a pravý motorový kryt
- provedeme funkční test motoru (pozemní test volnoběhu plus funkční kontrolní let)
- instalujeme volitelné příslušenství

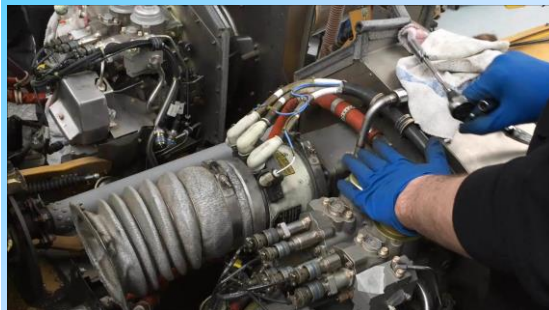


výkres





Demontáž startér-generátoru



Dotazy ?



Testové otázky

- 1. Při instalaci motoru Arrius 2B2 je prvním úkonem:**
 - a) odpojení elektrického systému vrtulníku od zdroje energie
 - b) zkušební start motoru pro zjištění jeho funkce
 - c) vypuštění veškerých provozních kapalin z motoru
- 2. Jeli motor Arrius 2B2 vybaven konzervačními prostředky:**
 - a) je nutné je ponechat na svém místě až do dokončení instalace
 - b) je nutné je odstranit
 - c) jejich odstranění závisí na volbě mechanika
- 3. Kabel pro FADEC (EECU) je chráněn (Arrius 2B2):**
 - a) ochranným krytem
 - b) není chráněn
 - c) izolační páskou



Testové otázky

- 4. Při montáži konce hnacího hřídele motoru Arrius 2B2 je třeba:**
 - a) namazat konec vazelínou
 - b) odmastit konec technickým benzinem
 - c) poznamenat si instalační polohu pouzder
- 5. CM146 je označení pro (Arrius 2B2):**
 - a) mazivo
 - b) čistič
 - c) technický líh
- 6. CM776 je označení pro (Arrius 2B2):**
 - a) mazivo
 - b) čistič
 - c) pojistku



Testové otázky

- 7. Zajišťovací kolíky se používají (Arrius 2B2):**
 - a) vždy nové
 - b) nezáleží na stáří a stavu
 - c) podle stavu s ohledem na náklady
- 8. Drenážní potrubí se připevňuje k Z-podpěře pomocí (Arrius 2B2):**
 - a) šroubu
 - b) stahovacích pásek
 - c) samolepící pásky
- 9. Uzemnění motoru Arrius 2B2 je provedeno pomocí:**
 - a) uzemňovací trubky
 - b) uzemňovacího pásku
 - c) textilního uzemňovacího lana



Testové otázky

10. Přípojka pro zpětné palivové potrubí je umístěna (Arrius 2B2):

- a) na protipožární stěně
- b) na nosníku motoru
- c) v prostoru pro posádku vrtulníku

11. Kabelový svazek startér-generátoru se (Arrius 2B2):

- a) připevni k protipožárním stěnám motoru použitím stahovacích pásek
- b) připevni k protipožárním stěnám motoru použitím lepidla
- c) ponechá volně kvůli zajištění volného pohybu

12. Vazba nouzového ovládání motoru je vztažena k (Arrius 2B2):

- a) startér-generátoru
- b) páce na vstupu motoru
- c) baterii motoru



Testové otázky

13. Hladina oleje se kontroluje pomocí (Arrius 2B2):

- a) měřicí tyčky s ryskou
- b) pouze elektromagnetického snímače
- c) skleněného průhledu

14. Uzemňovací kabel se k protipožární přepážce upevňuje pomocí (Arrius 2B2):

- a) lepicí pásky
- b) šroubu, podložky a matice
- c) vteřinového lepidla

15. Před prvním startem motoru je důležité (Arrius 2B2):

- a) doplnit olej 5 cm nad maximální hladinu
- b) použít palivo se zvýšenou mazatelností
- c) propláchnout a odvzdušnit palivový systém motoru



Testové otázky

16. Při prvním startu motoru spustíme motor (Arrius 2B2):

- a) na režim pozemního volnoběhu po dobu cca 10 min
- b) na režim pozemního volnoběhu po dobu cca 30 min
- c) na vzletový režim po dobu cca 5 min



Testové otázky – správné odpovědi

- | | |
|-------|--------|
| 1. a) | 9. b) |
| 2. b) | 10. a) |
| 3. a) | 11. a) |
| 4. c) | 12. b) |
| 5. a) | 13. c) |
| 6. c) | 14. b) |
| 7. a) | 15. c) |
| 8. b) | 16. a) |

Minimální počet správných odpovědí: 12

