

ČÁST I – DEFINICE A SYMBOLY

HLAVA 1 – DEFINICE

Pojmy použité v tomto předpisu mají následující význam:

Certifikační úřad (Certificating authority)

Státem schválená organizace nebo orgán, jehož povinností je ověřování letové způsobilosti nebo hlukové a emisní způsobilosti letadel. V ČR je certifikačním úřadem pro účely tohoto předpisu Úřad pro civilní letectví.

Datum výroby (Date of manufacture)

Datum vydání osvědčení, jímž se potvrzuje, že jednotlivé letadlo nebo motor splňuje požadavky na způsobilost typu nebo datum vydání obdobného dokumentu.

Fáze přiblížení (Approach phase)

Fáze provozu daná dobou, po kterou je motor v provozním režimu pro přiblížení.

Fáze stoupání (Climb phase)

Fáze provozu daná dobou, po kterou je motor v provozním režimu stoupání.

Fáze vzletu (Take-off phase)

Fáze provozu daná dobou, po kterou je motor v provozním režimu jmenovitého tahu.

Jmenovitý tah (Rated thrust)

Pro účely zkoumání emisí motoru je to maximální vzletový tah, který byl schválen certifikačním úřadem pro použití za normálních provozních podmínek nulové výšky mezinárodní standardní atmosféry (ISA), a to bez použití vstříku vody. Tah se vyjadřuje v jednotkách kilonewtonů.

Kouř (Smoke)

Uhlíkaté látky ve výstupních plynech, které zatemňují průchod světla.

Kouřové číslo (Smoke number)

Bezrozměrný výraz, jímž se hodnotí emise kouře (kouřivost) (viz ust. 3 Doplňku 2).

Nespálené uhlovodíky (Unburned hydrocarbons)

Součet všech uhlovodíkových sloučenin všech druhů a všech molekulárních hmotností, které jsou obsaženy ve vzorku plynů a se kterými se počítá tak, jako by byly ve formě metanu.

Odvozená verze (Derivative version)

Letadlový turbínový motor, náležící svým vývojem do jedné rodiny jako **původně** typově schválený model motoru, jehož základní konstrukce vnitřní plynovzduchové cesty, konstrukce spalovací soustavy a další faktory podle stanoviska certifikačního úřadu zůstávají proti ~~typově schválenému motoru~~ **původnímu modelu nezměněny**. „Původně typově schválený model motoru“ nebo „původní model“ jsou synonymem pro pojem „základní motor“.

Poznámka: Upozorňuje se na existenci rozdílů mezi definicí „Odvozená verze letounu“, jak je použita v Předpisu L 16/I, která odkazuje na změny návrhu letounu, které mohou mít vliv na hlukové charakteristiky, a definicí „Odvozená verze“, jak je použita v tomto předpisu, která odkazuje na změny návrhu motoru, které mohou mít vliv na emisní charakteristiky.

Oxidy dusíku (Oxides of nitrogen)

Součet množství oxidu dusnatého a oxidu dusičitého obsaženého ve vzorku plynu, se kterým se počítá tak, jako by oxid dusnatý byl ve formě oxidu dusičitého.

Pevná částice netěkavé látky (nvPM) (Non-Volatile Particulate Matter)

Vypouštěné částice, které se nacházejí v rovině výfuku trysky výstupních plynů turbínového motoru, které se při ohřátí na teplotu 350 °C neodpařují.

Pojiždění a volnoběh na zemi (Taxi/ground idle)

Provozní fáze při pojiždění a volnoběhu mezi spuštěním pohonných motorů a zahájením rozjezdu při vzletu a mezi dobou výjezdu z dráhy a konečným vypnutím všech motorů.

Přídavné spalování (Afterburning)

Způsob práce motoru, při němž se při spalování využívá (zcela nebo z části) již použitého vzduchu.

Referenční poměr stlačení (Reference pressure ratio)

Poměr průměrného celkového tlaku v rovině konečného výstupu z kompresoru k průměrnému celkovému tlaku v rovině vstupu do kompresoru, když je motor v režimu vzletového tahu za statických podmínek nulové výšky mezinárodní standardní atmosféry (ISA).

Poznámka: Metody pro měření referenčního poměru stlačení jsou uvedeny v Doplňku 1.

HLAVA 2 – SYMBOLY

Symbole použité v tomto předpisu mají následující význam:

		NO _x	Oxidy dusíku (viz definice)
CO	Oxid uhelnatý	nvPM	Pevné částice netěkavých látek
D _p	Hmotnost kterékoli plynné znečišťující látky vypuštěné během referenčního emisního cyklu přistání a vzletu	SN	Kouřové číslo (viz definice)
		T _B	Teplota na vstupu do spalovací komory, měřená
F _n	Tah za podmínek ISA pro danou provozní fázi	Poznámka: Pojmy T _B , T ₃ a T ₃₀ jsou synonymy.	
F ₀₀	Jmenovitý tah	T _{Bref}	Teplota na vstupu do spalovací komory za podmínek ISA na hladině moře pro zkoušený motor (nebo referenční motor, pokud mají být údaje opraveny na referenční motor). Tato teplota je teplota spojená s každou úrovní tahu specifikovanou pro každý režim.
F _{x00}	Jmenovitý tah při použití přídavného spalování	Poznámka: Pojmy T _{Bref} , T _{3ref} a T _{30ref} jsou synonymy.	
HC	Nespálené uhlovodíky (viz definice)		
NO	Oxid dusnatý		
NO ₂	Oxid dusičitý	π ₀₀	Referenční poměr stlačení (viz definice)

ZÁMĚRNĚ NEPOUŽITO

HLAVA 2 – PROUDOVÉ A DVOUPROUDOVÉ MOTORY URČENÉ K POHONU PŘI PODZVUKOVÝCH RYCHLOSTECH

2.1 Všeobecně

2.1.1 Použitelnost

2.1.1.1 Opatření této hlavy musí být aplikována na všechny proudové a dvouproudové motory, včetně jejich odvozených verzí, tak, jak je dále specifikováno v ust. 2.2 a 2.3, které jsou určeny k pohonu letadla jen při podzvukových rychlostech, vyjma případů, kdy ÚCL nebo příslušný úřad, pod jehož jurisdikci spadá organizace odpovědná za výrobu motoru, udělí výjimku pro:

- a) určité typy motorů a z nich odvozené verze, pro které bylo vydáno typové osvědčení způsobilosti prototypu nebo byl uskutečněn jiný rovnocenný postup před 1. lednem 1965;
- b) omezené množství motorů vyrobených v určeném časovém období po datech účinnosti uvedených v ust. 2.2 a 2.3.

2.1.1.2 V takových případech musí být dokument udělující výjimku vydán ÚCL nebo příslušným úřadem, pod jehož jurisdikci spadá organizace odpovědná za výrobu motoru, identifikační štítky na motoru musí být označeny „EXEMPT“ a udělení výjimky musí být zadokumentováno ve stálých záznamech motoru. ÚCL nebo příslušný úřad, pod jehož jurisdikci spadá organizace odpovědná za výrobu motoru, musí vzít v úvahu počet motorů, jimž je udělována výjimka, které budou vyrobeny, a jejich dopad na životní prostředí. Výjimky musí být zapsány pomocí sériového čísla motoru a zpřístupněny pomocí oficiálního veřejného rejstříku.

Pokud je takováto výjimka udělena, měl by ÚCL nebo příslušný úřad, pod jehož jurisdikci spadá organizace odpovědná za výrobu motoru, uvážit zavedení časového omezení na výrobu takovýchto motorů.

Poznámka: Další poradní materiál pro udílení výjimek je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II — Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

2.1.1.3 Ustanovení této hlavy se také vztahují na motory konstruované pro aplikace, které by jinak byly splněny proudovými a dvouproudovými motory, a které jsou navrženy jako integrované pohonné jednotky a certifikovány se jmenovitým tahem.

Poznámka: Poradní materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

2.1.1.4 Změna typového návrhu motoru, jejímž výsledkem je nová odvozená verze nebo změna stávající odvozené verze, se považuje za „nulovou změnu emisí (no emissions change)“, pokud se změna nebo kumulativní změny absolutních hladin emisí ve

srovnání s hladinami při původním osvědčování základního motoru pohybují v rozmezí:¹

LTO NO _x	± 3 g/kN
LTO HC	± 1 g/kN
LTO CO	± 5 g/kN
Maximální kouřové číslo	± 2 SN

Poznámka: Změna typového návrhu motoru může zahrnovat změny, které se týkají hardwaru motoru, softwaru motoru, výkonnosti/cyklu motoru nebo jejich kombinace.

2.1.1.5 Změna nebo kumulativní změna musí být prokázána zkouškou emisí nového motoru, pokud kterákoli z charakteristických hladin emisí kouře, CO, HC nebo NO_x před jakoukoli modifikací je vyšší nebo rovna 95 procentům souvisejících předepsaných hladin této Hlavy použitelných pro základní motor.

2.1.1.6 Změna nebo kumulativní změna musí být prokázána buď údaji ze zkoušky emisí nového motoru, nebo souvisejícími údaji ze zkoušky emisí a analýzou, které podléhají schválení certifikačním úřadem, pokud jsou všechny charakteristické hladiny emisí kouře, CO, HC nebo NO_x nižší než 95 procent souvisejících předepsaných hladin této Hlavy použitelných pro základní motor.

Analýzy by měly zohlednit oblasti, jako jsou změny cyklu, konstrukce spalovací komory a palivových trysek nebo velké změny v profilu rychlosti na vstupu do spalovací komory nebo v proudění chlazení turbíny.

2.1.1.7 Pokud se změna typového návrhu motoru ukáže jako „nulová změna emisí“, charakteristické hladiny pro odvozenou verzi se považují za stejné jako u základního motoru.

S ohledem na sledování kumulativních změn by měl žadatel vést seznam sledování změn technického základu pro všechny schválené „nulové změny emisí“ pro daný typ motoru. Tento seznam by měl být uveden v každé průvodní dokumentaci pro ověření emisní způsobilosti.

Poznámka: Postup pro stanovení „nulové změny emisí“ je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

2.1.2 Kontrolované emise

Pro ověření emisní způsobilosti letadlových motorů musí být kontrolovány následující emise:

- kouř;
- plynné emise:
 - nespálené uhlovodíky (HC);
 - oxid uhelnatý (CO) a
 - oxydy dusíku (NO_x).

¹ Absolutní hladina emisí se vztahuje k průměru naměřených hladin emisí opravených na referenční

podmínky. Toto nezahrnuje použití statistických faktorů z Doplňku 6 použitých k určení charakteristických hladin.

2.1.3 Jednotky měření pro účely hlášení údajů

2.1.3.1 Emise kouře (kouřivost) musí být udávány v jednotkách kouřového čísla (SN).

2.1.3.2 Hmotnost (D_p) plynných znečišťujících látek HC, CO nebo NO_x vypuštěných během referenčního emisního cyklu přistání a vzletu (LTO) jak je definován v ust. 2.1.4.2 a 2.1.4.3, musí být udávána v gramech.

2.1.4 Referenční podmínky

2.1.4.1 Atmosférické podmínky

Referenční atmosférické podmínky pro výkonost motoru musí odpovídat nulové výšce mezinárodní standardní atmosféry ISA (podmínkám ISA) kromě referenční hodnoty vlhkosti vzduchu, která musí být uváděna jako 0,00634 kg vody na kilogram suchého vzduchu.

2.1.4.2 Nastavení tahu

Motor musí být měřen při nastaveních tahu postačujících k definování plynných a kouřových emisí motoru tak, že hmotnostní emisní poměry a kouřová čísla mohou být stanoveny při následujících specifikovaných procentech jmenovitého tahu schválených ÚCL:

Provozní režim LTO	Nastavení tahu
Vzlet	100 % F_{00}
Stoupání	85 % F_{00}
Přiblížení	30 % F_{00}
Pojíždění a volnoběh na zemi	7 % F_{00}

2.1.4.3 Referenční emisní cyklus přistání a vzletu (LTO)

Při referenčním emisním cyklu LTO musí být pro výpočet údajů o plynných emisích pro každý provozní režim dodrženy následující doby:

Provozní režim LTO	Čas provozního režimu v min.
Vzlet	0,7
Stoupání	2,2
Přiblížení	4,0
Pojíždění a volnoběh na zemi	26,0

2.1.4.4 Specifikace paliva

Palivo, které je při měření používáno, musí vyhovovat specifikacím stanoveným v Doplnku 4.

2.1.5 Podmínky měření

2.1.5.1 Měření musí být provedena s motorem na zkušebně.

2.1.5.2 Motor musí odpovídat schválené konfiguraci (viz Doplněk 6 Předpisu L 16/II); odběry vzduchu a jiná zatížení příslušenstvím kromě těch, která jsou nutná k základnímu provozu motoru, nesmí být simulována.

2.1.5.3 Tam, kde se podmínky při měření liší od referenčních atmosférických podmínek uvedených v ust. 2.1.4.1, musí být výsledky zkoušky plynných emisí přepočítány na referenční atmosférické

podmínky metodami uvedenými v Doplnku 3 Předpisu L 16/II.

2.2 Kouřivost

2.2.1 Použitelnost

Požadavky ust. 2.2.2 musí plnit:

- motory, u kterých je datum výroby 1. ledna 1983 nebo později, ale před 1. lednem 2023;
- motory, **včetně jejich odvozených verzí**, se jmenovitým tahem menším nebo rovným 26,7 kN, u kterých je datum výroby 1. ledna 2023 nebo později.

Poznámka: Motory se jmenovitým tahem vyšším než 26,7 kN, včetně odvozených verzí se jmenovitým tahem vyšším než 26,7 kN, původně osvědčené dle předepsaného kouřového čísla uvedeného v ust. 2.2.2, pro které je datum výroby 1. ledna 2023 nebo později, nemusí splňovat požadavky ust. 2.2.2. Poradenský materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

2.2.2 Předepsané kouřové číslo

Kouřové číslo při jakémkoli ze čtyř LTO provozních režimů nastavení tahu motoru, je-li měřeno a vypočteno v souladu s postupy Doplnku 2 Předpisu L 16/II a převedeno na charakteristickou hladinu postupy podle Doplnku 6 téhož předpisu, nesmí překročit hladinu stanovenou následujícím vztahem:

Předepsané kouřové číslo = $83,6(F_{00})^{-0,274}$
nebo hodnota 50,
a to podle toho, která hodnota je nižší.

2.3 Plynné emise

2.3.1 Použitelnost

Požadavky ust. 2.3.2 se vztahují na motory, **včetně jejich odvozených verzí**, pro něž je jmenovitý tah větší než 26,7 kN a u kterých je datum výroby 1. ledna 1986 nebo později a, jak je specifikováno dále, pro oxidy dusíku.

2.3.2 Předepsané hladiny

Hladiny plynných emisí, jsou-li měřeny a vypočteny v souladu s postupy uvedenými v Doplnku 3 Předpisu L 16/II a převedeny na charakteristické hladiny postupy podle Doplnku 6 téhož předpisu, nesmí překročit předepsané hladiny stanovené podle následujících vztahů:

uhlovodíky (HC) $D_p/F_{00} = 19,6$
oxid uhelnatý (CO) $D_p/F_{00} = 118$
oxidy dusíku (NO_x):

- pro motory, jejichž první kus sériové výroby byl vyroben do 1. 1. 1996 a pro takovéto motory vyráběné kusově, které byly vyrobeny do 1. 1. 2000.

$$D_p/F_{00} = 40 + 2 \pi_{00}$$

- pro motory, jejichž první kus sériové výroby byl vyroben 1. 1. 1996 nebo později a pro takovéto

motory vyráběné kusově, které byly vyrobeny po 1. 1. 2000 nebo později.

$$D_p / F_{00} = 32 + 1,6 \pi_{00}$$

c) pro motory s datem výroby prvního kusu 1. 1. 2004 nebo později:

1. pro motory s referenčním poměrem stlačení 30 nebo méně:

i) pro motory se jmenovitým tahem větším než 89 kN:

$$D_p / F_{00} = 19 + 1,6 \pi_{00}$$

ii) pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, ale nepřevyšujícím 89 kN:

$$D_p / F_{00} = 37,572 + 1,6 \pi_{00} - 0,2087 F_{00}$$

2. pro motory s referenčním poměrem stlačení více než 30, ale méně než 62,5:

i) pro motory se jmenovitým tahem větším než 89 kN:

$$D_p / F_{00} = 7 + 2,0 \pi_{00}$$

ii) pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, ale nepřevyšujícím 89 kN:

$$D_p / F_{00} = 42,71 + 1,4286 \pi_{00} - 0,4013 F_{00} + 0,00642 \pi_{00} \times F_{00}$$

3. pro motory s referenčním poměrem stlačení 62,5 a více:

$$D_p / F_{00} = 32 + 1,6 \pi_{00}$$

d) pro motory s datem výroby prvního kusu 1. 1. 2006 nebo později, nebo pro individuální motor, který byl vyroben 1. 1. 2013 nebo později:

1. pro motory s referenčním poměrem stlačení 30 nebo méně:

i) pro motory se jmenovitým tahem větším než 89,0 kN:

$$D_p / F_{00} = 16,72 + 1,4080 \pi_{00}$$

ii) pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, ale nepřevyšujícím 89,0 kN:

$$D_p / F_{00} = 38,5468 + 1,6823 \pi_{00} - 0,2453 F_{00} - 0,00308 \pi_{00} F_{00}$$

2. pro motory s referenčním poměrem stlačení více než 30, ale méně než 82,6:

i) pro motory se jmenovitým tahem větším než 89,0 kN:

$$D_p / F_{00} = -1,04 + 2,0 \pi_{00}$$

ii) pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, ale nepřevyšujícím 89,0 kN:

$$D_p / F_{00} = 46,1600 + 1,4286 \pi_{00} - 0,5303 F_{00} + 0,00642 \pi_{00} F_{00}$$

3. pro motory s referenčním poměrem stlačení 82,6 a více:

$$D_p / F_{00} = 32 + 1,6 \pi_{00}$$

e) pro motory s datem výroby prvního kusu 1. 1. 2014 nebo později a pro které byla žádost o typové osvědčení předložena před 1. 1. 2023:

1. pro motory s referenčním poměrem stlačení 30 nebo méně:

i) pro motory se jmenovitým tahem větším než 89,0 kN:

$$D_p / F_{00} = 7,88 + 1,4080 \pi_{00}$$

ii) pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, ale nepřevyšujícím 89,0 kN:

$$D_p / F_{00} = 40,052 + 1,5681 \pi_{00} - 0,3615 F_{00} - 0,0018 \pi_{00} F_{00}$$

2. pro motory s referenčním poměrem stlačení více než 30, ale méně než 104,7:

i) pro motory se jmenovitým tahem větším než 89,0 kN:

$$D_p / F_{00} = -9,88 + 2,0 \pi_{00}$$

ii) pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, ale nepřevyšujícím 89,0 kN:

$$D_p / F_{00} = 41,9435 + 1,505 \pi_{00} - 0,5823 F_{00} + 0,005562 \pi_{00} F_{00}$$

3. pro motory s referenčním poměrem stlačení 104,7 a více:

$$D_p / F_{00} = 32 + 1,6 \pi_{00}$$

f) pro motory schváleného typu nebo verze, pro které byla žádost o typové osvědčení předložena 1. 1. 2023 nebo později:

1. pro motory s referenčním poměrem stlačení 30 nebo méně:

i) pro motory se jmenovitým tahem větším než 89,0 kN:

$$D_p / F_{00} = 7,88 + 1,4080 \pi_{00}$$

ii) pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, ale nepřevyšujícím 89,0 kN:

$$D_p / F_{00} = 40,052 + 1,5681 \pi_{00} - 0,3615 F_{00} - 0,0018 \pi_{00} F_{00}$$

2. pro motory s referenčním poměrem stlačení více než 30, ale méně než 104,7:

i) pro motory se jmenovitým tahem větším než 89,0 kN:

$$D_p / F_{00} = -9,88 + 2,0 \pi_{00}$$

ii) pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, ale nepřevyšujícím 89,0 kN:

$$D_p / F_{00} = 41,9435 + 1,505\pi_{00} - 0,5823F_{00} + 0,005562\pi_{00} F_{00}$$

3. pro motory s referenčním poměrem stlačení 104,7 a více:

$$D_p / F_{00} = 32 + 1,6\pi_{00}$$

2.4 Požadované informace

Poznámka: Požadované informace jsou rozděleny do tří skupin:

- 1) všeobecné informace k identifikaci charakteristik motoru, používaného paliva a metody analýzy údajů;
- 2) údaje *nebo datové sady* získané z měření motoru; a
- 3) výsledky odvozené z údajů získaných při měřeních.

2.4.1 Všeobecné informace

Pro každý typ motoru, pro který se žádá ověření emisní způsobilosti, musí být k dispozici následující informace:

- a) identifikace motoru,
- b) jmenovitý tah (v jednotkách kilonewton),
- c) referenční poměr stlačení,
- d) specifikace paliva,
- e) poměr vodíku a uhlíku v palivu,
- f) metody získávání údajů,
- g) metody korekcí s ohledem na okolní podmínky,
- h) metody analýzy údajů.

2.4.2 Informace o měřeních

Pro každý motor, který byl měřen pro účely ověření emisní způsobilosti, musí být k dispozici následující údaje pro každé nastavení tahu motoru specifikované v ust. 2.1.4.2. Tam, kde je to třeba, musí být informace korigovány na referenční okolní podmínky.

Jde o tyto informace:

- a) průtok paliva (kilogramy za sekundu),
- b) emisní index (gramy na kilogram) pro každou plynou znečišťující látku,
- c) naměřené kouřové číslo.

2.4.3 Odvozené informace

2.4.3.1 Pro každý motor měřený za účelem ověření emisní způsobilosti musí být k dispozici následující odvozené informace:

- a) emisní poměr (gramy za sekundu), tj. emisní index násobený průtokem paliva pro každou plynou znečišťující látku,
- b) celková hrubá emise každé plyné znečišťující látky (gramy), změřená v průběhu LTO cyklu,
- c) hodnoty D_p/F_{00} pro každou plynou znečišťující látku (gramy na kilonewton), a
- d) maximální kouřové číslo.

2.4.3.2 Pro každý typ motoru, pro který se žádá o ověření emisní způsobilosti, musí být k dispozici charakteristické kouřové číslo a hladiny plyných znečišťujících látek.

ZÁMĚRNĚ NEPOUŽITO

HLAVA 4 – EMISE PEVNÝCH ČÁSTIC

4.1 Všeobecně

4.1.1 Použitelnost

4.1.1.1 Ustanovení této hlavy musí být aplikována na všechny letadlové motory, včetně jejich odvozených verzí, určené k pohonu jen při podzvukových rychlostech, jak je dále specifikováno v ust. 4.2.

4.1.1.2 Pro příslušné kategorie motorů se použijí zvláštní požadavky popsané v ust. 4.2 s výjimkou, kdy certifikační úřad nebo příslušný úřad, pod jehož jurisdikci spadá organizace odpovědná za výrobu motoru, udělily výjimku omezenému počtu motorů po určené časové období po datech účinnosti uvedených v ust. 4.2 pro výrobu jednotlivého motoru.

4.1.1.3 V takových případech musí být dokument udělující výjimku vydán certifikačním úřadem nebo příslušným úřadem, pod jehož jurisdikci spadá organizace odpovědná za výrobu motoru, identifikační štítky na motoru musí být označeny „EXEMPT“ a udělení výjimky musí být zadokumentováno ve stálých záznamech motoru. Certifikační úřad nebo příslušný úřad, pod jehož jurisdikci spadá organizace

odpovědná za výrobu motoru, musí vzít v úvahu počet motorů, jimž je udělována výjimka, které budou vyrobeny, a jejich dopad na životní prostředí. Výjimky musí být zapsány pomocí sériového čísla motoru a zpřístupněny pomocí oficiálního veřejného rejstříku.

Pokud je takováto výjimka udělena, měl by certifikační úřad nebo příslušný úřad, pod jehož jurisdikci spadá organizace odpovědná za výrobu motoru, uvážit zavedení časového omezení na výrobu takovýchto motorů.

Poznámka: Další poradní materiál pro udělení výjimek je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II — Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

4.1.1.4 Změna typového návrhu motoru, jejímž výsledkem je nová odvozená verze nebo změna stávající odvozené verze, se považuje za „nulovou změnu emisí (no emissions change)“, pokud se změna nebo kumulativní změny absolutních hladin emisí ve srovnání s hladinami při původním osvědčování základního motoru pohybují v rozmezí:¹

Hmotnostní koncentrace nvPM

± 20 % pro hodnoty $\geq 1\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$. Pokud je hladina maximální hmotnostní koncentrace nvPM $< 1\,000\ \mu\text{g}/\text{m}^3$, pak je změna hmotnostní koncentrace nvPM v rozmezí $\pm 200\ \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Hmotnost nvPM LTO

± 20 % pro hodnoty $\geq 400\ \text{mg}/\text{kN}$. Pokud jsou hodnoty $< 400\ \text{mg}/\text{kN}$, pak změna hodnot nvPM LTO je v rozmezí $\pm 80\ \text{mg}/\text{kN}$.

Počet nvPM LTO

± 20 % pro hodnoty $\geq 2 \times 10^{15}$ částic/kN. Pokud jsou hodnoty $< 2 \times 10^{15}$ částic/kN, změna hodnot nvPM LTO je v rozmezí $\pm 4 \times 10^{14}$ částic/kN.

Poznámka: Změna typového návrhu motoru může zahrnovat změny, které se týkají hardwaru motoru, softwaru motoru, výkonnosti/cyklu motoru nebo jejich kombinace.

4.1.1.5 Změna nebo kumulativní změna musí být prokázána zkouškou emisí nového motoru, pokud charakteristické hladiny nvPM před jakoukoli modifikací jsou vyšší nebo rovna 80 procentům souvisejících předepsaných hladin této Hlavy použitelných pro základní motor.

4.1.1.6 Změna nebo kumulativní změna musí být prokázána buď údaji ze zkoušky emisí nového motoru, nebo souvisejícími údaji ze zkoušky emisí a analýzou, které podléhají schválení certifikačním úřadem, pokud jsou charakteristické hladiny nvPM nižší než 80 procent souvisejících předepsaných hladin této Hlavy použitelných pro základní motor.

Analýzy by měly zohlednit oblasti, jako jsou změny cyklu, konstrukce spalovací komory a palivových trysek

nebo velké změny v profilu rychlosti na vstupu do spalovací komory nebo v proudění chlazení turbíny.

4.1.1.7 Pokud se změna typového návrhu motoru ukáže jako „nulová změna emisí“, charakteristické hladiny pro odvozenou verzi se považují za stejné jako u základního motoru.

S ohledem na sledování kumulativních změn by měl žadatel vést seznam sledování změn technického základu pro všechny schválené „nulové změny emisí“ pro daný typ motoru. Tento seznam by měl být uveden v každé průvodní dokumentaci pro ověření emisní způsobilosti.

Poznámka: Postup pro stanovení „nulové změny emisí“ je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

4.1.2 Kontrolované emise

Cílem této části je kontrola emisí obsahu pevných částic netěkavých látek (nvPM).

¹ Absolutní hladina emisí se vztahuje k průměru naměřených hladin emisí opravených na referenční

podmínky. Toto nezahrnuje použití statistických faktorů z Doplňku 6 použitých k určení charakteristických hladin.

4.1.3 Jednotky měření pro účely hlášení údajů

4.1.3.1 Hmotnostní koncentrace nvPM musí být udávány v mikrogramech/m³.

4.1.3.2 Hmotnost nvPM vypuštěných během referenčního emisního cyklu přistání a vzletu (LTO), definovaného v ust. 4.1.4.2 (LTO_{mass}), musí být udávána v miligramech.

4.1.3.3 Počet nvPM vypuštěných během referenčního emisního cyklu přistání a vzletu (LTO), definovaného v ust. 4.1.4.2 (LTO_{num}), musí být udáván v počtu částic.

4.1.4 Referenční podmínky

4.1.4.1 Atmosférické podmínky

Referenční atmosférické podmínky pro referenční standardní motor musí odpovídat podmínkám ISA kromě referenční hodnoty absolutní vlhkosti vzduchu, která musí být uváděna jako 0,00634 kg vody na kilogram suchého vzduchu.

4.1.4.2 Referenční emisní cyklus přistání a vzletu (LTO)

Motor musí být měřen při nastaveních tahu postačujících k definování emisí nvPM motoru tak, že hmotnostní emisní indexy nvPM (El_{mass}) a číselné emisní indexy nvPM (El_{num}) mohou být stanoveny při nastaveních tahu referenčního emisního cyklu LTO, při 57,5 % F₀₀ a při tazích produkujících maximální hmotnostní koncentraci nvPM, maximální El_{mass} a maximální El_{num}, které byly schváleny certifikačním úřadem.

Pro výpočty a udávání emisí nvPM musí být referenční emisní cyklus LTO reprezentován následujícím nastavením tahu a dobou v každém z následujících provozních režimů:

Provozní režim LTO	Nastavení tahu [procent F ₀₀]	Doba v provozním režimu [minuty]
Vzlet	100	0,7
Stoupání	85	2,2
Přiblížení	30	4,0
Pojíždění a volnoběh na zemi	7	26,0

4.1.4.3 Specifikace paliva

Palivo, které je při měření používáno, musí vyhovovat specifikacím stanoveným v Doplňku 4.

4.1.5 Podmínky měření

4.1.5.1 Měření musí být provedena s motorem na zkušebně.

4.1.5.2 Motor musí odpovídat schválené konfiguraci (viz Doplňek 6); odběry vzduchu a jiná zatížení příslušenstvím kromě těch, která jsou nutná k základnímu provozu motoru, nesmí být simulovány.

4.1.5.3 Tam, kde se podmínky při měření liší od referenčních atmosférických podmínek uvedených v ust. 4.1.4.1, musí být El_{mass} a El_{num} přepočítány na

teplotu na vstupu do spalovací komory motoru za referenčních atmosférických podmínek metodou uvedenou v Doplňku 7.

4.2 Emise pevných částic netěkavých látek

4.2.1 Použitelnost

4.2.1.1 Ustanovení dále specifikovaná v ust. 4.2.2 a 4.2.3 se vztahují na všechny turbodmychadlové a turboproudové motory, včetně jejich odvozených verzí, ~~schváleného typu nebo verze~~ o jmenovitém tahu vyšším než 26,7 kN.

4.2.1.2 Ustanovení této hlavy se také vztahují na motory konstruované pro aplikace, které by jinak byly splněny turbodmychadlovými a turboproudovými motory, a které jsou navrženy jako integrované pohonné jednotky a certifikovány se jmenovitým tahem.

4.2.2 Předepsané hladiny

4.2.2.1 Maximální hmotnostní koncentrace nvPM

U motorů, u kterých je datum výroby 1. ledna 2020 nebo později, nesmí maximální hmotnostní koncentrace nvPM získaná z měření při nastaveních tahu postačujících k tomu, aby bylo možné stanovit emisní maximum, a vypočtená v souladu s postupy Doplňku 7 a převedená na charakteristické hladiny postupy Doplňku 6, překročit předepsanou hladinu stanovenou z následujícího vzorce:

$$\text{Předepsaná mezní hmotnostní koncentrace nvPM} = 10^{(3+2,9F_{\infty}^{-0,274})}$$

Poznámka 1: Jelikož existuje korelace mezi hmotnostní koncentrací nvPM a kouřovým číslem, byla předepsaná hladina v ust. 4.2.2.1 odvozena od předepsané hladiny kouřového čísla. Další informace jsou uvedeny v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

Poznámka 2: Požadavky ust. 4.2.2.1 platí pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, u kterých je datum výroby 1. ledna 2020 nebo později. V důsledku tyto požadavky platí také pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, původně osvědčené dle předepsaného kouřového čísla uvedeného v ust. 2.2.2 Hlavy 2, které nemusí splňovat požadavky ust. 2.2.2 Hlavy 2, pokud byly vyrobeny 1. ledna 2023 nebo později. Poradenský materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

4.2.2.1.1 Při stanovování maximální hmotnostní koncentrace nvPM musí žadatel použít jednu z následujících metod hodnocení pro všechny motory měřené v souladu s touto Hlavou a Doplňkem 7. Výsledná datová sada pro každou metodu hodnocení bude sestávat z měření hmotnostních koncentrací nvPM stanovených při každém nastavení tahu měřených v souladu s ust. 4.2.2.1 a vynesných do grafu v závislosti na teplotě na vstupu do spalovací komory (T_B).

(i) Metoda 1: Posouzení všech datových sad z měření motoru dohromady

- 1) Zprůměrujte jednotlivé datové body naměřené při každé T_B všech zkoušených motorů, abyste vytvořili jednu datovou sadu hmotnostních koncentrací nvPM. Vzhledem k tomu, že tato metoda vyžaduje společné hodnoty T_B napříč všemi měřeními motoru, jednotlivé datové body v rozsahu $T_B \pm 3,5 \text{ °C}$ ($\pm 6 \text{ °F}$) se pro účely průměrování považují za společné; a
 - 2) Použijte kombinovanou datovou sadu z kroku (1) této metody k vytvoření jediné křivky; a
 - 3) Použijte tuto datovou sadu k určení celkové hodnoty maximální hmotnostní koncentrace nvPM pro kombinovanou datovou sadu; nebo
- (ii) Metoda 2: Posouzení datové sady z měření každého motoru zvlášť
- 1) Použitím všech datových sad generovaných pro každý zkoušený motor vytvořte samostatné křivky hmotnostní koncentrace nvPM v závislosti na T_B pro každý zkoušený motor, čímž získáte jednu křivku na každý zkoušený motor; a
 - 2) Určete maximální hmotnostní koncentraci nvPM z každé výsledné křivky z kroku (1) této metody; a
 - 3) Pokud je zkoušen více než jeden motor, zprůměrujte hodnoty maximální hmotnostní koncentrace nvPM z kroku (2) této metody, abyste určili celkovou hodnotu maximální hmotnostní koncentrace nvPM; nebo
- (iii) Metoda 3: Posouzení každé datové sady z měření každého motoru zvlášť
- 1) Vytvořte křivky hmotnostní koncentrace nvPM v závislosti na T_B pro každou datovou sadu od každého zkoušeného motoru; a
 - 2) Z každé křivky vytvořené v kroku (1) této metody určete maximální hmotnostní koncentraci nvPM; a
 - 3) Zprůměrujte maximální hmotnostní koncentraci nvPM ze všech datových sad z měření pro každý zkoušený motor; a
 - 4) Pokud se zkouší více než jeden motor, opakujte kroky (1) až (3) pro každý zkoušený motor, zprůměrujte hodnoty maximální hmotnostní koncentrace nvPM stanovené v kroku (3) této metody, abyste určili celkovou hodnotu maximální hmotnostní koncentrace nvPM.

4.2.2.1.2 Pokud žadatel navrhne alternativu k jedné z těchto metod, která poskytuje rovnocenné výsledky, musí být schválena certifikačním úřadem.

4.2.2.2 Hmotnost nvPM a počet nvPM vypuštěných během referenčního cyklu LTO

Emisní hladiny hmotnosti nvPM a počtu nvPM, jsou-li měřeny a vypočteny v souladu s postupy Doplňku 7 a převedeny na charakteristické hladiny postupy podle Doplňku 6, nesmí překročit předepsané hladiny stanovené následujícími vztahy:

- a) LTO_{mass} :
- 1) pro motory, pro které je datum výroby 1. ledna 2023 nebo později:
 - i) pro motory se jmenovitým tahem větším než 200 kN:

$$LTO_{mass}/F_{00} = 347,5$$

- ii) pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, ale ne více než 200 kN:

$$LTO_{mass}/F_{00} = 4646,9 - 21,497F_{00}$$

- 2) pro motory schváleného typu nebo verze, pro které je žádost o typové osvědčení předložena 1. ledna 2023 nebo později:

- i) pro motory se jmenovitým tahem větším než 150 kN:

$$LTO_{mass}/F_{00} = 214,0$$

- ii) pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, ale ne více než 150 kN:

$$LTO_{mass}/F_{00} = 1251,1 - 6,914F_{00}$$

b) LTO_{num} :

- 1) pro motory, pro které je datum výroby 1. ledna 2023 nebo později:

- i) pro motory se jmenovitým tahem větším než 200 kN:

$$LTO_{num}/F_{00} = 4,170 \times 10^{15}$$

- ii) pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, ale ne více než 200 kN:

$$LTO_{num}/F_{00} = 2,669 \times 10^{16} - 1,126 \times 10^{14}F_{00}$$

- 2) pro motory schváleného typu nebo verze, pro které je žádost o typové osvědčení předložena 1. ledna 2023 nebo později:

- i) pro motory se jmenovitým tahem větším než 150 kN:

$$LTO_{num}/F_{00} = 2,780 \times 10^{15}$$

- ii) pro motory se jmenovitým tahem větším než 26,7 kN, ale ne více než 150 kN:

$$LTO_{num}/F_{00} = 1,490 \times 10^{16} - 8,080 \times 10^{13}F_{00}$$

4.2.3 Požadované udávané hodnoty

4.2.3.1 Hmotnost nvPM a počet nvPM při 57,5 % F_{00}

Výrobce musí udávat následující hodnoty emisí nvPM naměřených a vypočítaných v souladu s postupy uvedenými v Doplňku 7:

- a) EI_{mass} (miligramy/kg paliva) při 57,5 % F_{00}
- b) EI_{num} (částice/kg paliva) při 57,5 % F_{00}

4.2.3.2 Maximální EI_{mass} a EI_{num}

Výrobce musí udávat následující hodnoty emisí nvPM naměřených a vypočítaných v souladu s postupy uvedenými v Doplňku 7:

- a) maximální EI_{mass} (miligramy/kg paliva) a odpovídající procento F_{00} ; a
- b) maximální EI_{num} (částice/kg paliva) a odpovídající procento F_{00} .

4.2.3.3 Při stanovování maximálního EI_{mass} a maximálního EI_{num} musí žadatel použít jednu z následujících metod hodnocení pro všechny motory měřené v souladu s touto Hlavou a Doplňkem 7. Výsledná datová sada pro každou metodu hodnocení bude sestávat z nvPM EI (hmotnostního nebo

číselného) stanovených při každém nastavení tahu měřených v souladu s ust. 4.1.4.2 a vynesných do grafu v závislosti na teplotě na vstupu do spalovací komory (T_B). Stanovení korekci složení paliva v souladu s kroky a) až c) níže se provede buď před, nebo po stanovení maximálního E_{mass} a maximálního E_{num} jednou z metod hodnocení popsanych v bodech i), ii) a iii) níže.

- a) Určete tah za statických podmínek ISA na hladině moře pro T_B spojený s datovým bodem EI;
- b) Použijte tah k výpočtu korekčního faktoru složení paliva (viz Doplněk 7, ust. 6.2.2 pro k_{fuel_M} a k_{fuel_N}) pro datový bod EI;
- c) Vynásobte korekční faktor složení paliva datovým bodem EI, abyste odvodili datový bod EI s korekcí složení paliva;

(i) Metoda 1: Posouzení všech datových sad z měření motoru dohromady

- 1) Zprůměrujte jednotlivé datové body EI naměřené při každé T_B všech zkoušených motorů, abyste vytvořili jednu datovou sadu EI (hmotnostních nebo číselných). Vzhledem k tomu, že tato metoda vyžaduje společné hodnoty T_B napříč všemi měřeními motoru, jednotlivé datové body v rozsahu $T_B \pm 3,5^\circ\text{C}$ ($\pm 6^\circ\text{F}$) se pro účely průměrování považují za společné;
- 2) Použijte kombinovanou datovou sadu z kroku (1) této metody k vytvoření jediné křivky;
- 3) Použijte tuto datovou sadu k určení celkového maximálního EI (hmotnostního nebo číselného) pro kombinovanou datovou sadu;
- 4) Určete tah spojený s T_B maximálního EI (hmotnostního nebo číselného); nebo

(ii) Metoda 2: Posouzení datové sady z měření každého motoru zvlášť

- 1) Použitím všech datových sad generovaných pro každý zkoušený motor vytvořte samostatné křivky EI (hmotnostních nebo číselných) v závislosti na T_B pro každý zkoušený motor, čímž získáte jednu křivku na každý zkoušený motor;
- 2) Určete maximální EI (hmotnostní nebo číselný) z každé výsledné křivky z kroku (1) této metody;
- 3) Určete tah spojený s T_B maximálního EI (hmotnostního nebo číselného); nebo
- 4) Pokud je zkoušen více než jeden motor, zprůměrujte maximální EI (hmotnostní nebo číselné) a tahy z kroku (3) této metody, abyste určili celkový maximální EI (hmotnostní nebo číselný) a tah; nebo

(iii) Metoda 3: Posouzení každé datové sady z měření každého motoru zvlášť

- 1) Vytvořte křivky EI (hmotnostního nebo číselného) v závislosti na T_B pro každou datovou sadu od každého zkoušeného motoru;
- 2) Z každé křivky vytvořené v kroku (1) této metody určete maximální EI (hmotnostní nebo číselný);
- 3) Určete tah spojený s T_B maximálního EI (hmotnostního nebo číselného);

- 4) Zprůměrujte maximální EI (hmotnostní nebo číselné) a tahy ze všech datových sad z měření pro každý zkoušený motor;
- 5) Pokud se zkouší více než jeden motor, opakujte kroky (1) až (4) pro každý zkoušený motor, zprůměrujte maximální EI (hmotnostní nebo číselné) a tahy stanovené v kroku (4) této metody, abyste určili celkový maximální EI (hmotnostní nebo číselný) a tah.

4.2.3.4 Pokud žadatel navrhne alternativu k jedné z těchto metod, která poskytuje rovnocenné výsledky, musí být schválena certifikačním úřadem.

Poznámka: Poradenská materiál pro stanovení maximálního E_{mass} a maximálního E_{num} je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

4.3 Požadované informace

Poznámka: Požadované informace jsou rozděleny do tří skupin: 1) všeobecné informace k identifikaci charakteristik motoru, používaného paliva a metody analýzy údajů; 2) údaje nebo datové sady získané z měření motoru; a 3) výsledky odvozené z údajů získaných při měření.

4.3.1 Všeobecné informace

Pro každý typ motoru, pro který se žádá ověření emisní způsobilosti, musí být k dispozici následující informace:

- a) identifikace motoru,
- b) jmenovitý tah (v kN),
- c) referenční kompresní poměr,
- d) specifikace paliva,
- e) poměr vodíku a uhlíku v palivu,
- f) metody získávání údajů a
- g) metody analýzy údajů.

4.3.2 Informace o měřeních

4.3.2.1 Pro každý motor měřený za účelem certifikace musí být k dispozici následující informace:

- a) výhřevnost paliva (MJ/kg),
- b) obsah vodíku v palivě (hm. procento),
- c) celkový obsah aromatických uhlovodíků v palivě (obj. procento),
- d) obsah naftalenu v palivě (obj. procento) a
- e) obsah síry v palivě (ppm hmotnostní).

4.3.2.2 Pro každý motor měřený za účelem certifikace musí být k dispozici následující informace, měřené a vypočítané v souladu s postupy Doplněk 7:

- a) průtok paliva (kg/s) při každém nastavení tahu cyklu LTO,
- b) E_{mass} (miligramy/kg paliva) při každém nastavení tahu cyklu LTO,
- c) E_{num} (částice/kg paliva) při každém nastavení tahu cyklu LTO.

4.3.3 Odvozené informace

4.3.3.1 Pro každý motor měřený za účelem certifikace musí být k dispozici následující odvozené informace:

- a) emisní poměr, tj. $E_{\text{mass}} \times$ průtok paliva, (miligramy/s) pro hmotnost nvPM,
- b) emisní poměr, tj. $E_{\text{num}} \times$ průtok paliva, (částice/s) pro počet nvPM,
- c) celková hrubá emise hmotnosti nvPM změřená v průběhu LTO cyklu (miligramy),

- d) celková hrubá emise počtu nvPM změřená v průběhu LTO cyklu (částice),
- e) hodnoty $LTO_{\text{mass}} / F_{00}$ (miligramy/kN),
- f) hodnoty $LTO_{\text{num}} / F_{00}$ (částice/kN) a
- g) maximální hmotnostní koncentrace nvPM (mikrogramy/m³).

4.3.3.2 Pro každý typ motoru, pro který se žádá o ověření emisní způsobilosti, musí být k dispozici charakteristické hladiny maximální hmotnostní koncentrace nvPM, LTO_{mass}/F_{00} a LTO_{num}/F_{00} .

ZÁMĚRNĚ NEPOUŽITO

**ČÁST IV – VYHODNOCOVÁNÍ PEVNÝCH ČÁSTIC NETĚKAVÝCH LÁTEK
ZA ÚČELY KATALOGIZACE A MODELOVÁNÍ**

Poznámka: Korekční faktory systémových ztrát pro hmotnostní a číselný obsah nvPM umožňují odhad hmotnostní a číselné koncentrace nvPM ve zplodinách motoru letadla z hodnot hmotnostní a číselné koncentrace nvPM získaných postupy popsány v Doplňku 7.

Pro motory ~~schváleného typu nebo verze~~ podléhající Části III, Hlavě 4, které jsou vyrobeny ~~kusev~~ 1. ledna

2023 nebo později, musí být korekční faktory systémových ztrát pro hmotnostní a číselný obsah nvPM ($k_{SL\ mass}$ a $k_{SL\ num}$) a EI_{mass} a EI_{num} opravené o systémové ztráty odhadnuty v souladu s postupy Doplňku 8, nebo rovnocennými postupy schválenými příslušným úřadem, jak bylo navrženo státem. Výsledné odhady $k_{SL\ mass}$, $k_{SL\ num}$, EI_{mass} a EI_{num} musí být udávány příslušnému úřadu, jak bylo určeno státem.

ZÁMĚRNĚ NEPOUŽITO

- e) vývěva: toto čerpadlo musí být schopno vytvořit při nulovém průtoku vakuum -75 kPa vzhledem k atmosférickému tlaku; plný průtok tohoto čerpadla nesmí být menší než 26 l/min za standardního tlaku a teploty;
- f) *řízení teploty*: kapilára vnitřního analyzátoru pro přívod vzorku na držák filtru musí být udržována na teplotě mezi 60 °C a 175 °C s odchylkou ± 15 °C;
- Poznámka: Cílem je předejít kondenzaci vody před dosažením držáku filtru a při průchodu filtrem.*
- g) pokud je požadováno vést vzorek sondou vyšší rychlostí průtoku než při průchodu filtrem, může být mezi sondou a ventilem A umístěna přídatná rozdělovací komora sloužící k odvedení nadměrného průtoku (Obr. 2-1). Odvodná kapilára musí být co nejbližší místu odběru vzorku na sondě a nesmí ovlivňovat schopnost systému pro odběr vzorků zajistit požadovaný 80% pokles tlaku na zařízení sondy. Odvedený tok může být také přiveden do analyzátoru CO_2 nebo do celého analytického systému emisí;
- h) je-li použito rozdělení toku, musí být provedena zkouška, která demonstruje, že rozdělení průtoku neovlivňuje hladinu kouře procházející přes filtr. Toho může být docíleno zaměněním výstupních kapilár z rozdělovací komory, které prokáže, že se v rámci přesnosti použité metody hladina kouře nezmění;
- i) *charakteristika těsnosti*: podsystém musí vyhovovat požadavkům následující zkoušky:
- 1) upevnit čistý materiál filtru do držáku;
 - 2) zavřít ventil A, úplně otevřít ventily B, C a D;
 - 3) spustit na jednu minutu vývěvu, aby se docílilo rovnovážného stavu;
 - 4) pokračovat v čerpání a měřit průtok průtokoměrem během pětiminutových intervalů. Tento průtok nesmí přesáhnout 1 l/min (vztaženo k standardnímu tlaku a teplotě) a není-li splněna tato podmínka, nesmí být systém používán.
- j) *reflektometr*: měření hustoty rozptýleného odrazu od materiálu filtru musí být prováděna na zařízení odpovídajícím standardu ČSN ISO 5-4¹. Průměr paprsku světla reflektometru dopadajícího na filtrační papír nesmí přesáhnout $D/2$ a nesmí být menší než $D/10$, přičemž D je průměr obarvené skvrny na filtru tak, jak je definováno na Obr. 2-1.

Pro úpravu vlivu různých světelných zdrojů od různých výrobců reflektometrů by měl být použit zelený trichromatický filtr.

✚ *Poznámka: Poradenský materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.*

2.4 Specifikace paliva

Palivo musí vyhovovat specifikacím uvedeným v Doplnku 4.

¹ Mezinárodní organizace pro normalizaci, standard 5-4: 1995 nazvaný „Fotografie – Měření hustot – část 4: Geometrické podmínky měření odrazné hustoty“.

2.5 Postupy pro měření kouře

2.5.1 Provoz motoru

2.5.1.1 Motor musí být uveden do chodu na statickém zkušebním zařízení, které je vhodné a náležitě vybavené pro provedení měření s vysokou přesností.

2.5.1.2 Měření musí probíhat při nastaveních tahu motoru schválených ÚCL. Motor musí být při každém nastavení stabilizován.

2.5.2 Kontrola těsnosti a čistoty

Dokud nejsou všechny kapiláry pro transport vzorku a ventily zahřáté a v ustáleném stavu nesmí být provedena žádná měření. Před sérií zkoušek musí být zkontrolována těsnost a čistota systému následujícím způsobem:

- a) *kontrola těsnosti*: izolovat sondu a zavřít konec kapiláry pro přívod vzorku, provést zkoušku těsností tak, jak je uvedeno v 2.3 h) s tím rozdílem, že ventil A je otevřen a nastaven na obtok, ventil D je uzavřen a limit úniku je $0,4$ l/min za standardního tlaku a teploty. Obnovit vzájemné propojení sondy a kapilár;
- b) *kontrola čistoty*:
 - 1) otevřít ventily B, C a D;
 - 2) spustit vývěvu a ventil A střídavě po dobu pěti minut nastavovat na obtok a na průchod vzorku, aby se pročistil vnitřní systém čistým vzduchem;
 - 3) nastavit ventil A na obtok;
 - 4) zavřít ventil D a upevnit čistý filtrační materiál do držáku. Otevřít ventil D;
 - 5) nastavit ventil A na průchod vzorku a po průchodu 50 kg vzduchu na metr čtverečný filtru materiálem filtru vrátit zpět na obtok;
 - 6) změřit výslednou skvrnu na filtru SN' tak, jak je popsáno v části 3 tohoto Doplnku;
 - 7) pokud je hodnota SN' větší než 3 , musí být systém vyčištěn (nebo jinak upraven) dokud se nedosáhne hodnoty nižší než 3 .

Dokud nejsou splněny všechny požadavky kontroly těsnosti a čistoty nesmí být systém používán.

2.5.3 Měření kouře

Jestliže nejsou naměřené hodnoty kouře výrazně pod limitní hodnotou nebo nelze prokázat, že hodnoty kouře ze současně probíhajících měření kouře a plyných emisí jsou, v případě, kdy mohou být měření kouře uskutečněna společně s měřeními plyných emisí, platné, musí být měření kouře provedena nezávisle na jiných měřeních. Ve všech případech musí být striktně dodržovány požadavky na poloměry ohybů kapilár pro transport vzorku popsané v ust. 2.2.2. Podsystém pro analýzu kouře musí být nastaven tak, aby byly dodrženy specifikace v ust. 2.3. Hlavními úkony pro

a manipulaci se vzorkem a ovládání průtoku plynu při nulovém a plném rozsahu měření. Řízení teploty musí odpovídat zvolené metodě měření, na mokré nebo suché bázi.

Poznámka: Souhrnné specifikace jsou uvedeny v ust. 5.3.1 tohoto doplňku.

5.3.1 Specifikace analyzátorů CO a CO₂

5.3.1.1 Ust. 5.3 tohoto doplňku shrnuje charakteristiky analytických podsystémů, které budou využity pro jednotlivá měření koncentrací plynů CO a CO₂ ve vzorcích výstupních plynů. Přístroje jsou založeny na principu nedisperzní absorpce infračerveného záření v paralelní referenční kyvetě a kyvetě se vzorkem. Požadované rozsahy citlivosti jsou získány pomocí kyvet se srovnávacími vzorky nebo změnami v elektronických obvodech nebo obojím. Interference plynů s překrývajícími se absorpčními pásy smí být minimalizovány plynovými absorpčními filtry, optickými filtry nebo obojím. Avšak měly by být použity optické filtry.

Poznámka: Informace o kalibračních a měřicích plynech viz ust. 6.2.4 a 6.3.3 tohoto doplňku.

5.3.1.2 **Upozornění:** Naznačené provozní specifikace platí obecně pro analyzátor pracující v plném rozsahu stupnice. Při použití částečné stupnice mohou být chyby při odečtu procentuálně významně větší. Význam takového vzrůstu musí být uvážěn při přípravě měření. Pokud je nezbytné lepší provedení, musí být přijata příslušná opatření.

5.3.1.3 Hlavní provozní specifikace jsou následující:

Analyzátor CO

- a) **Celkový rozsah:** 0 až 2 500 ppm na příslušné stupnici;
- b) **Rozlišení:** lepší než 0,5 % celé stupnice použitého rozsahu nebo 1 ppm, podle toho, která hodnota je větší;
- c) **Opakovatelnost:** lepší než ± 1 % celé stupnice použitého rozsahu nebo ± 2 ppm, podle toho, která hodnota je větší;
- d) **Stabilita:** lepší než ± 2 % celé stupnice použitého rozsahu nebo ± 2 ppm, podle toho, která hodnota je větší v intervalu 1 hodiny;
- e) **Posun nuly:** méně než ± 1 % celé stupnice použitého rozsahu nebo ± 2 ppm, podle toho, která hodnota je větší v intervalu 1 hodiny;
- f) **Šum:** 0,5 Hz a více, méně než ± 1 % celé stupnice použitého rozsahu nebo ± 1 ppm, podle toho, která hodnota je větší;
- g) **Interference:** musí být omezena s ohledem na koncentrace plynu CO tak, jak je uvedeno níže:
 - 1) méně než 500 ppm/% etylenu;
 - 2) méně než 2 ppm/% CO₂;
 - 3) méně než 2 ppm/% vodní páry*.

Pokud nelze docílit limitů interference pro CO₂ a/nebo vodní páru, musí být stanoveny, hlášeny a aplikovány příslušné korekční faktory [pro vlivy interference](#).

5.3.1.4 **Pokud jsou splněny limity interference pro CO₂ a/nebo vodní páru,** ~~Vždy by měly by~~ být použity korekční faktory pro ~~omezení~~ interference způsobené CO₂ a vodní párou.

Poznámka: Metody pro použití příslušných korekčních faktorů pro vlivy interference jsou obsaženy v Dodatku A, oddílech 3 a 4.

Analyzátor CO₂

- a) **Celkový rozsah:** 0 až 10 % na příslušné stupnici;
- b) **Rozlišení:** lepší než 0,5 % celé stupnice použitého rozsahu nebo 100 ppm, podle toho, která hodnota je větší;
- c) **Opakovatelnost:** lepší než ± 1 % celé stupnice použitého rozsahu nebo ± 100 ppm, podle toho, která hodnota je větší;
- d) **Stabilita:** lepší než ± 2 % celé stupnice použitého rozsahu nebo ± 100 ppm, podle toho, která hodnota je větší v intervalu 1 hodiny;
- e) **Posun nuly:** méně než ± 1 % celé stupnice použitého rozsahu nebo ± 100 ppm, podle toho, která hodnota je větší v intervalu 1 hodiny;
- f) **Šum:** 0,5 Hz a více, méně než ± 1 % celé stupnice použitého rozsahu nebo ± 100 ppm, podle toho, která hodnota je větší;
- g) Na analyzátoru CO₂ musí být ověřen kyslíkový (O₂) efekt. Pro změny koncentrace plynu O₂ od 0 % do 21 % se nesmí odezva pro danou koncentraci plynu CO₂ lišit o více než 2 % odečtené hodnoty. Pokud nemůže být tohoto limitu dosaženo, musí být aplikován příslušný korekční faktor [pro efekt kyslíku](#).

5.3.1.5 **Pokud je splněn limit efektu kyslíku na analyzátoru CO₂,** ~~Vždy by měly by~~ být použity korekční faktory efektu kyslíku na odezvu analyzátoru CO₂.

Poznámka: Postup pro určení vhodného korekčního faktoru efektu kyslíku je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

Analyzátory CO a CO₂

- a) **Doba odezvy:** nesmí přesáhnout 10 sekund od vstupu vzorku do analytického systému do dosažení 90 % konečného odečtu;
- b) **Teplota vzorku:** za normálního režimu se vzorek analyzuje (neupravený) v podmínkách za mokra. To vyžaduje, aby byly kyveta pro vzorek a všechny další součásti podsystému, které jsou v kontaktu se vzorkem, udržovány na teplotě nejméně 50 °C s odchylkou ± 2 °C. Je povolena možnost měřit CO a CO₂ na suché bázi (s vhodným vodním odlučovačem), v tomto případě je přípustné použití nepředehřátého analyzátoru a odstraní se interferenční omezení pro vodní páru, ale je požadována následná korekce na obsah vodních

* Nemusí být aplikováno, když jsou měření prováděna za sucha.

par v nasávaném vzduchu a vodu vzniklou při spalování;

c) **Kalibrační křivky:**

- 1) Analyzátoř s lineární charakteristikou výstupního signálu musí být kontrolovány ve všech pracovních rozsazích pomocí kalibračních plynů známých koncentrací o přibližně 0 %, 30 %, 60 % a 90 % celé stupnice. Maximální odchylka odezvy jakéhokoliv z těchto bodů od přímky vypočítané metodou nejmenších čtverců proložené odečtenými body a nulou nesmí přesáhnout ± 2 % konečné hodnoty stupnice. Pokud nepřesáhne, je kalibrační křivka připravena pro pracovní použití;
- 2) Analyzátoř s nelineární charakteristikou výstupního signálu a ty, které nevyhovují požadavkům linearitě zmíněným výše, musí mít kalibrační křivky připravené pomocí kalibračních plynů známých koncentrací plynů o přibližně 0 %, 30 %, 60 % a 90 % celé stupnice pro všechny pracovní rozsahy. Je-li třeba, musí být pro řádné definování tvaru křivky použity přídatné směsi.

5.4 Analyzátoř NOx

Měření koncentrace plynu NO musí být provedena chemiluminiscenční metodou, ve které je míra intenzity záření emitovaného během reakce NO obsaženého ve vzorku s přidaným O₃ mírou koncentrace plynu NO. Složka NO₂ musí být před měřením převedena na NO v konvertoru s potřebnou účinností. Systém pro měření výsledného NOx musí být vybaven všemi nezbytnými řízeními průtoku, teploty apod. a musí umožňovat jak kalibraci nuly a měřicího rozsahu, tak prověření účinnosti konvertoru.

Poznámka: Souhrnné specifikace jsou uvedeny v ust. 5.4.1 tohoto doplňku.

5.4.1 Specifikace analyzátoř NOx

Poznámka: Informace o kalibračních a měřicích plynech viz ust. 6.2.4 a 6.3.3 tohoto doplňku.

5.4.1.1 Jak je popsáno v ust. 5.4 tohoto doplňku, musí být měření koncentrace plynů oxidů dusíku provedeno chemiluminiscenční metodou, kterou je měřeno záření emitované při reakci NO a O₃. Tato metoda není citlivá na NO₂, a proto musí vzorky před měřením celkového množství NOx projít konvertorem, ve kterém je NO₂ převeden na NO. Obě hodnoty koncentrace plynu, jak původní koncentrace plynu NO, tak celková koncentrace plynu NOx musí být zaznamenány. Rozdílem těchto hodnot musí být potom získána naměřená koncentrace plynu NO₂.

5.4.1.2 Přístroj, který bude používán, musí být kompletně vybaven všemi potřebnými součástmi pro řízení průtoku, jako jsou regulátory, ventily, průtokoměry apod. Materiály, které jsou v kontaktu s plyným vzorkem, musí být omezeny na odolné vůči oxidům dusíku, jako např. korozivzdorná ocel, sklo apod. Teplota vzorku musí být spolu s místním tlakem v celém zařízení udržována na hodnotách, při kterých se zamezí kondenzaci vody.

Upozornění: Naznačené provozní specifikace platí obecně pro analyzátoř pracující v plném rozsahu stupnice. Při použití částečné stupnice mohou být chyby při odečtu procentuálně významně větší. Význam takového vzrůstu musí být uvážěn při přípravě měření. Pokud je nezbytné lepší provedení, musí být přijata příslušná opatření.

5.4.1.3 Hlavními provozními specifikacemi stanovenými pro přístroj pracující za okolní teploty s odchylkou ± 2 °C musí být následující:

- a) *Celkový rozsah:* 0 až 2 500 ppm na příslušné stupnici;
- b) *Rozlišení:* lepší než 0,5 % celé stupnice použitého rozsahu nebo 1 ppm, podle toho, která hodnota je větší;
- c) *Opakovatelnost:* lepší než ± 1 % celé stupnice použitého rozsahu nebo ± 1 ppm, podle toho, která hodnota je větší;
- d) *Stabilita:* lepší než ± 2 % celé stupnice použitého rozsahu nebo ± 1 ppm, podle toho, která hodnota je větší v intervalu 1 hodiny;
- e) *Posun nuly:* méně než ± 1 % celé stupnice použitého rozsahu nebo ± 1 ppm, podle toho, která hodnota je větší v intervalu 1 hodiny;
- f) *Šum:* 0,5 Hz a více, méně než $\pm 1,0$ % celé stupnice použitého rozsahu nebo ± 1 ppm, podle toho, která hodnota je větší v intervalu 2 hodin;
- g) *Interference:* potlačení vzorků obsahujících CO₂ a vodní páru musí být následující:
 - 1) méně než 0,5 % odečtu / % koncentrace plynu CO₂;
 - 2) méně než 0,1 % odečtu / % koncentrace plynu vodní páry.

Pokud nelze docílit omezení interference pro CO₂ a/nebo vodní páru, musí být stanoveny, hlášeny a aplikovány příslušné korekční faktory pro **vlivy interference**;

5.4.1.4 Pokud jsou splněny limity interference pro CO₂ a/nebo vodní páru, ~~Vždy by~~ měly by být použity korekční faktory pro ~~omezení~~ interference způsobené CO₂ a vodní párou.

Poznámka: Metody pro použití příslušných korekčních faktorů pro vlivy interference jsou obsaženy v Dodatku A, oddílech 3 a 4.

- a) *Doba odezvy:* nesmí do dosažení 90 % konečného odečtu přesáhnout 10 sekund od vstupu vzorku do analytického systému;
- b) *Linearita:* lepší než ± 2 % celé stupnice nebo ± 2 ppm, podle toho, která hodnota je větší;
- c) *Konvertor:* musí být navržen a provozován takovým způsobem, aby byl NO₂ přítomný ve vzorku zredukován na NO. Konvertor nesmí ovlivnit množství NO původně přítomného ve vzorku.

Účinnost konvertoru nesmí být menší než 90 %. Tato hodnota účinnosti musí být použita při přepočítávání hodnoty naměřeného množství NO₂ ve vzorku (tj. [NOx]_c – [NO]) na hodnotu, které by bylo dosaženo, kdyby účinnost konvertoru nebyla 100 %.

M_{vzduch}	molekulární hmotnost suchého vzduchu = 28,966-854 g nebo, kde je to vhodné, = $(32 [\text{O}_2]_b + 28,1564-0134 [\text{N}_2]_b + 44,0110 [\text{CO}_2]_b)$ g	x	počet C atomů v charakteristické uhlovodíkové molekule výstupních plynů
		y	počet H atomů v charakteristické uhlovodíkové molekule výstupních plynů
M_{HC}	molekulární hmotnost uhlovdíků ve výstupních plynech, brána jako $\text{CH}_4 = 16,043$ g	Hodnota n/m, poměr atomárního vodíku a atomárního uhlíku v použitém palivu, je určena analýzou typu paliva. Vlhkost okolního vzduchu h musí být měřena při každém nastavení režimu motoru. V případě chybějící charakterizace (x, y) uhlovdíků výstupních plynů se používají hodnoty $x = 1$, $y = 4$. Pokud se využívá měření suchého nebo polosuchého CO a CO_2, musí být jejich hodnoty nejdříve převedeny na koncentrace plynu za mokra. <i>Poznámka: Metody převodu na ekvivalentní koncentrace plynu za mokra jsou uvedeny v Dodatku A, oddílech 3 a 4.</i>	
M_{CO}	molekulární hmotnost CO = 28,011 g		
M_{NO_2}	molekulární hmotnost $\text{NO}_2 = 46,008$ g		
M_{C}	atomová hmotnost uhlíku = 12,011 g		
M_{H}	atomová hmotnost vodíku = 1,008 g		
$[\text{O}_2]_b$	objemová koncentrace plynu O_2 v suchém vzduchu = 0,20953	7.1.3 Korekce emisních indexů na referenční podmínky	
$[\text{N}_2]_b$	objemová koncentrace plynu N_2 a vzácných plynů v suchém vzduchu = 0,79023		
$[\text{CO}_2]_b$	objemová koncentrace plynu CO_2 v suchém vzduchu = 0,00034	7.1.3.1 Korekce naměřených emisních indexů motoru musí být provedeny při odchylkách aktuální vstupní teploty a tlaku vzduchu pro měření od referenčních atmosférických podmínek (za podmínek ISA) pro všechny znečišťující látky a pro všechny příslušné režimy motoru. Tam, kde je to vhodné, mohou být také tyto korekce použity k zahrnutí odchylek zkoušeného motoru od referenčního standardního motoru (viz ust. 1, písm. f) Doplňku 6). Referenční hodnota vlhkosti musí být 0,00634 kg vody na kg suchého vzduchu.	
$[\text{HC}]$	průměrná objemová koncentrace plynů uhlovdíků ve výstupních plynech, mokrého, vyjádřená na uhlík		
$[\text{CO}]$	průměrná objemová koncentrace plynu CO ve vzorku výstupních plynů, mokrého		
$[\text{CO}_2]$	průměrná objemová koncentrace plynu CO_2 ve vzorku výstupních plynů, mokrého		
$[\text{NO}_x]$	průměrná objemová koncentrace plynu NO a NO_2 ve vzorku výstupních plynů, mokrého = $[\text{NO} + \text{NO}_2]$		
$[\text{NO}]$	průměrná objemová koncentrace plynu NO ve vzorku výstupních plynů, mokrého	Potom EI přepočtené = $K \times \text{EI}$ měřené, kde zobecněný výraz pro K je: $K = (P_{\text{Bref}} / P_B)^a \times (FAR_{\text{ref}} / FAR_B)^b \times \exp([T_{\text{Bref}} - T_B] / c) \times \exp(d[h_{\text{mass}} - 0.00634])$	
$[\text{NO}_2]$	průměrná objemová koncentrace plynu NO_2 ve vzorku výstupních plynů, mokrého = $\frac{([\text{NO}_x]_c - [\text{NO}])}{\eta}$	P_B	tlak na vstupu do spalovací komory, měřený
$[\text{NO}_x]_c$	průměrná objemová koncentrace plynu NO ve vzorku výstupních plynů po průchodu konvertorem NO_2/NO , mokrého	T_B	teplota na vstupu do spalovací komory, měřená
η	účinnost konvertoru NO_2/NO	FAR_B	poměr palivo/vzduch ve spalovací komoře
h_{vol}	vlhkost okolního vzduchu, obj. vody/obj. suchého vzduchu	h_{mass}	vlhkost okolního vzduchu, kg vody/kg suchého vzduchu
m	počet C atomů v charakteristické molekule paliva	P_{ref}	tlak za podmínek ISA
n	počet H atomů v charakteristické molekule paliva	T_{ref}	teplota za podmínek ISA
		P_{Bref}	tlak na vstupu do spalovací komory měřeného motoru (nebo referenčního motoru, pokud jsou data přepočítávána na referenční motor) související s T_B za podmínek ISA.
		T_{Bref}	teplota na vstupu do spalovací komory měřeného motoru za podmínek ISA (nebo referenčního motoru, pokud jsou data přepočítávána na referenční

DOPLNĚK 7 – PŘÍSTROJOVÉ VYBAVENÍ A METODY MĚŘENÍ PRO EMISE PEVNÝCH ČÁSTIC NETĚKAVÝCH LÁTEK

1. ÚVOD

Poznámka: Postupy v tomto doplňku se týkají získávání reprezentativních vzorků pevných částic netěkavých látek (nvPM) z výstupních plynů turbínových motorů a jejich transportu a analýzy pomocí systému pro odběr vzorků a měření nvPM. Postupy se neaplikují na motory s přídavným spalováním.

2. DEFINICE, ZKRATKY A SYMBOLY

2.1 Definice

Výrazy a symboly použité v tomto doplňku mají následující význam:

Aerodynamický průměr částice (Aerodynamic diameter of a particle)

Průměr ekvivalentní kulové částice jednotkové hustoty, která má stejnou rychlost usazování jako příslušná částice, také odkazovaná jako „klasický aerodynamický průměr“.

Cyklonový separátor (odlučovač) (Cyclone separator)

Separace částic větších, než je předepsaný aerodynamický průměr, pomocí rotace a gravitace. Určený mezní aerodynamický průměr se pojí s procentem částic konkrétní velikosti, které cyklonovým odlučovačem projdou.

Čas náběhu (Rise time)

Čas potřebný k tomu, aby výstupní signál dosáhl z 10 % na 90 % konečné změny signálu na výstupu, je-li na automatický měřicí systém v počátečním základním stavu nárazově aplikován referenční materiál. (Tento pojem je použitelný pouze v případě online analyzátoru.)

Číselný emisní index částic (Particle number emission index)

Počet vypouštěných částic vztažený na jednotku hmotnosti použitého paliva.

Číselná koncentrace částic (Particle number concentration)

Počet částic v jednotkovém objemu vzorku.

Dílů na jeden milion (Parts per million (ppm))

Objemová jednotka koncentrace plynu na milion objemových jednotek směsi plynu, jejíž je částí.

Elementární uhlík (EC) (Elemental carbon)

Uhlík absorbující světlo, který není, s výjimkou lehkého zuhelnatění, ze vzorku filtru při zahřátí na 870 °C v inertní atmosféře během TOT analýzy odstraněn.

Hmotnostní emisní index částic (Particle mass emission index)

Hmotnost vypouštěných částic vztažená na jednotku hmotnosti použitého paliva.

Hmotnostní koncentrace částic (Particle mass concentration)

Hmotnost částic v jednotkovém objemu vzorku.

Kalibrační plyn (Calibration gas)

Vysoce čistý referenční plyn, který se používá na seřízení, nastavení a pravidelné kontroly přístroje.

Katalytický striper (CS) (Catalytic Stripper)

Katalytické zařízení, které odstraňuje těkavé chemické látky prostřednictvím oxidace.

Koncentrace plynu (Gas concentration)

Objemová frakce zájmové složky v plynné směsi.

Odezva (Response)

Změna ve výstupním signálu přístroje, která se vyskytne při změně koncentrace plynu vzorku.

Opakovatelnost (Repeatability)

Blízkost, s jakou mohou být provedena měření daného stejného vzorku během krátkého období opakována bez jakéhokoliv zásahu do nastavení přístroje.

Organický uhlík (OC) (Organic carbon)

Uhlík odpařený v atmosféře hélia při zahřátí vzorku filtru z křemičitých vláken během TOT analýzy na 870 °C. Včetně zuhelnatění tvořícího se v průběhu pyrolýzy některých materiálů.

Penetrační podíl (Penetration fraction)

Poměr koncentrace částic za a před prvkem systému pro odběr vzorků.

Pevná částice netěkavé látky (nvPM) (Non-Volatile Particulate Matter)

Vypouštěné částice, které se nacházejí v rovině výfuku trysky výstupních plynů turbínového motoru, které se při ohřátí na teplotu 350 °C neodpařují.

Průměr elektrické pohyblivosti (mobility) částice (Electrical mobility diameter of a particle)

Průměr kulové částice, která má v elektrickém poli stejnou pohyblivost jako příslušná částice.

Přesnost (Accuracy)

Blízkost, se kterou se hodnoty získané měřením přibližují ke skutečné hodnotě stanovené nezávisle.

Příslušná laboratoř (Competent laboratory)

Zkušební a kalibrační laboratoř, která má stanovený, zavedený a udržovaný systém jakosti odpovídající rozsahu svých činností, v souladu s normou Mezinárodní organizace pro normalizaci ISO/IEC 17025:2005, ve znění pozdějších změn, nebo rovnocennou normou, a pro kterou je navržen a provozován program cejchování vybavení tak, aby bylo zajištěno, že cejchování a měření provedená touto laboratoří jsou navázána na Mezinárodní soustavu jednotek (SI). Úřední akreditace laboratoře podle ISO/IEC 17025:2005 se nevyžaduje.

Rozlišení (Resolution)

Nejmenší změna v měření, která může být detekována.

Stabilita (Stability)

Blízkost, s jakou mohou být opakována měření daného stejného vzorku po určitém časovém období.

Systém jakosti (Quality system)

Systém řízení, v němž má příslušná laboratoř zdokumentovány své zásady, systémy, programy, postupy a instrukce v rozsahu potřebném k zajištění jakosti výsledků zkoušky a/nebo kalibrace.

Velikostní rozdělení částic (Particle size distribution)

Seznam hodnot nebo matematická funkce reprezentující číselnou koncentraci částic v závislosti na velikosti.

Zdroj aerosolu po hoření difúzního plamene (Diffusion flame combustion aerosol source)

Zařízení využívající spalování difúzním plamenem za použití daného paliva, které generuje pevné částice ve vzduchu.

Ztráty částic (Particle loss)

Ztráty částic v průběhu transportu napříč systémem pro odběr vzorků. Tyto ztráty jsou zapříčiněny nejrozličnějšími mechanismy sedimentace, z nichž některé závisí na velikosti.

2.2 Zkratky

CPC	Kondenzační čítač částic <i>Condensation Particle Counter</i>
EC	Elementární uhlík <i>Elemental Carbon</i>
FS	Celý rozsah stupnice analyzátoru <i>Full Scale range of the analyser</i>
GL	Kapilára pro plynné emise <i>Gas Line</i>
HEPA	Vzduchový filtr s vysokou účinností zachytávání částic <i>High efficiency particle air filter</i> (třídy H13, odstraňuje nejméně 99,97 % částic dioctyl ftalátu (o průměru 0,3 µm))
ID	Vnitřní průměr <i>Internal diameter</i>
ISA	Mezinárodní standardní atmosféra <i>International Standard Atmosphere</i> (ISO 253:1975)
LOD	Mez detekce <i>Limit of Detection</i>
NMI	Národní metrologický institut <i>National Metrology Institute</i>
nvPMmi	Přístroj pro měření hmotnostního obsahu pevných částic netěkavých látek <i>Non-volatile particulate matter mass instrument</i>
nvPMni	Přístroj pro měření číselného obsahu pevných částic netěkavých látek <i>Non-volatile particulate matter number instrument</i>
nvPM	Pevné částice netěkavých látek <i>Non-volatile particulate matter</i> (viz definice)
slpm	Standardní litry za minutu <i>(Standard litres per minute)</i> (Litry za minutu za STP)

STP	Stav přístroje za standardní teploty 0 °C a tlaku 101,325 kPa <i>Instrument condition at standard temperature 0°C and pressure 101.325 kPa</i>
TOT	Metoda termo-optické transmisie <i>Thermal-optical transmission method</i>
VPR	Separátor těkavých částic <i>Volatile Particle Remover</i>

2.3 Symboly

[CO]	průměrná objemová koncentrace plynu CO ve vzorku výstupních plynů, mokrého
[CO ₂]	průměrná objemová koncentrace plynu CO ₂ v nezředěném vzorku výstupních plynů, mokrého
[CO ₂] _b	objemová koncentrace plynu CO ₂ v suchém vzduchu = 0,00043
[CO ₂] _{dil1}	průměrná objemová koncentrace plynu CO ₂ po prvním stupni ředění, mokrého
[CO ₂] _{dil2}	průměrná objemová koncentrace plynu CO ₂ po druhém stupni ředění, mokrého
[CO ₂] _s	Průměrná objemová koncentrace plynu CO ₂ v odebraných výstupních plynech, mokrého, polosuchého nebo suchého
DF	faktor ředění = (koncentrace vzorku před zředěním) / (koncentrace vzorku po zředění) $\frac{\text{objem nezředěného vzorku}}{\text{objem zředěného vzorku}}$
DF ₁	faktor ředění prvního stupně $= \frac{[CO_2]}{[CO_2]_{dil1}}$
DF _{1,s}	faktor ředění prvního stupně vypočítaný pomocí přímo odebraného [CO ₂] _s a [CO ₂] _{dil1}
DF ₂	faktor ředění druhého stupně (VPR) podle kalibrace příslušnou laboratoří
D _m	průměr elektrické pohyblivosti (mobility) nvPM, nm
D _{xy} , při z nm	aerodynamický průměr, při němž je detekováno xy % (účinnost detekce) částic velikosti z
E _{lmass}	hmotnostní emisní index nvPM opravený o termoforetické ztráty ve sběrné části a složení paliva, v miligramech/kg paliva
E _{lnum}	číselný emisní index nvPM opravený o termoforetické ztráty ve sběrné části a složení paliva, v počtu/kg paliva
F	tah pro daný provozní režim
H	obsah vodíku v palivě (hm. %)
[HC]	průměrná objemová koncentrace plynů uhlovodíků ve vzorku výstupních plynů, mokrého, vyjádřená na uhlík

k_{fuel_M}	korekční faktor složení paliva pro hmotnostní emisní index nvPM		výfuku trysky výstupních plynů motoru, °C
k_{fuel_N}	korekční faktor složení paliva pro číselný emisní index nvPM	t_{90}	90% doba odezvy (doba mezi změnou koncentrace na vstupu a tím, kdy detektor dosáhne 90 % svého konečného signálu)
k_{thermo}	korekční faktor termoforetických ztrát ve sběrné části	α	atomový poměr H/C v palivu = n/m , kde C_mH_n je ekvivalentní uhlovodík reprezentující palivo použité při zkoušce a vyhodnocený vzhledem k analýze typu paliva motoru
[NO]	průměrná objemová koncentrace plynu NO ve vzorku výstupních plynů, mokrého	$\eta_{VPR}(D_m)$	penetrační podíl částic VPR pro částice s D_m
[NO ₂]	průměrná objemová koncentrace plynu NO ₂ ve vzorku výstupních plynů, mokrého		
[NOx]	průměrná objemová koncentrace plynů NO a NO ₂ ve vzorku výstupních plynů, mokrého= [NO + NO ₂]		
M_C	atomová hmotnost uhlíku = 12,011		
M_H	atomová hmotnost vodíku = 1,008		
m	počet atomů C v charakteristické molekule paliva		
n	počet atomů H v charakteristické molekule paliva		
$nvPM_{mass}$	hmotnostní koncentrace nvPM za stavu přístroje STP, opravená o ztráty ředěním a termoforetické ztráty ve sběrné části systému pro odběr vzorků, $\mu g/m^3$		
$nvPM_{mass_STP}$	hmotnostní koncentrace zředěných nvPM za stavu přístroje STP, $\mu g/m^3$		
$nvPM_{num_STP}$	číselná koncentrace zředěných nvPM za stavu přístroje STP, počet/cm ³		
T_{line}	teplota stěny potrubí pro transport vzorku		
T_1	teplota stěny vstupu dilutoru kovu rozdělovače 1, °C		
T_{EGT}	na motoru měřená nebo z výkonu odvozená teplota plynů v rovině		

3. POŽADOVANÁ DATA

3.1 Emise nvPM

3.1.1 Pro výpočet hmotnostních a číselných emisí nvPM musí být stanoveny následující koncentrace:

- hmotnostní obsah nvPM: $nvPM_{mass_STP}$
- číselný obsah nvPM: $nvPM_{num_STP}$
- oxid uhlíčitý (CO₂): [CO₂] a [CO₂]_{dil1}
- oxid uhelnatý (CO): [CO]
- uhlovodíky (HC): [HC]
- oxidy dusíku (NOx): [NOx], [NO], [NO₂]

Poznámka: Poradenský materiál týkající se požadovaných dat je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

3.1.2 Pro účely kontroly provozuschopnosti systému musí být stanovena následující emise:

- oxid uhlíčitý (CO₂): [CO₂]_s

3.2 Další informace

Za účelem normalizace dat z měření emisí a stanovení charakteristik měřeného motoru musí být poskytnuty doplňující informace uvedené v ust. 3.2 Doplňku 3 a data v tabulkách A7-1 a A7-2.

Tabulka A7-1. Požadavky na nvPM v okolním prostředí

Požadované údaje	Jednotky
Hmotnostní koncentrace nvPM v okolním prostředí ($nvPM_{mass_STP}$)	$\mu g/m^3$
Číselná koncentrace nvPM v okolním prostředí ($DF_2 \times nvPM_{num_STP}$)	částice/cm ³

Tabulka A7-2. Požadavky na parametry měření a systému vzorkování nvPM

Parametr	Jednotka
Teplota na vstupu sondy ($T_{\text{engine_exit}}$) (Ekvivalentní na základě výkonu předpovězené teplotě výstupních plynů motoru T_{EGT})	°C
Naměřená teplota kovu rozdělovače na vstupu dilutoru 1 (T_1)	°C
Jednotlivé průtoky (Naměřené u modulu 3 a modulu 4; praktický odhad u modulu 1, modulu 2)	slpm
Jednotlivé vnitřní průměry trubek potrubí pro moduly 1 až 4	mm
Jednotlivé délky pro moduly 1 až 4	m
Jednotlivé teploty stěn trubek potrubí pro moduly 1 až 4	°C
Celkový úhel ohnutí trubice pro transport vzorků modulu 1	stupně
Mezní průměr D_{50} cyklonového separátoru (specifikace výrobce)	nm
Ostrost cyklonového separátoru (specifikace výrobce)	desetiný zlomek
Čtyři hodnoty penetrace dilutoru 1 (viz ust. 7.2.5, Tabulka A7-4)	desetiný zlomek
Čtyři hodnoty penetrace při kalibraci VPR (viz ust. 9.1.1.6, Tabulka A7-9)	desetiný zlomek
Dvě efektivnosti počítání částic při kalibraci CPC	desetiný zlomek
Faktor ředění prvního stupně, DF_1	
Faktor ředění druhého stupně (VPR), DF_2	
Hmotnostní koncentrace částic opravená o DF_1 : $DF_1 \times \text{nvPM}_{\text{massSTP}}$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
Číselná koncentrace částic opravená o DF_1 a DF_2 : $DF_1 \times DF_2 \times \text{nvPM}_{\text{numSTP}}$	částice/ cm^3

Poznámka 1: Moduly systému pro odběr vzorků a měření nvPM jsou popsány na Obr. A7-1 a v Tabulce A7-3.

Poznámka 2: Poradenský materiál týkající se měření teploty stěn potrubí pro modul 2 je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

4. OBECNÉ USPOŘÁDÁNÍ SYSTÉMU PRO ODBĚR VZORKŮ A MĚŘENÍ nvPM

4.1 Systém pro odběr vzorků a měření nvPM

4.1.1 Systém pro odběr vzorků a měření nvPM se musí skládat ze tří částí, rozdělených do pěti modulů:

- sběrná část (modul 1)
- přenosová část (moduly 2, 3 a 4)
- měřicí část (modul 5).

Poznámka 1: Přehledný popis systému pro odběr vzorků a měření nvPM je uveden na Obrázku A7-1 a v Tabulce A7-3.

Poznámka 2: Podrobnější požadavky a doporučení pro každý modul systému jsou uvedeny v ust. 7, 8, 9 a 10 tohoto doplňku.

4.1.2 Moduly 1 až 4 musí splňovat následující požadavky:

- Potrubí pro transport vzorků musí být, pokud možná, přímá.
- Celková délka potrubí pro transport vzorků od špičky sondy po vstup měřicího přístroje nesmí překročit 35 m. Tato celková délka se rovná součtu maximálních přípustných délek jednotlivých modulů pro odběr vzorků. Podrobné požadavky týkající se délek jsou uvedeny v ust. 7 tohoto doplňku a uvedeny na Obrázku A7-1.

4.1.3 Následně jsou uvedena doporučení pro moduly 1 až 4:

- Počty armatur by měly být co nejnižší a ty by měly být vyrobeny z nerezové oceli s hladkým vývrtem.
- Počty přepážkových spojek by měly být co nejnižší a ty by měly být tepelně izolované, aby se minimalizovaly teplotní gradienty.

Poznámka: Poradenský materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

4.1.4 Moduly 2 až 4 musí splňovat následující požadavky:

- Jakékoli nezbytné oblouky potrubí pro transport vzorků musí mít poloměry větší, než je 10násobek ID potrubí.
- Nesmí zde být vpřed směřující slepá ramena delší než je 15 % ID.
- Změny ID potrubí pro transport vzorků větší než 15 % se vyskytnou pouze na rozhraní rozdělovače průtoků.
- Rozdíly ID menší nebo rovné 15 % se nepovažují za změnu.

4.1.5 U modulů 2 až 4 by mělo být potrubí pro transport vzorků přes armatury aktivně ohříváno. Pokud to není prakticky možné, mělo by být potrubí pro

transport vzorků ohříváno co možná nejbližší před dalším ohříváním prvkem a v šířce armatury tepelně izolováno.

4.2 Sběrná část

4.2.1 Modul 1 se skládá z technického vybavení sondy/hřebenové sondy a spojovacího potrubí. To musí splňovat následující požadavky:

- a) Odběrová sonda musí být z nerezové oceli nebo jiného materiálu nereaktivního za vysokých teplot.
- b) Pokud je používána odběrová sonda s otvory pro vícenásobný odběr vzorku:
 - 1) musí mít všechny otvory pro odběr vzorku stejný průměr; a
 - 2) konstrukce odběrové sondy musí být taková, aby nejméně 80 % celkového poklesu tlaku na sondě bylo uskutečněno již na otvorech sondy.
- c) Počet vzorkovaných poloh nesmí být menší než 12.
- d) Rovina odběru vzorků musí být pokud možno s ohledem na výkonnost motoru co nejbližší k výstupní rovině výstupní trysky motoru, ale v každém případě musí být vzdálená maximálně ve vzdálenosti poloviny průměru trysky od výstupní roviny.
- e) Žadatel musí prostřednictvím podrobných měření poskytnout certifikačnímu úřadu důkazy, že navrhovaná konstrukce a poloha sondy zajišťuje odběr reprezentativního vzorku pro každé předepsané nastavení tahu motoru.

Poznámka: Poradenský materiál týkající se postupů pro reprezentativní měření je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

4.3 Přenosová část

4.3.1 Na vstupu do modulu 2 musí sestava rozdělovací komory (rozdělovače) rozdělit vzorek mezi potrubí přenosové části, kapiláru pro plynné emise (GL) pro měření neřaděných koncentrací CO₂, CO, HC, NO_x a potrubí pro odvod přebytečného vzorku.

Poznámka: Toto uspořádání rovněž umožňuje využití GL k měření kouřového čísla, je-li to vyžadováno, jak je uvedeno v Doplnku 2.

4.3.2 Přenosová část musí být uspořádána tak, aby vzorek nvPM:

- a) procházel dilutorem 1, ejektorovým ředicím systémem, který vede, rozděluje a ochlazuje vzorek;
- b) procházel modulem 3;
- c) procházel před vstupem do měřicí části v modulu 5 cyklonovým odlučovačem a rozdělovací komorou 2 v modulu 4.

4.4 Měřicí část

4.4.1 Měření hmotnostního obsahu nvPM

4.4.1.1 Přístroj nvPMmi musí splňovat požadavky ust. 8.1 tohoto doplňku.

4.4.1.2 Musí být uchovávána dokumentace pro každý nvPMmi tovární značky a typu ~~musí mít osvědčení vydané~~ vydaná výrobcem přístroje nebo jinou příslušnou zkušební a kalibrační laboratoří, která potvrzuje, že daná tovární značka a typ nvPMmi splňuje provozní specifikace uvedené v Tabulce A7-5 tohoto doplňku.

4.4.2 Měření číselného obsahu nvPM

4.4.2.1 VPR a nvPMni (CPC) musí splňovat požadavky v ust. 9.1 tohoto doplňku.

4.4.2.2 Číselná koncentrace nvPM musí být určena pomocí systému sestávajícího ze separátoru těkavých částic (VPR) a kondenzačního čítače částic (CPC) (nvPMni) v sériovém zapojení. VPR zahrnuje ředicí systém (DF₂) a zařízení na odstraňování těkavých částic.

4.4.2.3 Musí být uchovávána dokumentace pro každý VPR a CPC tovární značky a typu ~~musí mít osvědčení vydané~~ vydaná výrobcem přístroje nebo jinou příslušnou zkušební a kalibrační laboratoří, která potvrzuje, že daná tovární značka a typ zařízení splňuje provozní specifikace uvedené v ust. 9.1 tohoto doplňku.

4.4.3 Doplnkový přívod

- a) K udržování konstantního průtoku vzorku modulem 3 a zajištění řaděného vzorku pro měření koncentrace CO₂ se použije doplnkový přívod.
- b) Doplnkový přívod musí obsahovat čerpadlo, regulátor průtoku a analyzátor CO₂.
- c) Aby nedošlo k poškození komponentů, měl by být před regulátorem průtoku umístěn filtr pevných částic.

ZÁMĚRNĚ NEPOUŽITO

Tabulka A7-3. Přehledná terminologie týkající se systému pro odběr vzorků a měření nvPM

Terminologie		Popis
Modul 1	Odběrová sonda	Jednobodové nebo vícebodové hřebenové technické vybavení používané k získání reprezentativního vzorku výstupních plynů motoru letadla.
	Spojovací potrubí	Délka potrubí k přenosu vzorku ze sondy po vstup do rozdělovací komory 1.
Modul 2	Rozdělovací komora (rozdělovač) 1	Sestava rozdělující proud umožňující řízenou separaci vzorků do vzorkovacích systémů jak částic, tak plynů. Rovněž zajišťuje proud (přebytečný vzorek) umožňující snižovat a ovládat tlak v potrubí pro odběr vzorků.
	Regulační ventil tlaku P_1	Ventil používaný k řízení tlaku na vstupu dilutoru 1.
	P_1	Vstupní tlak dilutoru 1; ovládaný regulačním ventilem tlaku, pokud je P_1 vyšší než tlak okolní.
	T_1	Teplota kovu rozdělovače 1 vzorkovací trubice na vstupu dilutoru 1 potřebná pro výpočet termoforetických ztrát částic v modulech 1 a 2.
	Izolační ventil 1	Umožňuje izolovat systém částic od vzorku GL a umožňuje kontrolu těsnosti přenosové části.
	Izolační ventil 2	Uzavírací ventil ředicího činidla pro dilutor 1.
	Dilutor 1	Dilutor ejektorového typu, který zajišťuje na vstupu modulu 3 tlak blízký tlaku okolí. Ředí vzorek nvPM na začátku přenosové části (ředění prvního stupně, DF_1) s cílem minimalizovat koagulaci částic a snižuje teplotu vzorku, aby se minimalizovaly termoforetické ztráty.
	Filtrovaný ředicí plyn	Stlačený plyn (dusík nebo vzduch) pro dilutor 1.
	Ohřev ředicího činidla	Ohřívá ředicí činidlo (diluent) před vstupem do dilutoru 1.
	Odvzdušnění dilutoru 1	Umožňuje ventilovat přebytečný zředěný vzorek to atmosféry s cílem udržet tlak na výstupu dilutoru 1 blízký tlaku okolí a předejít přetlakování přenosové části.
	T_2	Teplota odvzdušňovacího proudu sloužící k monitorování teploty na výstupu dilutoru 1.
GL		Kapilára pro plyné emise. Vyhřívána část sloužící k přepravě vzorku výstupních plynů za účelem měření plynových emisí.
Modul 3	Vyhřívané potrubí pro transport vzorku	Standardizovaná část pro transport vzorků. Umožňuje měření v bezpečné vzdálenosti od motoru.
Modul 4	Cyklonový odlučovač $1 \mu m$	Odstraňuje velké částice, které nevznikly spalováním, a pomáhá zabránit ucpání přístrojového vybavení.
	Rozdělovací komora (rozdělovač) 2	Sestava rozdělující proud s cílem zajistit proudy pro měření hmotnostních a číselných koncentrací nvPM a třetí proud, který zabezpečuje udržování průtoku v celkovém systému modulu 3.
Modul 5	Filtr	Částicový filtr předcházející zablokování a poškození regulátoru průtoku.
	Regulátor průtoku	Udržuje konstantní průtok modulem 3 prostřednictvím řízení průtoku doplňkového přívodu.
	Primární čerpadlo	Poskytuje sání pro doplňkový přítok.
	Analyzátor CO_2	Měření $[CO_2]_{dil1}$ ve zředěném vzorku.
	nvPMmi	Přístroj pro měření hmotnostního obsahu nvPM.
	VPR (DF_2)	Zařízení, které odstraňuje těkavé částice a dále ředí vzorek (ředění druhého stupně, DF_2) před nvPMni.
	Filtrovaný ředicí plyn	Ředicí plyn (dusík nebo vzduch) pro VPR.
	nvPMni (CPC)	Přístroj pro měření číselného obsahu nvPM, který je kondenzačním čítačem částic.

5. OBECNÉ METODY MĚŘENÍ

5.1 Kalibrace a údržba

5.1.1 Veškeré přístroje musí být udržovány podle pokynů výrobce.

5.1.2 Systém pro odběr vzorků a měření nvPM

Kalibrace a údržba systému pro odběr vzorků a měření nvPM musí být prováděna následovně, nejméně jednou ročně nebo dle doporučení výrobce:

- a) Sběrná nádrž cyklonového separátoru musí být vyprázdněna a vyčištěna.
- b) Výstupní tryska dilutoru 1 musí být vyčištěna.
- c) Regulátor průtoku doplňkového přívodu a vstupní průtoky pro nvPMmi, nvPMni, VPR musí být kalibrovány průtokoměrem navázaným na NMI.
- d) Všechny kalibrované průtoky by měly být v rozmezí 5 % FS.
- e) Převodníky tlaku musí být kalibrovány tlakovým převodníkem navázaným na NMI.
- f) Všechna kalibrovaná měření tlaku by měla být v rozmezí 2 % FS.

5.1.3 nvPMmi

- a) Přístroj nvPMmi musí být každoročně kalibrován příslušnou laboratoří, aby splňoval kalibrační požadavky předepsané v ust. 8.5 tohoto doplňku.
- b) Po změnách hardwaru nebo softwaru nvPMmi, které ovlivňují sběr a zpracování dat, musí přístroj nvPMmi splňovat požadavky ust. 8.1 tohoto doplňku.

Poznámka: Poradenský materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

5.1.4 VPR

- a) VPR musí být každoročně kalibrován příslušnou laboratoří, aby splňoval kalibrační požadavky předepsané v ust. 9.2.1 tohoto doplňku.
- b) Pokud VPR zahrnuje katalytický stripér, musí interval jeho výměny splňovat pokyny výrobce.
- c) Po změnách hardwaru nebo softwaru VPR, které ovlivňují sběr a zpracování dat, musí VPR splňovat požadavky v ust. 9.1.1 tohoto doplňku

5.1.5 nvPMni (CPC)

- a) Přístroj nvPMni musí být každoročně kalibrován příslušnou laboratoří, aby splňoval kalibrační požadavky předepsané v ust. 9.2.2 tohoto doplňku.
- b) Pracovní kapalinou nvPMni musí být n-butanol, který je měněn dle pokynů výrobce.
- c) Po změnách hardwaru nebo softwaru nvPMni, které ovlivňují sběr a zpracování dat, musí přístroj nvPMni splňovat požadavky v ust. 9.1.3 tohoto doplňku.

Poznámka: Poradenský materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

5.1.6 Analyzátory plynů

- a) Kalibrace analyzátorů CO₂, CO, HC a NO_x se musí řídit postupy Doplňku 3.

- b) Znečištění CO₂ nulového kalibračního plynu pro analyzátor CO₂ za dilutorem 1 musí být nižší než 10 ppm.

Poznámka: Specifikace znečištění CO₂ pro analyzátor CO₂ za dilutorem 1 se liší od ust. 6.2 Doplňku 3.

- c) Ředicí činidlo dilutoru 1 by mělo být shodné s nulovým kalibračním plynem použitým pro analyzátor CO₂.

5.2 Chod motoru

5.2.1 Motor musí být uveden do chodu na statickém zkušebním zařízení, které je vhodné a patřičně vybavené pro provedení měření s vysokou přesností.

5.2.2 Měření emisí nvPM musí být provedena při nastaveních tahu motoru předepsaných certifikačním úřadem. Motor musí být při každém měření stabilizován.

5.3 Bilance uhlíku

Každé měření musí zahrnovat kontrolu, zda poměr vzduchu a paliva stanovený z celkové koncentrace uhlíku v integrovaných vzorcích bez kouře souhlasí se stanovením založeným na poměru vzduchu a paliva pro motor v režimu poježdění a volnoběhu na zemi s přesností ±15 % a pro motor ve všech ostatních režimech s přesností ±10 %.

Poznámka: Poradenský materiál týkající se použití rovnocenného postupu je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

5.4 Provoz systému pro odběr vzorků a měření nvPM

5.4.1 Před sérií měření motoru musí být splněny následující požadavky:

- a) Pomocí postupů popsanych v ust. 10.1 a 10.2 tohoto doplňku musí být provedeny kontroly čistoty a těsnosti sběrné části.
- b) Musí být provedena kontrola faktoru ředění VPR (DF₂), jak je popsáno v ust. 10.3 tohoto doplňku.
- c) Pomocí postupu popsaneho v ust. 10.3 tohoto doplňku musí být provedena kontrola čistoty přenosové části.

Poznámka: Kontrola čistoty přenosové části slouží rovněž jako provozní kontrola nuly přístrojového vybavení nvPM.

5.4.2 Pro měření plynů v GL a za dilutorem 1 musí být přijaty následující postupy:

- a) Zavést příslušný nulový kalibrační plyn a provést jakákoli nezbytná nastavení přístroje.
- b) Zavést příslušný nulový kalibrační plyn jmenovité koncentrace 90 % FS za účelem nastavení rozsahů, které mají být použity, podle toho upravit a zaznamenat získaná nastavení.

5.4.3 V průběhu série měření motoru musí být splněny následující požadavky:

- a) Měření nvPM musí být prováděna pouze až po zahřátí a stabilizaci všech přístrojů a potrubí pro přenos vzorků.
- b) Pokud je některý z komponent nebo modul systému pro odběr vzorků nvPM nový, vyčištěný od

posledního použití nebo byl předtím používán pro jiné účely, než je odběr vzorků výfukových plynů motoru, musí před získáním měření nvPM systém pro odběr vzorků nvPM odebírat vzorky výfukových plynů motoru letadla po dobu minimálně 30 minut při jakémkoli výkonu motoru.

Poznámka 1: Odstranění ucpání ústí dilatoru 1 sazemi nepředstavuje proces čištění, jak je definován v bodě b).

Poznámka 2: Poradenský materiál týkající se zjištění kontaminace systému při měření nízkých emisí nvPM 2 je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines

- c) Musí být provedeny kontroly provozuschopnosti nvPMmi doporučené výrobcem.
- d) V případě měření číselného obsahu nvPM musí být splněny následující požadavky:
 1. Teplota vyhřívaného úseku VPR je 350 °C ±15 °C.
 2. Pokud je ve VPR použit katalytický striper, musí ředicí činidlo obsahovat nejméně 10 % O₂.
 3. Hladina pracovní kapaliny nvPMni je ve výšce požadované výrobcem.
 4. Saturátor nvPMni a kondenzátor dosáhly správných provozních teplot.
- e) Musí být provedeny kontroly provozuschopnosti nvPMni doporučené výrobcem.
- f) Pomocí postupů popsaných v ust. 10 tohoto doplňku musí být na začátku a na konci měření motoru provedena měření nvPM v okolním prostředí.

Poznámka: Měření okolí slouží rovněž jako provozní kontrola odezvy nvPMni.
- g) Na konci měření a také v intervalech ne delších než 1 hodina během měření musí být překontrolovány nulové a kalibrační body plynového analyzátoru. Pokud se některý z nich změnil o více než ±2 % FS rozsahu, musí být měření zopakováno po opětovném nastavení přístroje podle jeho specifikací.

5.4.3.1 Během spouštění a vypínání motoru by mělo dojít ke zpětnému profouknutí modulu 1 s izolovanými měřicími analyzátory.

Poznámka: Zpětné profouknutí zajistí, že nedojde k významné kontaminaci palivem systému pro odběr vzorků.

5.4.4 V průběhu měření nvPM motoru musí být splněny následující požadavky:

- a) Pokud je P₁ nižší než atmosférický tlak, musí být regulační ventil tlaku P₁ uzavřen; a pokud je zastavěn nepovinný uzavírací ventil, musí být uzavřen.
- b) Jak koncentrace CO₂ v GL, tak koncentrace CO₂ za dilutorem 1, [CO₂]_{dil1}, musí být měřeny nepřetržitě

a používány k ověření platnosti a kontrole DF₁ v reálném čase (DF_{1_s}) v rámci rozsahu 8 až 14. DF_{1_s} je definován jako:

$$DF_{1_s} = \frac{[CO_2]_s}{[CO_2]_{dil1}}$$

Poznámka: Výpočet DF_{1_s} nevyžaduje koncentraci CO₂ za mokra.

- c) Pomocí součtu průtoku doplňkového přívodu a průtoků na vstupu do nvPMmi a VPR musí být monitorován průtok vzorku 25 slpm ±2 slpm v modulu 3.
- d) Pokud jsou při požadovaném nastavení tahu chod motoru a naměřené koncentrace nvPM a [CO₂]_{dil1} stabilní, musí být zprůměrovány a zaznamenány data minimálně 30 sekund.
- e) Pokud nvPMmi postrádá měření tlaku vzorku, musí být tlak měřen a zaznamenán v místě mezi výstupem rozdělovací komory 2 a vstupem doplňkového přívodu.
- f) Pokud nvPMni postrádá měření tlaku vzorku, musí být tlak měřen a zaznamenán v místě mezi výstupem VPR a vstupem nvPMni.

6. VÝPOČTY

6.1 Rovnice pro výpočet hmotnostní koncentrace nvPM a hmotnostního a číselného emisního indexu nvPM

Tento postup se používá k výpočtu hmotnostní koncentrace nvPM a hmotnostního a číselného emisního indexu (EI) nvPM letadlových turbínových motorů spalujících uhlovodíkové palivo ve vzduchu. Všechny rovnice používají hmotnostní koncentraci nvPM a číselnou koncentraci nvPM za stavu přístroje STP. Pokud tomu tak není, musí uživatel dodržet doporučené postupy výrobce přístroje, aby byly hlášené koncentrace přepočítané na podmínky STP pro daný přístroj.

6.1.1 Hmotnostní koncentrace nvPM

Hmotnostní koncentrace nvPM (nvPM_{mass}) představuje hmotnost částic ve vzorku výstupních plynů motoru jednotkového objemu, opravenou o faktor ředění prvního stupně (DF₁) a termoforetické ztráty částic ve sběrné části. Musí být vypočítána pomocí následující rovnice:

$$nvPM_{mass} = DF_1 \times nvPM_{mass_STP} \times k_{thermo}$$

6.1.2 Hmotnostní a číselný emisní index nvPM

Hmotnostní a číselné emisní indexy nvPM (EI_{mass} a EI_{num}) představují hmotnost (v miligramech) a počet částic ve výstupních plynech motoru na hmotnost spáleného paliva (v kilogramech), opravené o příslušné ředicí faktory, termoforetické ztráty částic ve sběrné části a jejich příslušné korekční faktory složení paliva. Musí být vypočítána pomocí následujících rovnic:

$$EI_{mass} = \frac{22,4 \times nvPM_{mass_STP} \times 10^{-3}}{\left([CO_2]_{dil1} + \frac{1}{DF_1}([CO] - [CO_2]_b + [HC])\right)(M_C + \alpha M_H)} \times k_{thermo} \times k_{fuel_M}$$

$$EI_{num} = \frac{22,4 \times DF_2 \times nvPM_{num,STP} \times 10^6}{\left([CO_2]_{dil1} + \frac{1}{DF_1}([CO] - [CO_2]_b + [HC])\right)(M_C + \alpha M_H)} \times k_{thermo} \times k_{fuel,N}$$

$[CO_2]$, $[CO]$ a $[HC]$ se vypočítají.

Poznámka 1: Metody pro výpočet $[CO_2]$, $[CO]$ a $[HC]$ jsou uvedeny v Dodatku A.

Poznámka 2: Konstanta 22,4 použitá v rovnicích pro výpočet EI výše představuje objem jednoho molu vzduchu v litrech za podmínek STP po zaokrouhlení na 1 desetinné místo.

Poznámka 3: Poradenský materiál týkající se použití rovnocenného postupu je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

6.2 Korekční faktory pro emise nvPM

6.2.1 Korekce termoforetických ztrát nvPM ve sběrné části

Korekce termoforetických ztrát nvPM ve sběrné části se určí pomocí:

$$k_{thermo} = \left(\frac{T_1 + 273,15}{T_{ETG} + 273,15} \right)^{-0,38}$$

Pokud $T_{ETG} < T_1$, potom $k_{thermo} = 1$

Poznámka: Poradenský materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

6.2.2 Korekce složení paliva

Korekce složení paliva se určí pomocí:

$$k_{fuel,M} = \exp \left\{ \left(1,08 \frac{F}{F_{oo}} - 1,31 \right) (13,8 - H) \right\}$$

$$k_{fuel,N} = \exp \left\{ \left(0,99 \frac{F}{F_{oo}} - 1,05 \right) (13,8 - H) \right\}$$

Poznámka: Poradenský materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

6.3 Funkce kontrolních parametrů

EI musí být normalizovány na teplotu na vstupu do spalovací komory referenčního standardního motoru za podmínek ISA na hladině moře.

6.3.1 Definice

Referenční standardní motor: Motor, jehož konfigurace přesně odpovídá výrobnímu standardu daného typu motoru, který má plně reprezentativní provozní a výkonové charakteristiky.

F_{oo} Jmenovitý tah (viz Část I, Hlava 1, Definice)

F_n Tah v provozním režimu n pro hlášené emise nvPM (kN)

W_f Hmotnostní průtok paliva referenčního standardního motoru za podmínek ISA na hladině moře (kg/s)

W_{fn} Hmotnostní průtok paliva referenčního standardního motoru za podmínek ISA na hladině moře při LTO provozním režimu n

T_B Teplota na vstupu do spalovací komory, měřená

T_{Bref} Teplota na vstupu do spalovací komory za podmínek ISA na hladině moře pro zkoušený motor (nebo referenční motor, pokud mají být data opravena na referenční motor). Tato teplota je teplota spojená s každou úrovní tahu specifikovanou pro každý režim.

6.3.2 Hmotnostní a číselné emisní indexy nvPM musí být získány pro každý provozní režim LTO při T_{Bref} referenčního standardního motoru. Pro definování režimu volnoběhu musí být požadovány minimálně tři body pro měření. Pro každý provozní režim LTO musí být získán odpovídající průtok paliva za podmínek ISA. Pro hmotnostní a číselné indexy nvPM musí být určeny za referenčních podmínek ISA následující závislosti:

- mezi EI a T_B ; a
- mezi W_f a T_B ; a
- mezi F a T_B ;

Poznámka 1: Tyto závislosti jsou například zobrazeny na Obrázku A7-2 a), b) a c).

Poznámka 2: Vztahy b) a c) mohou být stanoveny přímo z údajů motorové zkoušky nebo mohou být odvozeny z platného provozního modelu motoru.

6.4 Postup výpočtu

Odhad EI (ve vztahu k T_B) pro hmotnostní a číselné emise nvPM v hlášených provozních režimech musí odpovídat následujícímu obecnému postupu:

- určit teplotu na vstupu do spalovací komory (T_B) (Obr. A7-2 c)) v hodnotách F_n , které odpovídají hlášeným provozním režimům n za referenčních atmosférických podmínek;
- z charakteristiky EI/ T_B (Obr. A7-2 a)) určit hodnotu EI_n odpovídající T_B ;
- z charakteristiky W_f/T_B (Obr. A7-2 b)) určit hodnotu W_f odpovídající T_B ;
- vypočítat, pro $LTO_{mass} = \sum (EI_{mass,n}) (W_{fn})(t)$, kde:
t je čas v režimu (minuty);
 W_{fn} je hmotnostní průtok paliva (kg/min); a
 Σ je součet pro sadu režimů zahrnující referenční cyklus LTO.
- vypočítat, pro $LTO_{num} = \sum (EI_{num,n}) (W_{fn})(t)$, kde:
t je čas v režimu (minuty);
 W_{fn} je hmotnostní průtok paliva (kg/min); a
 Σ je součet pro sadu režimů zahrnující referenční cyklus LTO.

Poznámka: Zatímco metodika popsaná výše je předepsaným postupem, může certifikační úřad uznat ekvivalentní matematické postupy, které využívají matematických výrazů odpovídajících zobrazeným křivkám v případě, že tyto výrazy byly odvozeny pomocí přijatelné metody pro prokládání křivek.

7. POŽADAVKY A DOPORUČENÍ TÝKAJÍCÍ SE SYSTÉMU PRO ODBĚR VZORKŮ nvPM

7.1 Modul 1: Vstup sondy – vstup rozdělovače 1

7.1.1 Modul 1 musí splňovat následující požadavky:

- Vzorek musí být dopraven od sondy k modulu 2 potrubím o vnitřním průměru 4,0 až 8,5 mm, vedeným co možná nejkratší cestou.
- Potrubí pro transport vzorků musí být udržováno na teplotě $\geq 145^\circ\text{C}$.
- Délka od vstupu sondy po vstup rozdělovače 1 musí být ≤ 8 m.

7.2 Modul 2: Vstup rozdělovače 1 – výstup dilutoru 1

7.2.1 Modul 2 musí splňovat následující požadavky:

- Modul 2 musí zahrnovat rozdělovač 1 a dilutor 1.
- Potrubí pro transport vzorků musí být z takového materiálu, který minimalizuje nárůst pevných částic nebo statické elektřiny.

Poznámka: Tyto požadavky splňuje korozivzdorná ocel nebo elektricky uzemněné polytetrafluorethyleny (PTFE) plněné uhlíkem.

- Délka modulu 2 od vstupu rozdělovače 1 po výstup dilutoru 1 nesmí přesáhnout 1 m.
- Modul 2 musí zahrnovat izolační ventil 1 za účelem provádění kontroly těsnosti kapiláry pro plynné emise (GL).

7.2.2 Rozdělovač 1 musí splňovat následující požadavky:

- Rozdělovač 1 musí být z korozivzdorné oceli.
- Teplota jádra rozdělovače 1 musí být udržována na úrovni $\geq 145^\circ\text{C}$.
- Rozdělovač 1 musí rozdělovat vzorek výstupních plynů motoru do tří proudů.
- Úhly rozděleného proudu vůči přichozímu proudu mohou být ostré, jak je prakticky proveditelné, nejvýše však 35° .
- Cesta proudu vzorku pro měření nvPM musí být co možná nejprímější a co nejkratší.
- Vnitřní geometrie rozdělovače 1 musí splňovat následující požadavky:
 - Žádná vpřed směřující slepá ramena na vnitřní stěně.
 - Žádné změny ID mezi výstupem rozdělovače 1 a vstupem dilutoru 1.
 - GL ID = 4 až 8,5 mm.
 - Vnitřní plocha průřezu potrubí odvodu přebytečného vzorku musí být $\geq$ celkové vstupní ploše hrotů sondy.

7.2.3 Izolační ventil 1 musí splňovat následující požadavky:

- Izolační ventil 1 musí být umístěn mezi výstupem rozdělovače 1 a vstupem dilutoru 1.
- Izolační ventil 1 musí být s plným vývrtem, bez vpřed směřujících slepých ramen delších než 15 % ID.
- Těsnění ventilu musí být suchá a odolná teplotě do 175°C .

7.2.4 Teplota stěny potrubí pro měření nvPM v modulu 2 ~~(T₁)~~ do vzdálenosti 5 cm od směšovací

roviny dilutoru 1 musí být udržována na úrovni $\geq 145^\circ\text{C}$, jak je uvedeno na Obr. A7-3.

7.2.4.1 Aby se minimalizovaly termoforetické ztráty v rámci modulu 2, měla by být teplota vzorku až po vstup dilutoru 1 co nejbližší teplotě T_1 , a to s použitím nastavené hodnoty regulace teploty stěny vzorkovacího potrubí $160 \pm 15^\circ\text{C}$.

Poznámka: Poradenský materiál týkající se konstrukce ohřevu modulu 2 je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

7.2.5 Dilutor 1 musí splňovat následující požadavky:

- Dilutor 1 musí být ředicí systém ejektorového typu.
- ID vstupu dilutoru 1 musí být $\geq 7,59$ mm.
- Průtok dilutorem musí být regulován dle specifikací výrobce.
- Faktor ředění dilutoru 1 v reálném čase musí být ovládán v rozmezí od 8 do 14.

Poznámka 1: Minimální faktor ředění je nezbytné pro minimalizaci koagulace nvPM, kdežto maximální je nezbytné k zajištění toho, aby byl zředěný vzorek v mezích rozsahu měření přístrojů.

Poznámka 2: DF₁ lze nastavit ovládáním P₁ pomocí regulačního ventilu tlaku na proudu odvodu přebytečného vzorku nebo nastavením průtoku ředicího plynu.

- Odvětrání dilutoru 1 musí ústít do okolního prostředí (stejně jako tlak na vstupu motoru).
- Tělo dilutoru 1 musí být vyhříváno na $60^\circ\text{C} \pm 15^\circ\text{C}$, jak je znázorněno na Obr. A7-3.
- Ředicím činidlem musí být dusík nebo vzduch, po průchodu HEPA filtrem a obsahující méně než 10 ppm CO₂.
- Ředicí činidlo musí být ohříváno, aby se zajistila teplota zředěného vzorku nvPM $60^\circ\text{C} \pm 15^\circ\text{C}$ na výstupu dilutoru 1 (T₂).
- Penetrace částic dilutoru 1 musí splňovat minimální požadavky uvedené v Tabulce A7-2.

7.2.5.1 Aby se minimalizoval vliv na provozní rozsah DF₁, měl by být pokles tlaku odvětrávacího potrubí dilutoru 1 udržován co možná nejmenší.

7.2.5.2 Měla by být zavedena bezpečnostní opatření zamezující přehřátí ohřevu ředicího činidla, pokud jím neproudí.

7.2.6 Kapilára pro plynné emise

7.2.6.1 GL a analyzátory plyných emisí musí splňovat specifikace v Doplnku 3.

Poznámka: Sběrná část (modul 1) systému pro odběr vzorků a měření nvPM splňuje specifikace Doplnku 3.

7.2.6.2 Za účelem určení nvPM EI musí být současně na GL prováděna měření plynových koncentrací CO, HC a NOx.

Poznámka: Poradenský materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

7.2.6.3 Za účelem určení $DF_{1,S}$ musí být současně s měřeními nvPM prováděna měření koncentrace CO_2 (suchého, polosuchého nebo mokrého).

7.2.7 Odvod přebytečného vzorku

7.2.7.1 Tlak v potrubí pro transport vzorků na vstupu dilutoru 1 (P_1) musí být udržován téměř na hodnotě místního okolního tlaku vzduchu za pomoci vhodného regulačního ventilu tlaku s dostatečným vnitřním průřezem. Při úplném uzavření musí být ventil schopen vzhledem k okolí udržet podtlak -75 kPa.

7.2.7.2 Aby se zabránilo zpětnému tlaku, doporučuje se za regulační ventil tlaku přidat volitelný uzavírací ventil s dostatečným vnitřním průřezem, s cílem předejít netěsnostem při subatmosférických podmínkách uvnitř rozdělovače 1.

7.3 Modul 3: Výstup dilutoru 1 – vstup cyklonového separátoru

7.3.1 Potrubí pro transport vzorků musí splňovat následující požadavky:

- Potrubí pro transport vzorků musí být z elektricky uzemněných PTFE plněných uhlíkem.
- Potrubí pro transport vzorků by mělo splňovat antistatické specifikace ISO 8031.
- ID potrubí pro transport vzorků by měl být mezi 7,59 mm a 8,15 mm.

Poznámka: S ohledem na výrobní tolerance odpovídá specifikace ID potrubí pro transport vzorků komerčně dostupnému potrubí o vnějším průměru $3/8''$ a $7/16''$, u obou o tloušťce stěny $0,035''$; a 10 mm s tloušťkou stěny 1 mm.

- Potrubí musí mít délku 24,5 m $\pm 0,5$ m, žádné nepotřebné fitinky a sestávat z maximálně tří segmentů.
- Poloměr oblouku spirálového potrubí pro transport vzorků musí být větší než 0,5 m.
- Teplota potrubí pro transport vzorků musí být pomocí aktivního ohřevu udržována na $60^\circ C \pm 15^\circ C$.
- Průtok vzorku musí být udržován na 25 slpm ± 2 slpm.

7.4 Modul 4: Vstup cyklonového separátoru – vstup měřicího přístroje

7.4.1 Cyklonový separátor

Cyklonový separátor musí splňovat následující požadavky:

- Materiál cyklonového separátoru musí být korozivzdorná ocel.
- Cyklonový separátor musí být ohříván na $60^\circ C \pm 15^\circ C$.
- Rozdíl vstupního a výstupního ID cyklonového separátoru v porovnání s ID vstupního a výstupního potrubí pro transport vzorků musí být menší než 15 %.
- Výkonnosti cyklonového separátoru při průtoku 25 slpm musí splňovat následující specifikace:
 - Mezní průměr částic: $D_{50} = 1,0 \mu m \pm 0,1 \mu m$
 - Ostrost: $(D_{16}/D_{84})^{0,5} \leq 1,25$
 - Pokles tlaku: $\Delta P \leq 2$ kPa

7.4.2 Rozdělovač 2

Rozdělovač 2 musí splňovat následující požadavky:

- Materiál těla rozdělovače 2 musí být korozivzdorná ocel
- Rozdělovač 2 musí být ohříván na $60^\circ C \pm 15^\circ C$.
- Rozdělovač 2 musí rozdělovat vzorek do tří proudů, aby přivedl zředěný vzorek nvPM k:
 - nvPMmi
 - VPR
 - doplňkovému přívodu
- Úhly rozděleného proudu vůči přichozímu proudu mohou být ostré, jak je prakticky proveditelné, nejvýše však 35° .
- Všechny cesty proudů vzorku pro měření nvPM musí být co možná nejkratší.
- Geometrie rozdělovače 2 ~~musí splňovat následující požadavky nesmí mít:~~
 - ~~1) Žádná~~ vpřed směřující slepá ramena na vnitřní stěně.
 - ~~2) Žádné změny ID mezi výstupem rozdělovače 2 a vstupem nvPMmi.~~
 - ~~3) Žádné změny ID mezi výstupem rozdělovače 2 a vstupem VPR.~~

Poznámka: Požadavky vztahující se na potrubí pro odběr vzorků jsou obsaženy v ust. 4.1.4 tohoto doplňku.

7.4.3 Rozhraní systému měření

Potrubí pro transport vzorků k nvPMmi a VPR musí splňovat následující požadavky:

- Potrubí pro transport vzorků musí být z korozivzdorné oceli nebo elektricky uzemněných PTFE plněných uhlíkem.
- Pokud je potrubí pro transport vzorků z elektricky uzemněných PTFE plněných uhlíkem, mělo by splňovat antistatické specifikace ISO 8031.
- Potrubí pro transport vzorků musí být ohříváno na $60^\circ C \pm 15^\circ C$.
- Mezi potrubím pro transport vzorků a vstupy měřicích přístrojů nesmí být změny ID.
- Celková délka potrubí od vstupu cyklonového separátoru po vstup jak nvPMmi, tak VPR musí být co možná nejkratší a nesmí překročit 3 m.

7.5 Modul 5: Měření nvPM

7.5.1 Doplnkový přívod

7.5.1.1 Komponenty doplňkového přívodu musí splňovat následující požadavky:

- Primární čerpadlo a regulátor průtoku k udržování konstantního celkového průtoku (součet průtoků doplňkového přívodu, nvPMmi a VPR) v rámci sekce 3 na úrovni 25 slpm ± 2 slpm, a to až do podtlaku 10 kPa oproti okolí;
- Analyzátor CO_2 k měření nepřetržité koncentrace CO_2 za dilutorem 1 [CO_2]_{dil1} v průběhu měření nvPM.

Poznámka 1: V závislosti na uspořádání transportu vzorku může být použito více regulátorů průtoku a více čerpadel.

Poznámka 2: Poradenský materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

7.5.1.1.1 Aby se předešlo poškození komponentů, měly by být před regulátory průtoku umístěny filtry částic.

7.5.1.2 Pokud nvPMmi nemá měření tlaku vzorku, musí být tlak měřen na výstupu směrem k doplňkovému přívodu rozdělovače 2.

7.5.1.3 Analyzátor CO₂ musí splňovat následující požadavky:

- a) analyzátor CO₂ musí být umístěn za regulátorem průtoku;
- b) analyzátor CO₂ musí splňovat provozní specifikace uvedené v Dodatku B k Doplňku 3, odstavcích „Analyzátor CO a CO₂“ a „Analyzátor CO₂“ s výjimkou bodu a).

7.5.1.3.1 Celkový rozsah analyzátoru CO₂ by měl být přibližně desetinásobně menší než analyzátoru CO₂ použitého na GL.

Tabulka A7-4: Minimální požadavky na penetrační podíly částic (účinnosti transmise) dilutoru 1

Velikost částic dle elektrické mobility (průměr)	15 nm	30 nm	50 nm	100 nm
Minimální penetrační podíl částic	80 %	90 %	90 %	90 %

8. SPECIFIKACE PRO PŘÍSTROJ MĚŘENÍ HMOTNOSTNÍHO OBSAHU nvPM A JEHO KALIBRACE

Poznámka 1: V této části Doplňku 7 se hmotnost elementárního uhlíku (EC) používá jako náhrada za hmotnost nvPM. Poradenský materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

Poznámka 2: Úplný text popisující referenční metodu měření termo-optické propustnosti (TOT) je uveden v ust. 8.2 tohoto doplňku. Tuto metodu běžně provádí kalibrační laboratoře; neočekává se, že by tento postup prováděl výrobce letadlových motorů.

Poznámka 3: V této části Doplňku 7 je použit odkaz na následující ISO: Mezinárodní organizace pro normalizaci, Air Quality - Definition and Determination of Performance Characteristics of an Automatic Measuring System (Kvalita ovzduší - Definice a určení charakteristik automatizovaného měřicího systému). Mezinárodní norma ISO 9169:2006.

8.1 Specifikace

Každá tovární značka a typ nvPMmi ~~musí mít osvědčení vydané výrobcem přístroje nebo jinou~~

~~příslušnou zkušební a kalibrační laboratoř, které potvrzuje, že splňuje tyto specifikace:~~

- a) musí mít rozsah měření 0 µg/m³ až 1000 µg/m³ nebo větší;
- b) musí mít rozlišení 1 µg/m³ nebo lepší;
- c) nesmí být citlivý na těkavé pevné částice;

Poznámka 1: Těkavá pevná částice je materiál výfukových plynů po spalování, který se odpařuje při teplotě ≤ 350 °C.

Poznámka 2: Tato specifikace je splněna, pokud nvPMmi splňuje provozní specifikaci verifikace v Tabulce A7-5.

- d) musí splňovat provozní specifikace uvedené v Tabulce A7-5.

Poznámka 1: Zatímco všechny reference v tabulce A7-5 jsou na ISO 9169, ty, které jsou označeny hvězdičkou, odkazují na provozní specifikace, na které se vztahují modifikace, jak je popsáno v ust. 8.4 tohoto doplňku.

Poznámka 2: Provozní specifikace reflektují mezní množství, která je možné ověřit pomocí termo-optické propustnosti (TOT) jako měřicí referenční metody. Metoda TOT je popsána v ust. 8.2 tohoto doplňku.

Poznámka 3: Provozní specifikace přesnost je potřebná a použije se pouze v případě postupu pro roční kalibraci popsanou v ust. 8.5 tohoto doplňku.

Tabulka A7-5. Provozní specifikace pro přístroje na měření hmotnostního obsahu nvPM

Provozní specifikace	Hodnota (menší nebo rovno)	Metoda určení
Opakovatelnost	10 µg/m ³	ISO* 6.4.5.3, jak je popsáno v ust. 8.4
Posun nuly	10 µg/m ³ /hod	ISO 6.6 (pouze pro Co), jak je popsáno v ust. 8.4
Linearita	15 µg /m ³	ISO* 6.4.5.4, jak je popsáno v ust. 8.4
Mez detekce (LOD)	1 µg/m ³	ISO* 6.4.5.5, jak je popsáno v ust. 8.4
Náběhový čas	2 sekund	ISO 6.3, jak je popsáno v ust. 8.4
Interval vzorkování	1 sekunda	ISO 2.1.7, jak je popsáno v ust. 8.4
Přesnost	± 10 %	Skon lineární regrese mezi hmotnostní koncentrací nvPM a hmotnostní koncentrací EC, jak je popsáno v ust. 8.3.2.8
Verifikace	±16 %	Verifikace přístroje a zdroje kalibrace na výstupních plynech letadlové turbíny (jak je popsáno v ust. 8.3)

8.2 Metoda termo-optické propustnosti (TOT)

Termo-optická propustnost (TOT) musí být referenční metoda měření k prokázání shody s provozními specifikacemi každé tovární značky a typu nvPMmi a jeho kalibraci. Tato metoda umožňuje určit obsah EC a OC ve vzorcích nvPM.

8.2.1 Všeobecně

8.2.1.1 Analyzátor TOT musí být buď laboratorní přístroj (s plamenově ionizačním detektorem, FID), nebo semikontinuální přístroj (s nedisperzivním infračerveným detektorem, NDIR).

8.2.1.2 Metoda TOT musí používat teplotní profil stanovený v Tabulce A7-4.

Poznámka: Poradenský materiál týkající se metody TOT je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

8.2.2 Činidla a materiály

8.2.2.1 Musí být použita následující činidla:

- Vodné roztoky sacharózy reagenční čistoty (99% nebo vyšší), zředěné ultračistou H₂O typu I, nebo rovnocenným ředicím činidlem tak, aby vznikl roztok obsahující 0,1 až 3 mg C na mililitr;
- He – o čistotě 5,0 (> 99,999 %);
- H₂ – o čistotě 4,5 (> 99,995 %);

- Nulový vzduch (s méně než 0,2 ppm uhlovodíků);
- Certifikovaná směs 10% O₂ v He; a
- Certifikovaná směs 5% CH₄ v He.

8.2.2.2 Musí být použity následující materiály:

- Pro laboratorní přístroj – kovový výsečník opatřený nástrojem pro odstranění obdélníkové části filtru o velikosti 1,0 cm² nebo 1,5 cm²;
- Pro semikontinuální přístroj – kovový výsečník opatřený nástrojem pro odstranění dvou kruhových filtrů o velikosti 2,0 cm²;
- Filtry z křemenných vláken Pall Tissuquartz™, nebo rovnocenné; a
- Injekční stříkačka o objemu 10 mikrolitrů.

8.2.2.3 Příprava filtru

V závislosti na použitém přístroji musí být filtry připraveny následovně:

- Pro ruční odběr vzorků a analýzu musí být všechny filtry z křemenných vláken před odběrem vzorků předehřívány v muflové peci při teplotě ≥ 550 °C po dobu 12 hodin; nebo ≥ 800 °C po dobu 1 hodiny až 2 hodin a uchovávány v neprodyšném obalu; nebo
- V případě semikontinuálních analyzátorů musí být filtry pro měření kondicionovány provedením alespoň kompletního měřicího cyklu, jak je popsáno v Tabulce A7-6.

Tabulka A7-6. Požadovaný teplotní profil pro cyklus analýzy metodou TOT

Nosný plyn	Teplota (°C)	Doba při teplotě (sekundy)
100% He	310	80
	475	80
	615	80
	870	110
	550	45
10% O ₂ v He	550	45
	625	45
	700	45
	775	45
	850	45
	870	60
	930	120
5% CH ₄ v He	0	120

8.2.3 Příprava vzorku

8.2.3.1 Filtr se vzorkem se musí umístit na čistý povrch z hliníkové fólie.

Poznámka: K čištění povrchu fólie lze použít isopropylalkohol nebo aceton. V takovém případě se nechá před použitím z povrchu odpařit zbytkové rozpouštědlo. Případně lze fólii před použitím vyčistit vypálením v muflové peci.

8.2.3.2 Vyseknout se musí reprezentativní část filtru. Při manipulaci s filtrem se musí dodržovat osvědčené laboratorní postupy.

8.2.4 Kalibrace a kontrola jakosti

8.2.4.1 Teplotní senzor, který kontroluje teplotu pece, musí být v rozmezí 1 roku před provedením jakýchkoli analýz TOT kalibrován pomocí přenosového standardu navázaného na etalon.

8.2.4.2 V případě použití laboratorního přístroje musí být odezva FID kalibrována. Kalibrace musí odpovídat následujícímu postupu:

- připravte si externí kalibrační standard složený z roztoku sacharózy ve vodě bez organických příměsí;
- rozpusťte 10 mikrolitrů roztoku na výseky z nového a čistého předvypáleného křemenného filtru;
- analyzujte nejméně tři slepé vzorky metody a tři vzorky roztoku sacharózy, abyste zajistili, že

kalibrace přístroje ukazuje procentuální výtěžnost 95 až 105 % teoretické hmotnosti C (μgC naměřeného/ μgC rozpuštěnému).

8.2.4.3 V případě použití semikontinuálního přístroje musí být kalibrována odezva NDIR. Kalibrace musí odpovídat následujícímu postupu:

- připravte si externí kalibrační standard složený z roztoku sacharózy ve vodě bez organických příměsí;
- rozpuštěte 10 mikrolitrů roztoku na výseky ze samostatného předem upraveného „lodkového“ filtru vloženého do spodní části křemenné semi trubičky;
- analyzujte nejméně tři slepé vzorky metody a tři vzorky roztoku sacharózy, abyste zajistili, že kalibrace přístroje ukazuje procentuální výtěžnost 95 až 105 % teoretické hmotnosti C (μgC naměřeného/ μgC rozpuštěnému).

8.2.4.4 Pokud analýzy filtru vyžadují více než jeden den, na každý den se na filtr disperguje jedna kontrola jakosti, obvykle za použití zásobního roztoku sacharózy, a provede se odpovídající analýza. Výsledky musí být v rozmezí 95 až 105 % teoretické hmotnosti uhlíku.

Poznámka: Slepým vzorkem metody je předvypálený křemenný filtr bez přídavku sacharózy, který je ale zpracován stejným způsobem.

8.2.5 Měření

Měření musí být získáno pomocí následujícího postupu:

- S analyzátozem TOT musí být zacházeno dle doporučení výrobce;
- Umístěte část vzorku do pece pro vzorky;
- Určete hmotnostní obsah EC a OC mass v μg ;

Poznámka: Výsledky analyzátoru TOT jsou uváděny v $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ uhlíku.

- Konečné výsledky vzorku musí být vždy korigovány slepým vzorkem:
 - V případě laboratorního přístroje slepý vzorek sestává z předvypálených křemenných filtrů zpracovaných stejným způsobem jako vzorky, s výjimkou toho, že filtrem neproudil žádný vzduch. Hmotnostní obsah EC na jednotku plochy $\geq 0,3 \mu\text{g}/\text{cm}^2$ ve slepém vzorku představuje kontaminaci.
 - V případě semikontinuálního analyzátoru se provede měření interní sady filtrů, aniž by filtry procházel vzorek plynu.
- Konečné výsledky vzorku musí být vždy korigovány o artefakty OC v plynné fázi. Pro tuto korekci musí být provozní podmínky (doba trvání a průtok) totožné s těmi, které byly použity při odběru vzorku. V závislosti na použitém přístroji musí být postup následující:
 - Pro laboratorní analýzy se použije sestava pro odběr vzorků tvořená teflonovým filtrem, po němž následuje předvypálený záložní křemenný filtr, nebo předvypáleným křemenným filtrem následovaným předvypáleným záložním filtrem. Záložní filtr se analyzuje, jak je předepsáno v Tabulce A7-4. Jakýkoli OC zjištěný na záložních filtrech musí být odečten od OC zjištěného na filtrech vzorku.

- Pro semikontinuální analýzy musí být teflonový filtr vložen do sestavy pro odběr vzorků před analyzátozem. Jakýkoli OC zjištěný během tohoto měření musí být odečten od OC zjištěného při měření vzorku.

8.2.6 Výpočty

Pro laboratorní přístroj:

- vynásobte nahlášený výsledný obsah EC ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$) depositní plochou filtru (cm^2), abyste vypočítali celkový hmotnostní obsah EC (μg) na každém vzorku filtru (W_{EC});
- stejný výpočet jako v bodě a) proveďte pro slepé vzorky a vypočítejte hmotnost zjištěnou v průměrném slepém vzorku (W_b); a
- vypočítejte hmotnostní koncentraci EC (C_{EC}) ve vzorkovaném objemu vzduchu za podmínek STP, V (v m^3):

$$C_{EC} = \frac{W_{EC} - W_b}{V} \quad (\mu\text{g}/\text{m}^3)$$

Poznámka 1: Semikontinuální přístroj udává hmotnostní koncentraci EC jako udávaný výsledek.

Poznámka 2: Poradenský materiál týkající se zásad metody TOT je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

8.3 Postup k prokázání vyhovění provozním specifikacím

Poznámka: Postup popsáný v tomto odstavci se používá k prokázání vyhovění provozním specifikacím každé tovární značky a typu nvPMmi.

Provozní specifikace uvedené v Tabulce A7-5 musí být prokázány pomocí metody TOT, jak je popsáno v ust. 8.2 tohoto doplňku. Měření musí být provedeno pomocí dvou následujících zdrojů: zdroj aerosolu po hoření difúzního plamene a zdroj nvPM z výstupních plynů motoru s plynovou turbínou.

8.3.1 Zdroj aerosolu po hoření difúzního plamene

Poznámka: Poradenský materiál týkající se zdroje aerosolu po hoření difúzního plamene je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

8.3.1.1 Zdroj aerosolu po hoření difúzního plamene

Pro prokázání shody nvPMmi a roční kalibraci musí být zdroj aerosolu po hoření difúzního plamene definován modelem zařízení použitého k vytvoření difúzního plamene, použitým palivem a provozním nastavením.

8.3.1.2

- Při výběru a provozu různých zdrojů aerosolu po hoření difúzního plamene je třeba postupovat opatrně, protože kalibrační faktor nvPMmi (vztah mezi odezvou přístroje a referencí TOT) se může pro různá zařízení zdroje aerosolu po hoření difúzního plamene potenciálně změnit.
- Pro prokázání shody nvPMmi s provozními specifikacemi opakovatelnosti, posunu nuly, linearity, náběhového času a přesnosti v tabulce A7-5 by měl být použit jeden zdroj aerosolu po hoření difúzního plamene.

*8.3.1.3 Zdroje aerosolu po hoření difúzního plamene
používané pro kalibraci nvPMmi*

Každý zdroj aerosolu po hoření difúzního plamene
použitý pro kalibraci nvPMmi musí prokázat shodu
s provozními specifikacemi verifikace v tabulce A7-5 při
použití ust. 8.3.2 a 8.3.3.

8.3.2 Měření pomocí zdroje aerosolu po hoření difúzního plamene

8.3.2.1 Měřicí systém musí zahrnovat:

- zdroj aerosolu po hoření difúzního plamene
- ředicí systém používající ředicí činidlo filtrované filtrem HEPA ke kontrole cílových hmotnostních koncentrací EC
- cyklonový separátor s mezním průměrem částic 1 µm před přístrojovým vybavením TOT a nvPMmi
- rozdělovací komoru splňující požadavky ust. 4.2 d) a f) Dodatku A k tomuto doplňku

Poznámka: Rovnocenný postup je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

- potrubí z korozi-vzdorné oceli nebo antistatické potrubí k propojení ručního odběrače vzorků křemenného filtru, nebo semikontinuálního analyzátoru EC/OC a nvPMmi. Veškeré potrubí musí být od bodu rozdělení po vstupy přístrojů ze stejného materiálu, stejné délky a teploty
- pokud je použito antistatické potrubí, mělo by splňovat antistatické specifikace v ISO 8031.

8.3.2.2 V závislosti na přístroji použitým pro měření TOT musí být splněny následující požadavky:

- pokud se používá ruční odběr vzorků a laboratorní analyzátor, musí být použit jeden předvypálený křemenný filtr v držáku z korozi-vzdorné oceli, který má zúženou vstupní část o polovičním úhlu $\leq 12,5^\circ$, který za skutečných provozních podmínek pracuje při rychlosti na čelní straně filtru $\leq 0,5$ m/s. Průměr depozitního filtru musí být dostatečně velký k tomu, aby umožňoval odběr nejméně jednoho výseku z každého filtru. Z odebraného vzorku každého

křemenného filtru se musí analyzovat nejméně jeden výsek; nebo

- pokud se používá semikontinuální analyzátor TOT, musí pracovat při rychlosti na čelní straně filtru $\leq 0,5$ m/s.

8.3.2.3 Měření musí být provedena na stupňovitých úrovních cílové hmotnostní koncentrace EC stanovených v Tabulce A7-7. Dosažené hmotnostní koncentrace EC musí být v rozmezí 20 % stanovených cílových hmotnostních koncentrací.

8.3.2.4 Na každé stupňovité úrovni koncentrace se musí odebrat vzorky za podobnou dobu, aby se stanovilo opakovatelné zatížení filtru EC. Zatížení filtru EC musí být 12 ± 5 µg/cm².

8.3.2.5 Doba průměrování definovaná v ISO 9169 musí být stejná jako doba sběru filtru.

8.3.2.6 Průměrný obsah EC stanovený metodou TOT musí být ≥ 80 % celkového uhlíku.

8.3.2.7 Hmotnostní koncentrace EC z metody TOT a hmotnostní koncentrace nvPMmi musí být použity k stanovení parametrů uvedených v ust. 8.4 tohoto doplňku, které prokazují vyhovění provozním specifikacím opakovatelnosti a linearit v Tabulce A7-5.

8.3.2.8 Přístroj nvPMmi se kalibruje pomocí počtu měření v tabulce A7-7 a postupu, jak je uvedeno v ust. 8.5.5 tohoto doplňku. Výsledný sklon lineární regrese mezi hmotnostní koncentrací nvPMmi a hmotnostní koncentrací EC stanovenou z TOT se použije ke stanovení provozních specifikací přesnosti v tabulce A7-5.

Tabulka A7-7. Parametry hmotnostního zatížení EC pro účely shody nvPMmi a verifikace zdroje aerosolu po hoření difúzního plamene

Cílová koncentrace (µg/m ³)	Osvědčení přístroje (počet měření)	Kalibrace s novým zdrojem aerosolu po hoření difúzního plamene (počet měření)
0 (slepý vzorek)	6	3
50	6	0
100	6	3
250	0	3
500	6	3

8.3.3 Měření pomocí zdroje nvPM z výstupních plynů motoru letadla

8.3.3.1 Toto měření se používá k prokázání provozní specifikace v Tabulce A7-7 pro verifikaci nvPMmi, s cílem ověřit kombinaci přístroje a zdroje aerosolu po hoření difúzního plamene pro kalibraci nvPMmi. Ust. 8.3.2.4 až 8.3.2.5 se musí opakovat pro zdroj nvPM z výstupních plynů motoru s plynovou turbínou pomocí měřicího systému uvedeného v ust. 8.3.2.1 c), d), e) a 8.3.2.2 a ředicího systému používajícího ředicí činidlo po průchodu filtrem HEPA.

8.3.3.2 Aby se zamezilo kondenzaci vody v potrubí pro transport vzorků, mělo by být použito dostatečné zředění.

8.3.3.3 Musí být získány minimálně čtyři datové body pro minimálně tři různé úrovně tahu s duplicitními měřeními provedenými na jedné z úrovní tahu pomocí výše uvedeného systému odběru vzorků nvPM. Měření musí být provedena na minimálně třech cílových koncentracích, každé nejméně o faktor ředění 1,5 od další; nejméně jedna z koncentrací musí být vyšší než 120 µg/m³ a nejméně jedna nižší než 120 µg/m³.

Zatížení filtru EC pro tyto čtyři datové body musí být mezi 2,5 µg/cm² a 17 µg/cm².

8.3.3.4 Hmotnostní koncentrace EC z metody TOT a hmotnostní koncentrace nvPMmi se použijí k prokázání vyhovění provozní specifikace pro verifikaci, jak je uvedeno v Tabulce A7-5, s cílem prokázat vyhovění provozním specifikacím.

8.3.3.5 Palivo použité při měření motoru musí být jedno z paliv pro letecké turbínové motory uvedených v ICAO Doc 9977, Chapter 3, ust. 3.2. Stejně palivo musí být použito pro minimální čtyři datové body.

8.4 Výpočet výkonnosti přístroje

8.4.1 Výkonnostní parametry nvPMmi – posun nuly, náběhový čas a rychlost odběru vzorků – musí být stanoveny, jak je uvedeno v ISO 9169, ust. 6.6, 6.3 a případně ust. 2.1.7.

8.4.2 Parametr opakovatelnosti nvPMmi při 95% intervalu spolehlivosti musí být určen pomocí 6 po sobě jdoucích měření při každé úrovni koncentrace jako:

$$S_{r_i}^2 = S_{Y_i}^2 - \Delta^2 \cdot S_{C_i}^2$$

kde

$$S_{Y_i}^2 = \frac{\sum_{j=1}^n (Y_{i,j} - \bar{Y}_i)^2}{(n-1)}$$

S_{C_i} směrodatná odchylka $C_{i,j}$ pro úroveň i pro j

$Y_{i,j}$ výsledek měření přístrojem referenčního materiálu $C_{i,j}$

$C_{i,j}$ j -tý případ koncentrace referenčního materiálu při úrovni i

$\bar{Y}_i$ průměr $Y_{i,j}$ pro j

n počet po sobě jdoucích měření při každé úrovni koncentrace (minimálně 6)

Δ sklon regresní funkce aplikované v případě, že chybí test vhodnosti, stanovený z níže uvedených rovnic.

$$E_{i,j} = Y_{i,j} - (\Gamma + \Delta \times C_{i,j})$$

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^n E_{i,j}}{n}$$

kde

$E_{i,j}$ rozdíl mezi $C_{i,j}$ a $Y_{i,j}$

E_i průměr $E_{i,j}$ pro j

Γ ohraničený úsek regresní funkce aplikované v případě, že chybí test vhodnosti

8.4.3 Pokud je takto určená opakovatelnost záporná, opakovatelnost by měla být hlášena jako „významně lepší než „ $\Delta \cdot S_{C_i}^2$ “.

Poznámka: Pokud je takto určená opakovatelnost záporná, což znamená, že odchylka měření nemohla být diskriminována od variability referenčního materiálu, může být měření opakováno s dodatečnou pozorností věnovanou stabilitě zdroje referenčního materiálu (nastavení průtoku a tlaku zdroje aerosolu po hoření difúzního plamene) a přesnosti určení úrovně referenčního materiálu (zatížení a postupům metody TOT).

8.4.4 Linearita nvPMmi musí být určena, jak je uvedeno v ISO 9169, ust. 6.4.5.4, avšak se zůstatkem určeným následovně:

$$E_i = \frac{\sum_{j=1}^n E_{i,j}}{n}$$

8.4.5 Mez detekce nvPMmi musí být určena, jak je uvedeno v ISO 9169, ust. 6.4.5.5. Pokud přístroj neprovádí měření, nejsou-li ve vzorku žádné částice, použije se vyšší hmotnostní koncentrace nvPM, C_{LOD} , těsně nad nulou, takže přístroj uvádí pravidelné odečty. Mez detekce se v tomto případě určí jako:

$$Y_{LOD,0.95} = \bar{Y}_{LOD} - C_{LOD} + 2 \times t_{v,0.95} \times S_{LOD}$$

kde

$Y_{LOD,0.95}$ Mez detekce při 95% intervalu spolehlivosti

$\bar{Y}_{LOD}$ Průměr hodnot $Y_{LOD,j}$

C_{LOD} Průměr hodnot $C_{LOD,j}$

$t_{v,0.95}$ Dvoustranné Studentovo rozdělení při 95% spolehlivosti, stupně volnosti $v=n-1$

S_{LOD} Směrodatná odchylka od průměru Y_{LOD}

Poznámka: Referenční materiál nemusí být v po sobě následujících měřeních prováděných po dobu průměrování stejný. Každé stanovení hodnoty referenčního materiálu může být tedy odlišné, i když je dobře známo, jak bylo určeno metodou TOT. Definice podle ISO 9169 jsou upraveny tak, aby vyhovovaly této variabilitě.

8.5 Kalibrace

8.5.1 Přístroj nvPMmi musí být kalibrován každoročně za pomoci verifikovaného zdroje aerosolu po hoření difúzního plamene uvedeného v ust. 8.3.1.3, metody TOT uvedené v ust. 8.2 a systémového nastavení uvedeného v ust. 8.3.2.1 a 8.3.2.2 tohoto doplňku.

8.5.2 Měření musí být provedena na stupňovitých úrovních cílové hmotnostní koncentrace EC stanovených v Tabulce A7-8. Dosažené hmotnostní koncentrace EC musí být v rozmezí ± 20 % stanovených cílových hmotnostních koncentrací.

8.5.2.1 Pro roční kalibraci by měly být měřeny tři body při 50 µg/m³.

8.5.3 Na každé stupňovité úrovni koncentrace se musí odebrat vzorky za podobnou dobu, aby se stanovilo opakovatelné zatížení filtru EC. Zatížení filtru EC musí být 12 ± 5 µg/cm².

8.5.4 Doba průměrování definovaná v ISO 9169 musí být stejná jako doba sběru filtru.

8.5.5 Hmotnostní koncentrace EC z metody TOT a hmotnostní koncentrace nvPMmi musí být použity k stanovení nejlepší vhodnosti pro údaje získané z kalibrace přístrojů. Pro určení měřítka b pro úpravu hmotnostních koncentrací nvPM hlášených nvPMmi se použije lineární metoda nejmenších čtverců takto:

$$b = \frac{\sum \frac{y_i}{x_i}}{n}$$

kde

x_i je i -té měření nvPMmi

y_i je i -tá TOT hmotnostní koncentrace EC; a je sklon přímky nejlepší vhodnosti

Poznámka 1: Jakmile se na nvPMi použije měřítko b , sklon opravených odečítaných hodnot přístroje oproti výsledkům TOT pro EC je matematicky roven 1,0 a požadavek na sklon v Tabulce A7-5 bude ze své podstaty splněn.

Poznámka 2: Vzhledem k očekávaným nejistotám v opakovatelnosti TOT chemických analýz EC může opakování výše uvedeného postupu v téže nebo jiné

laboratoři vyvolat jiný sklon bez jakékoli změny odezvy přístroje. Provozní specifikace přesnosti Tabulky A7-5 tuto variabilitu zohledňují.

8.5.6 Před každou roční kalibrací by měla být posouzena výkonnost každého hmotnostního přístroje ve stavu „jak byl nalezen“ při hmotnostní koncentraci EC 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ pro počet měření uvedený v Tabulce A7-8. Toto posouzení umožní výsledovatelnost k předchozím kalibračním přístroje a umožní srovnání stávajících a nových kalibračních konstant.

Tabulka A7-8. Parametry hmotnostního zatížení EC pro kalibrační vzorky

Cílová koncentrace ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Roční kalibrace (počet měření)
0 (slepý vzorek)	3
50	0
100	3
250	3
500	3

9. SPECIFIKACE A KALIBRACE ODLUČOVAČE TĚKAVÝCH ČÁSTIC A PŘÍSTROJE NA MĚŘENÍ ČÍSELNÉHO OBSAHU nvPM

9.1 Specifikace

9.1.1 Specifikace VPR

9.1.1.1 Každá tovární značka a typ VPR musí ~~mít osvědčení vydané výrobcem přístroje nebo jinou příslušnou zkušební a kalibrační laboratoří, které potvrzuje, že splňuje~~ splňovat provozní specifikace uvedené níže.

9.1.1.2 Faktor ředění VPR (DF_2) musí splňovat následující požadavky:

- DF_2 musí být nastaven tak, aby byla číselná koncentrace částic udržována v mezích režimu s jednotlivým počítáním CPC a aby se teplota vzorku na vstupu CPC snížila na hodnotu mezi 10 °C a 35 °C.
- Variabilita DF_2 musí být menší než 10 %.

9.1.1.3 Vyhřívána část, která odpařuje těkavé částice, musí být udržována na teplotě 350 °C ± 15 °C.

9.1.1.4 Pokud VPR obsahuje více vyhříváných stupňů, musí být další teplotní kontroly ± 15 °C od provozní teploty stanovené výrobcem VPR.

9.1.1.5 Regulátor tlaku vzorku musí splňovat následující požadavky:

- Zařízení regulace tlaku musí umožňovat dodání zředěného vzorku do CPC v rozmezí ± 15 kPa oproti okolnímu tlaku (výfuku CPC).
- Tlak nesmí překročit 105 kPa.

9.1.1.6 Minimální povolené penetrační podíly částic VPR pro každé nastavení ředění musí splňovat specifikace uvedené v Tabulce A7-9.

9.1.1.7 Účinnost odlučovače těkavých částic VPR (VRE) musí být taková, že je odstraněno více než 99,5 % částic tetraoktanu ($\text{C}_{10}\text{H}_{18}$, > 95% čistoty) o vstupní koncentraci nejméně 10.000 částic/ cm^3 s průměrem elektrické mobility 30 nm. Tato VRE musí být prokázána, když VPR při svém nastavení minimálního ředění a výrobcem doporučené provozní teplotě.

9.1.1.8 Pokud je ve VPR použit katalytický striper, ředicí činidlo musí obsahovat nejméně 10 % O_2 .

Tabulka A7-9. Minimální povolené penetrační podíly částic VPR při čtyřech průměrech částic

Průměr elektrické mobility částic, D_m	15 nm	30 nm	50 nm	100 nm
Minimální penetrační podíl částic, $\eta_{VPR}(D_m)$	0,30	0,55	0,65	0,70

9.1.2 Rozhraní mezi VPR a CPC

Trubice spojující výstup VPR a vstup CPC musí splňovat následující požadavky:

- Musí být z elektricky vodivého materiálu.
- Vnitřní průměr trubice musí být ≥ 4 mm.
- Vzorek musí v trubici setrvávat po dobu $\leq 0,8$ sekund.

9.1.3 Specifikace CPC

9.1.3.1 Každá tovární značka a typ CPC musí ~~mít osvědčení vydané výrobcem přístroje nebo jinou příslušnou zkušební a kalibrační laboratoří, které potvrzuje, že splňuje~~ splňovat níže uvedené provozní specifikace.

9.1.3.2 Musí být povolena koincidenční korekční funkce do maximální výše 10 % korekce. Koincidenční korekční funkce nesmí používat jakýkoli algoritmus k opravě nebo definování efektivnosti počítání.

9.1.3.3 Počítání částic musí splňovat následující požadavky:

- a) Režim počítání musí být režim s jednotlivým počítáním. Použití CPC ve fotometrickém režimu není povoleno. Proto, aby byl zajištěn režim s jednotlivým počítáním, musí být podle potřeby navýšen DF_2 .
- b) Přesnost počítání musí být ± 10 % od 2000 částic/cm³ po horní hranici režimu počítání jednotlivých částic oproti sledovatelné normě (ISO 27891).
- c) Efektivnost počítání musí být ≥ 50 % při průměru elektrické mobility 10 nm a ≥ 90 % při průměru elektrické mobility 15 nm.
- d) Efektivnost počítání se určí pomocí aerosolu oleje Emery.

9.1.3.4 Frekvence pořizování dat musí být po dosažení stabilního stavu motoru $\geq 1,0$ Hz po dobu minimálně 30 sekund.

9.1.3.5 Početní koncentrace částic musí být udávána jako částice/cm³ v podmínkách STP. Pokud udávaná hodnota není za podmínek STP, musí se měřit absolutní vstupní tlak CPC s přesností vyšší než 2 % tak, aby mohla být podle pokynů výrobce korigována na podmínky STP.

9.1.3.6 Při koncentracích pod 100 částic/cm³ musí být rozlišení lepší než 0,1 částic/cm³.

9.1.3.7 Náběhový čas musí být < 4 sekundy.

9.1.3.8 Průtok vzorku musí být plný. Není povoleno vnitřní rozdělení průtoku.

9.1.3.9 Pracovní kapalinou musí být n-butanol.

9.1.3.10 Odezva musí být lineární.

9.1.4 Požadavky systému

Hodnota t_{90} od vstupu VPR přes CPC musí být ≤ 10 sekund.

9.2 Kalibrace

9.2.1 VPR

Před každou kalibrací VPR by měl být VPR validován „jak byl nalezen“ při jednom nastavení DF_2 , obvykle při tom, které se používá pro měření na turbínových motorech letadel. Tato validace by měla zahrnovat faktor ředění VPR při zvoleném nastavení DF_2 , určení penetračních podílů a účinnosti odlučovače těkavých částic.

9.2.1.1 Kalibrace faktoru ředění VPR (DF_2) musí splňovat následující požadavky:

- a) DF_2 musí být kalibrován při každém nastavení ředění VPR, jak bylo stanoveno výrobcem VPR.
- b) Kalibrace DF_2 by měla být prováděna příslušnou laboratoří, buď pomocí stopových plynů, jako je CO₂, nebo pomocí měření průtoku.

9.2.1.2 Kalibrace penetračních podílů částic VPR musí splňovat následující požadavky:

- a) Penetrační podíly částic VPR musí být měřeny při 350 °C pomocí pevných částic průměrů elektrické mobility 15 nm, 30 nm, 50 nm a 100 nm pro každé nastavení ředění VPR. Do VPR musí být dodáno minimálně 5000 částic/cm³ o čtyřech velikostech částic. Pokud se pro výrobu částic používají saze, může být potřeba zařízení pro tepelné předzpracování ohřáté na 350 °C, aby byly do VPR dodány pouze nvPM.
- b) Koncentrace částic musí být měřeny před a za VPR, kdy CPC má efektivnost počítání ≥ 90 % při 15 nm.
- c) Penetrační podíly VPR musí být určeny následovně:

$$\eta_{VPR}(D_m) = \frac{DF_2 \times N_{out}(D_m)}{N_{in}(D_m)}$$

kde

$N_{in}(D_m)$ početní koncentrace částic průměru D_m proti směru proudu

$N_{out}(D_m)$ početní koncentrace částic průměru D_m po směru proudu

d) $N_{in}(D_m)$ a $N_{out}(D_m)$ musí být vztaženy k stejným podmínkám T a P.

e) VPR by měl být kalibrován jako kompletní jednotka.

9.2.1.3 Účinnost odlučovače těkavých částic VPR (VRE)

a) VRE musí být určena, když CPC má efektivnost počítání ≥ 90 % při 30 nm, následovně:

$$VRE(D_{30}) = 100 \times \left[1 - \frac{DF_2 \times N_{out}(D_{30})}{N_{in}(D_{30})} \right]$$

kde

$VRE(D_{30})$ VRE pro částice průměru D_{30}

$N_{in}(D_{30})$ početní koncentrace částic průměru D_{30} proti směru proudu

$N_{out}(D_{30})$ početní koncentrace částic průměru D_{30} po směru proudu

D_{30} částice s průměrem elektrické mobility 30 nm.

b) $N_{in}(D_{30})$ a $N_{out}(D_{30})$ musí být vztaženy k stejným podmínkám T a P.

9.2.2 Kalibrace CPC

9.2.2.1 Kalibrace CPC musí být navázána na standardní metodu kalibrace (ISO 27891): srovnáním odezvy CPC za kalibrace s odezvou kalibrovaného aerosolového elektroměru při současném vzorkování elektrostaticky klasifikovaných kalibračních částic.

9.2.2.2 Před každou kalibrací CPC by měl být CPC validován („jak byl nalezen“).

9.2.2.3 Kalibrace a validace musí být provedeny pomocí postupů popsanych níže:

- a) Efektivnost detekce CPC musí být kalibrována pomocí částic o průměru elektrické mobility 10 a 15 nm. CPC musí mít efektivnost počítání ≥ 50 % při 10 nm a ≥ 90 % při 15 nm.
- b) Kalibračním aerosolem musí být olej Emery.

10. POSTUPY TÝKAJÍCÍ SE PROVOZU SYSTÉMU

10.1 Kontrola těsnosti sběrné části a kapiláry pro plynné emise

10.1.1 Postup kontroly těsnosti

Před provedením série měření motoru musí být s pomocí následujícího postupu zkontrolována těsnost sběrné části a GL:

- Pomocí izolačního ventilu 1, regulačního ventilu tlaku P_1 a případně nepovinného uzavíracího ventilu, je-li zastavěn, se oddělí GL od měřicí části nvPM;
- Oddělí se sonda a analyzátor;
- Připojí a do provozu se uvede vývěva, aby se ověřila míra netěsnosti;
- Vývěva musí být schopna vzhledem k atmosférickému tlaku vytvořit při nulovém průtoku vakuum -75 kPa; její plný průtok za standardní teploty a tlaku nesmí být nižší než 26 l/min.

10.1.2 Požadavky týkající se kontroly těsnosti

Míra netěsnosti musí být menší než 0,4 slpm.

10.2 Kontrola čistoty sběrné části a kapiláry pro plynné emise

Tato kontrola se provádí pouze v případě, že se používá metoda výpočtu EI zcela plynných nvPM.

10.2.1 Postup kontroly čistoty

S pomocí následujícího postupu musí být zkontrolována čistota sběrné části a GL:

- Pomocí izolačního ventilu 1 a regulačního ventilu tlaku P_1 se oddělí GL od měřicí části nvPM;
- GL se oddělí od sondy a tento konec potrubí pro transport vzorků se připojí ke zdroji nulového plynu;
- Systém se ohřeje na provozní teplotu potřebou k provádění měření obsahu uhlovodíků;
- Do provozu se uvede čerpadlo pro vzorky a nastaví se průtok, který se používá během měření emisí motoru;
- Zaznamenají se údaje analyzátoru uhlovodíků.

10.2.2 Požadavky týkající se kontroly čistoty

10.2.2.1 Odečítané údaje uhlovodíků nesmí překročit 1 % hladiny emisí při volnoběhu nebo 1 ppm (obojí vyjádřeno na uhlík), podle toho, která hodnota je větší.

Poznámka: Pokud jsou v původním vzduchu na vstupu motoru přítomny významné hladiny znečišťujících látek z různých jiných zdrojů, může to mít vliv na hladiny znečištění výfukovými plyny motoru. V této situaci může být opodstatněné monitorování těchto složek a zohlednění této původní kvality vzduchu v hlášených hladinách znečištění.

10.2.2.2 Je-li použití postupu zohledňujícího původní kvalitu vzduchu na hlášených hladinách znečištění odůvodněné, měl by být tento postup použit se souhlasem certifikačního úřadu.

10.3 Kontrola čistoty a těsnosti přenosové části

Poznámka 1: Kontrola čistoty může dopadnout špatně v důsledku kontaminace komponentů přenosové části nebo netěsností buď v přenosové nebo měřicí části nebo obou.

Poznámka 2: Netěsností systému dojde k tomu, že se do systému dostanou částice okolního vzduchu.

10.3.1 Postup kontroly čistoty a těsnosti

10.3.1.1 Před provedením série měření motoru musí být s pomocí následujícího postupu zkontrolována čistota a těsnost přenosové části:

- Při uzavření izolačního ventilu 1 dilutorem 1 protéká filtrované ředící činidlo;
- Průtoky v každém proudě rozdělovače 2 musí být stejné, jaké byly použity během měření motoru;
- DF₂ se nastaví na nejnižší nastavení VPR.

10.3.1.2 Jakmile jsou naměřené hmotnostní a číselné koncentrace nvPM ustálené, zaznamenají se údaje za dobu nejméně 30 sekund.

Poznámka: Schéma průtoku pro kontrolu čistoty přenosové části je zobrazeno na Obrázku A7-4.

10.3.2 Požadavky týkající se kontroly čistoty a těsnosti

10.3.2.1 Průměrná 30sekundová hmotnostní koncentrace nvPM (nvPM_{mass_STP}) musí být nižší než 1 µg/m³.

10.3.2.2 Průměrná 30sekundová číselná koncentrace nvPM (nvPM_{num_STP}) musí být nižší než 2,0 částic/cm³.

10.3.2.3 Pokud kontrola čistoty nedopadne dobře, měla by být nejprve zkontrolována těsnost systému. Pokud žádné netěsnosti zjištěny nejsou, měla by být prohlédnuta a vyčištěna sběrná nádrž cyklonového separátoru. Pokud kontrola čistoty znovu nedopadne dobře, je možné, že bude nezbytné vyčistit nebo vyměnit části systému pro odběr vzorků.

10.4 Zpětné profouknutí sběrné části

Aby se udržela čistota odběrových sond a potrubí modulu 1 od nespáleného paliva, měl by se modul 1 během spouštění a vypínání motoru zpětně profouknout, jak je zobrazeno na Obrázku A7-5.

10.5 Měření nvPM okolního vzduchu

10.5.1 Všeobecně

10.5.1.1 Před a po měření motoru musí být získány hmotnostní a číselné koncentrace nvPM okolního vzduchu reprezentující vzduch na vstupu do motoru. Uváděn je průměr těchto dvou měření.

Poznámka 1: U uzavřené zkušební komory se mohou vyskytnout zvýšené hladiny nvPM ve zkušební komoře v důsledku přítomnosti jiných zdrojů nvPM před spouštěním motoru. V této situaci může získání reprezentativních měření okolního nvPM vyžadovat propláchnutí zkušební komory okolním vzduchem.

Poznámka 2: Poradenský materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

10.5.2 Postup odběru vzorků nvPM okolního vzduchu

Vzorky hmotnostních a číselných koncentrací nvPM okolního vzduchu reprezentativní pro vzduch na vstupu do motoru by měly být odebírány buď:

10.5.2.1 Metodou 1: Odběrem vzorku přes odvodušnění dilutoru 1

K odběru vzorku přes odvodušnění dilutoru 1 musí být využit systém pro odběr vzorků a měření nvPM.

Při odběru vzorku přes dilutor 1 musí být použit následující postup:

- Uzavřením izolačního ventilu 2 se vypne zdroj ředicího činidla zásobující dilutor 1 a zajistí se, že je uzavřen izolační ventil 1;
- Ohřev ředicího činidla by měl být chráněn proti přehřátí, pokud je uzavřen průtok ředicího činidla;
- Zajistí se, že průtoky v každém proudu rozdělovače 2 jsou stejné jako ty, které byly použity během měření motoru;
- Jakmile jsou naměřené hmotnostní a číselné koncentrace nvPM ustálené, zaznamenají se údaje za dobu nejméně tří minut.

Poznámka: Průtokové schéma pro měření nvPM okolního vzduchu metodou 1 je uvedeno na Obrázku A7-6.

Toto uspořádání se použije pouze tehdy, pokud je umístění výstupu odvodušnění reprezentativní pro vzduch na vstupu motoru.

10.5.2.2 Metodou 2: Dodatečným systémem měření nvPM

10.5.2.2.1 Dodatečný systém pro odběr vzorků a měření nvPM v okolním vzduchu musí splňovat následující požadavky:

- Systém odnvPM okolního vzduchu musí vyhovovat požadavkům na vzorkovací systém modulu 3 a 4 uvedeným v ust. 7.3 tohoto doplňku;
- nvPMmi, VPR a nvPMni musí vyhovovat ust. 8 a 9 tohoto doplňku;
- vstupní otvor vzorkovacího systému nvPM okolního vzduchu musí být umístěn do vzdálenosti 50 m od roviny sání motoru.

10.5.2.2.2 Pokud se používá odběr vzorků pomocí dodatečného systému pro odběr vzorků a měření nvPM, musí být použity následující postupy:

- Zajistí se, že průtoky v každém proudu rozdělovače 2 jsou stejné jako ty, které byly použity během měření motoru;
- Jakmile jsou naměřené hmotnostní a číselné koncentrace nvPM ustálené, zaznamenají se údaje za dobu nejméně tří minut.

10.5.3 Požadavky týkající se měření částic v okolním vzduchu

10.5.3.1 Uváděny musí být tříminutová průměrná hmotnostní koncentrace nvPM ($nvPM_{mass_STP}$) a číselná koncentrace nvPM opravená o DF_2 ($DF_2 \times nvPM_{num_STP}$).

Poznámka: Úroveň hmotnostní koncentrace nvPM okolního vzduchu může být pod LOD nvPMmi.

10.5.3.2 Průměrná hodnota koncentrace nvPMni opravená o DF_2 by měla být vyšší než 10násobek hodnoty naměřené při kontrole čistoty. Pokud tato kontrola neplatí, mělo by být ověřeno fungování systému (poloha ventilů, průtoky, tlaky a teploty) a měření by mělo být zopakováno.

Poznámka: Pokud jsou v původním vzduchu na vstupu motoru přítomny významné hladiny

znečišťujících látek z různých jiných zdrojů, může to mít vliv na hladiny znečištění výfukovými plyny motoru. V této situaci může být opodstatněné zohlednění okolních nvPM v hlášených hladinách znečištění nvPM.

10.5.3.2.1 Je-li použití postupu zohledňujícího původní kvalitu vzduchu na hlášených hladinách znečištění odůvodněné, měl by být tento postup použit se souhlasem certifikačního úřadu.

10.6 Kontrola kalibrace faktoru ředění VPR

10.6.1 Faktory ředění VPR (DF_2), předpokládané během měření motoru, se musí kontrolovat pomocí následující sestavy:

- analyzátor plynu CO_2 vyhovující ust. 5.3 Doplňku 3;
- certifikovaný plyn s vysokou koncentrací CO_2 o čistotě 2,0 (vyšší než 99,0 %) CO_2 nebo směs plynu CO_2 buď s dusíkem, nebo nulovým vzduchem jako přípustnými ředidly;

~~*Poznámka: Poradenský materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.*~~

- analyzátor plynu CO_2 se připojí k výstupu VPR pomocí T-kusu, aby nedošlo k nadměrnému tlaku vzorku CO_2 ;
- plyn s vysokou koncentrací CO_2 se připojí ke vstupu VPR pomocí T-kusu a ventilu regulujícího průtok, aby se na vstupu VPR zajistil stejný tlak, jako při měření motoru;
- vzorek se nechá na vstupu VPR proudit se stejným průtokem a tlakem, jako byly použity během měření motoru.

Poznámka: Průtokové schéma pro kontrolu faktoru ředění VPR je uvedeno na Obrázku A7-7.

10.6.2 Faktor ředění VPR (DF_2) musí být kontrolován pomocí následujícího postupu:

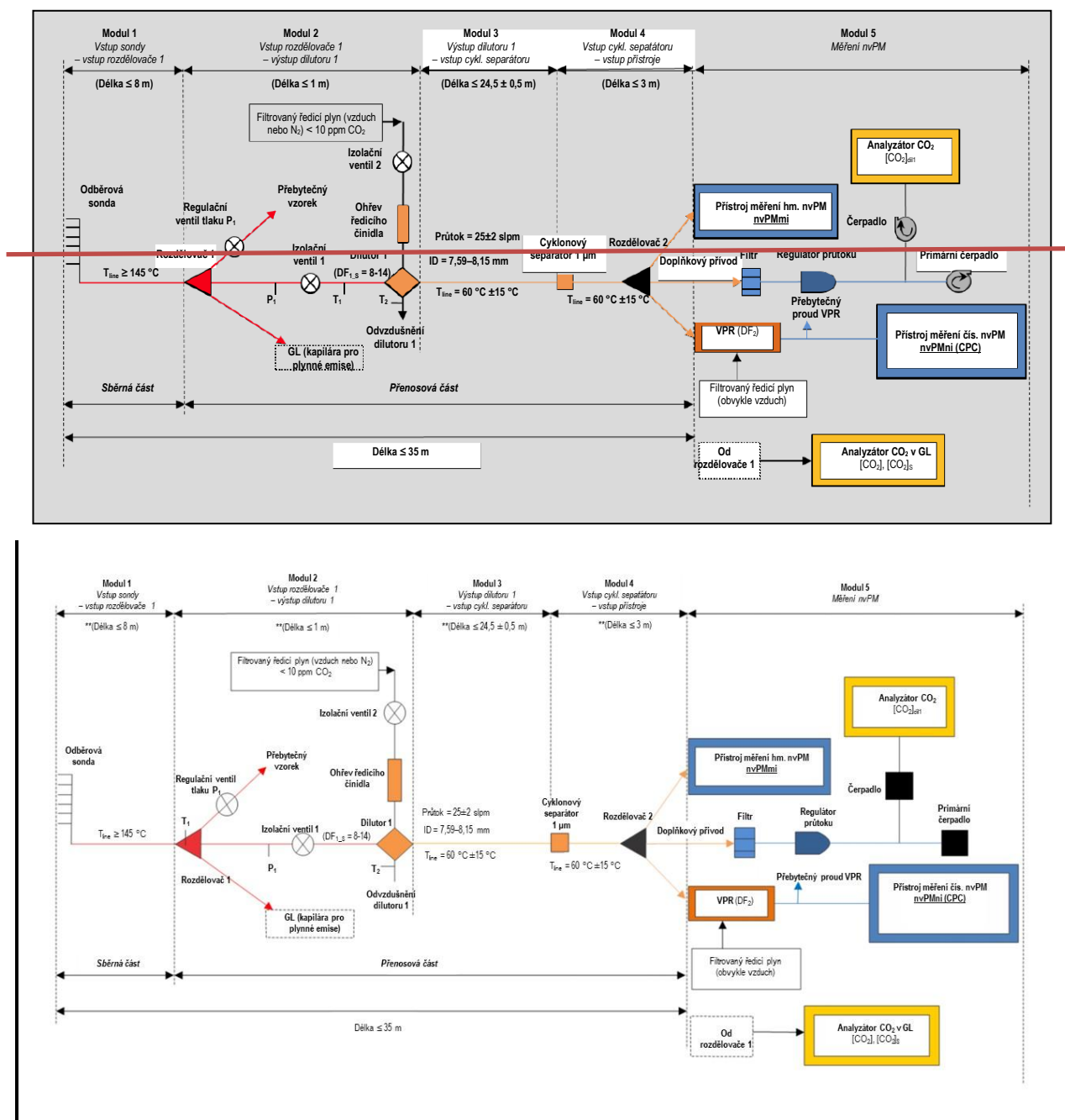
- VPR se zahřeje a zajistí se dosažení provozních teplot;
- zkontroluje se, zda vstup VPR nasává proud vzorku;
- odpovídajícím způsobem se zahřeje analyzátor CO_2 a připraví se na zapisování dat;
- na analyzátor CO_2 se použije příslušný nulový kalibrační plyn a provedou se veškerá potřebná nastavení přístroje;
- na analyzátor CO_2 se použije příslušný kalibrační plyn o jmenovité koncentraci 90% FS, aby se zjistily použité rozsahy, odpovídajícím způsobem se nastaví a zaznamenají získaná nastavení;
- zajistí se dostatečný průtok vzorku k analyzátoru CO_2 (před analyzátor CO_2 může být potřeba umístit čerpadlo);
- na vstup VPR se přivede proud plynu CO_2 o vysoké koncentraci, čímž se zajistí, že v odvodušnění před VPR je nadměrný průtok;
- VPR se nastaví na nastavení faktoru ředění;
- ventil regulace průtoku na vstupu VPR se nastaví tak, že dojde k poklesu tlaku simulujícímu podtlak vzorku oproti okolí na vstupu VPR při chodu nvPMni během měření motoru;
- odeberou se vzorky proudu na výstupu VPR pomocí analyzátoru plynu CO_2 ;

- k) jakmile je odečet analyzátoru plynu CO_2 ustálený, zaznamená se minimálně sedm údajů o koncentraci CO_2 v průběhu 3 minut a vypočítá se průměr;
- l) průměrná hodnota DF_2 se vypočítá jako podíl průměru měření CO_2 a koncentrace certifikovaného plynu CO_2 ;
- m) body h) až l) ust. 10.6.2 se zopakují pro každé nastavení ředění VPR použité během měření motoru.

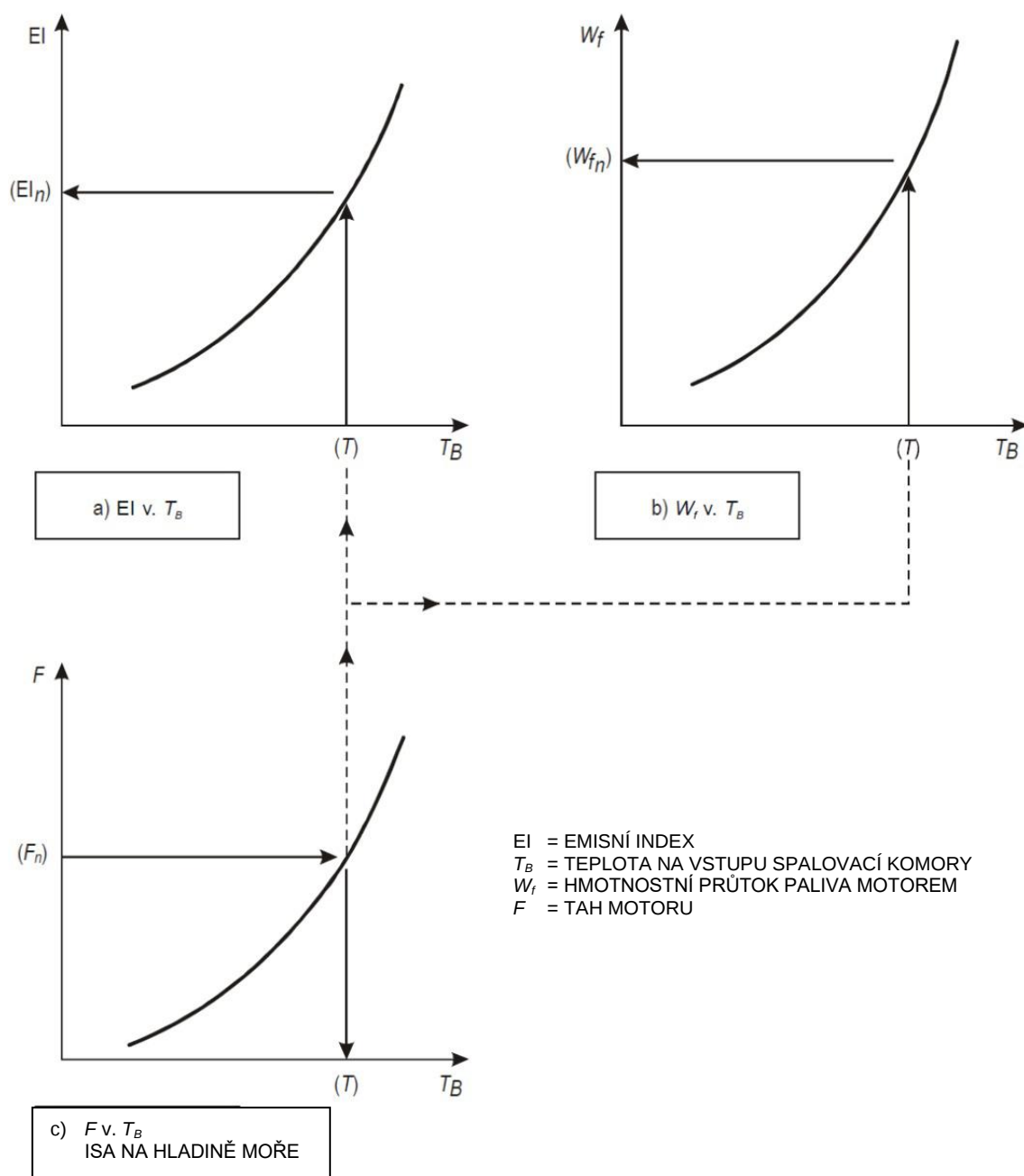
- a) $\leq \pm 10 \%$, musí se použít hodnoty DF_2 z kalibrace příslušné laboratoře.
- b) $> \pm 10 \%$, musí být hodnoty VPR DF_2 opětovně určeny z kalibrace příslušnou laboratoří.

Poznámka: Poradenský materiál týkající se rovnocenného postupu je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

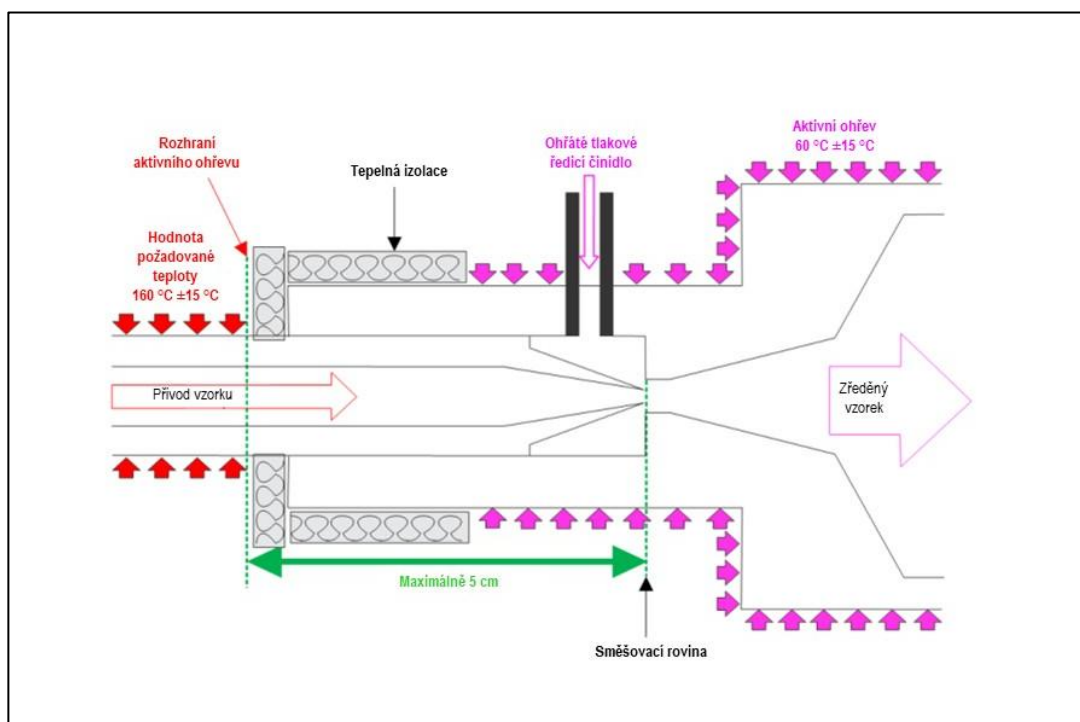
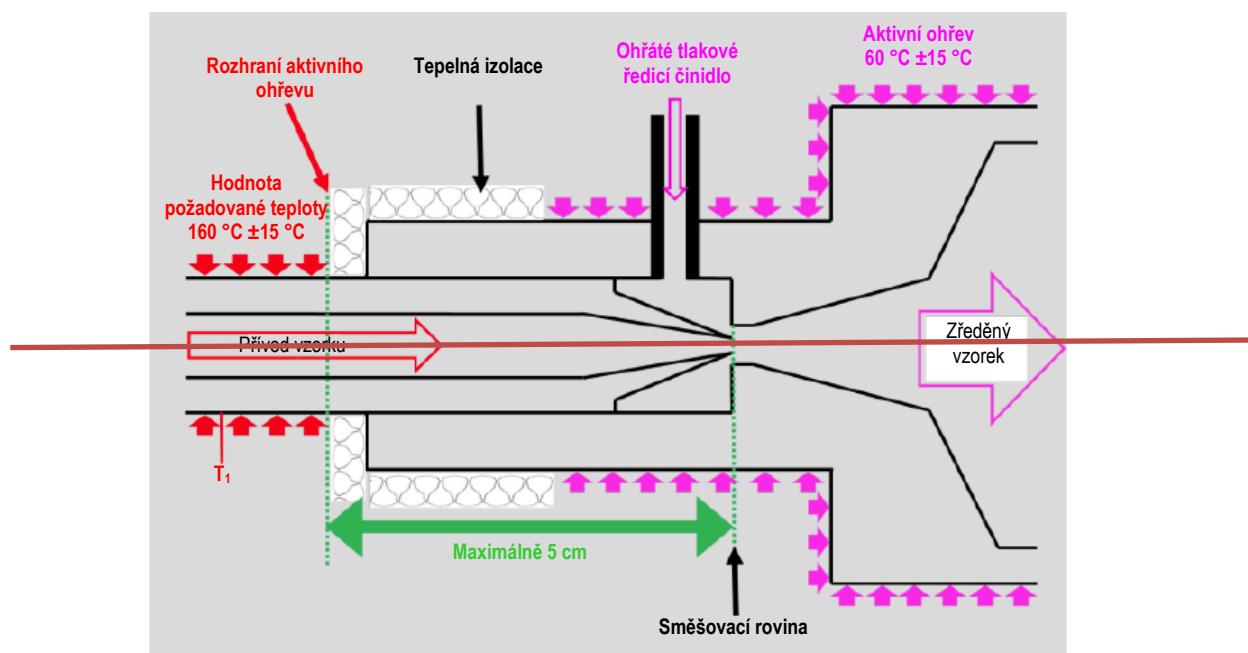
10.6.3 Vypočítané průměrné hodnoty DF_2 musí být porovnány s výsledky kalibrace příslušné laboratoře. Pokud je rozdíl:



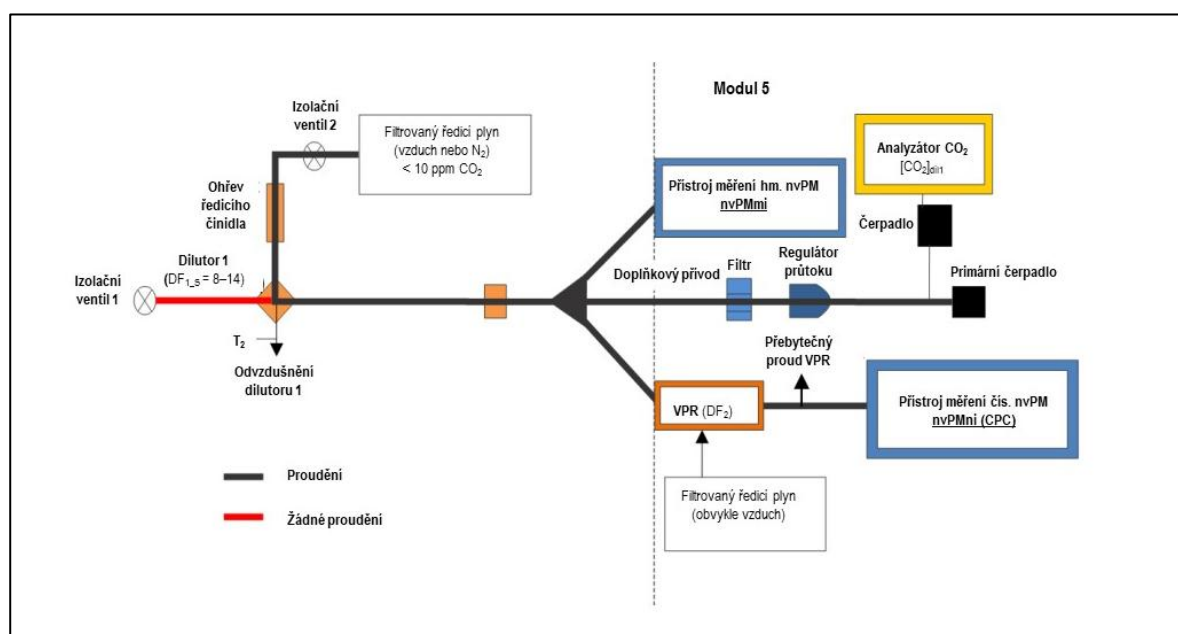
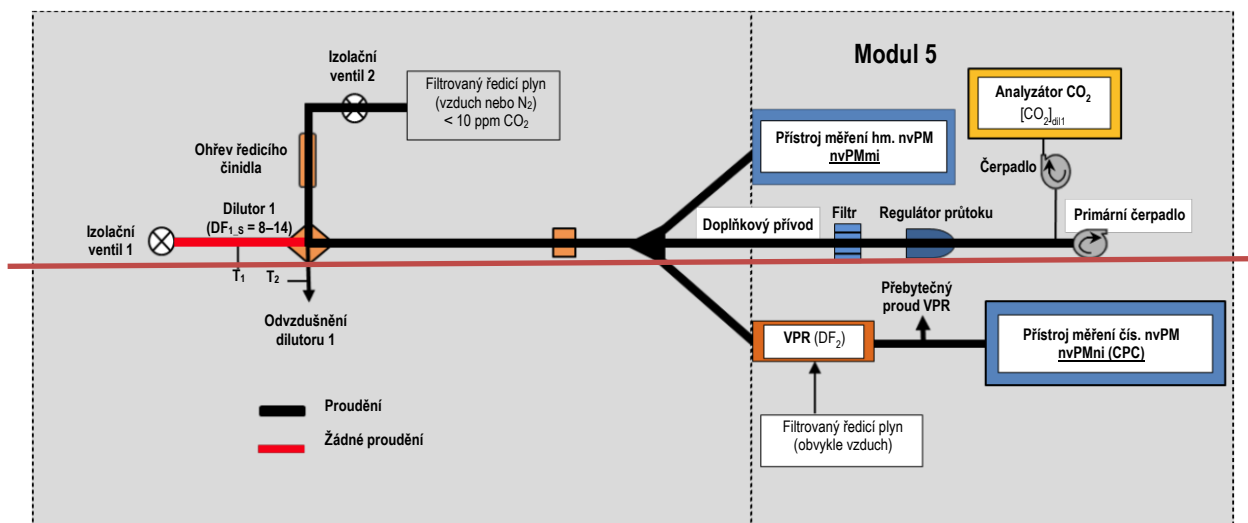
Obr. A7-1. Přehledné schéma systému pro odběr vzorků a měření nvPM



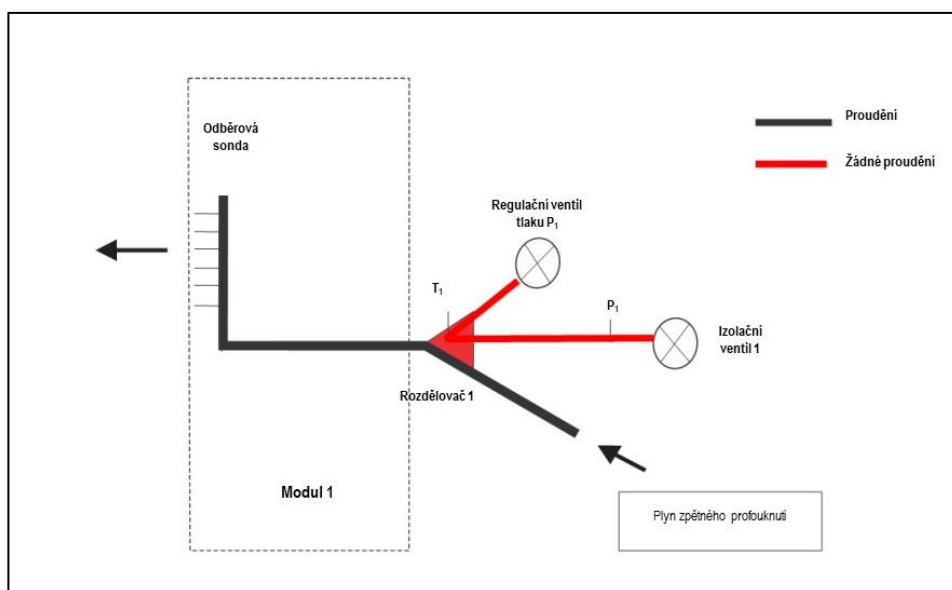
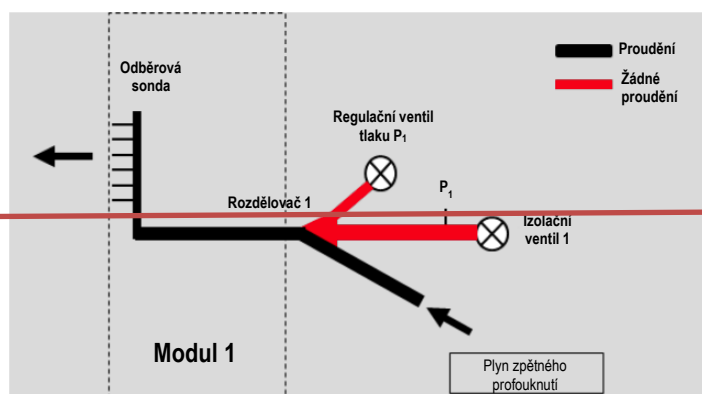
Obrázek A7-2. EI nvPM turbínového motoru jako funkce několika parametrů motoru



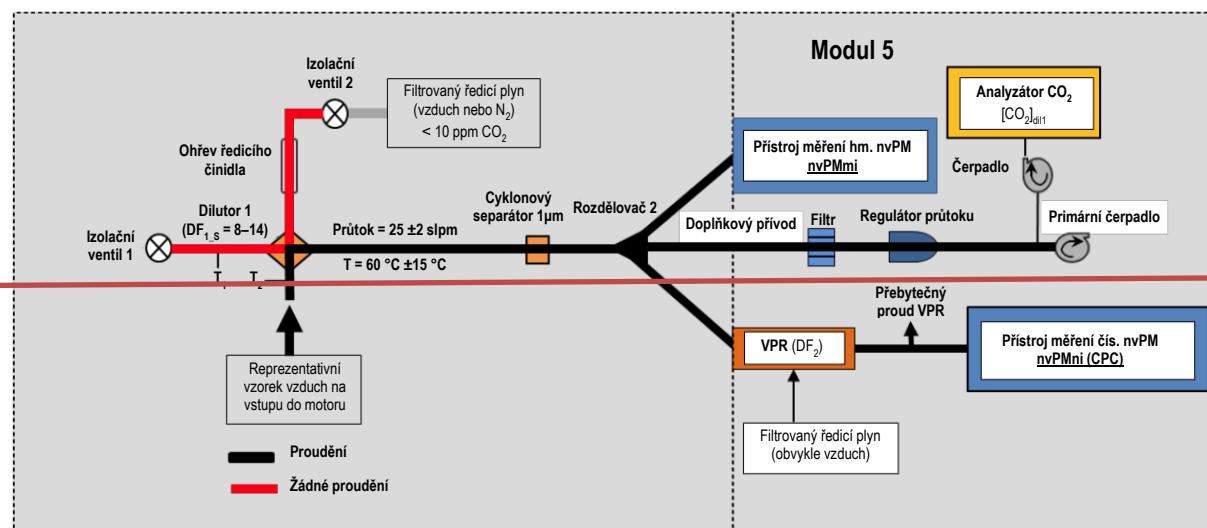
Obrázek A7-3. Průřez vstupem vzorového dilutoru 1 ejektorového typu s teplotním rozhraním

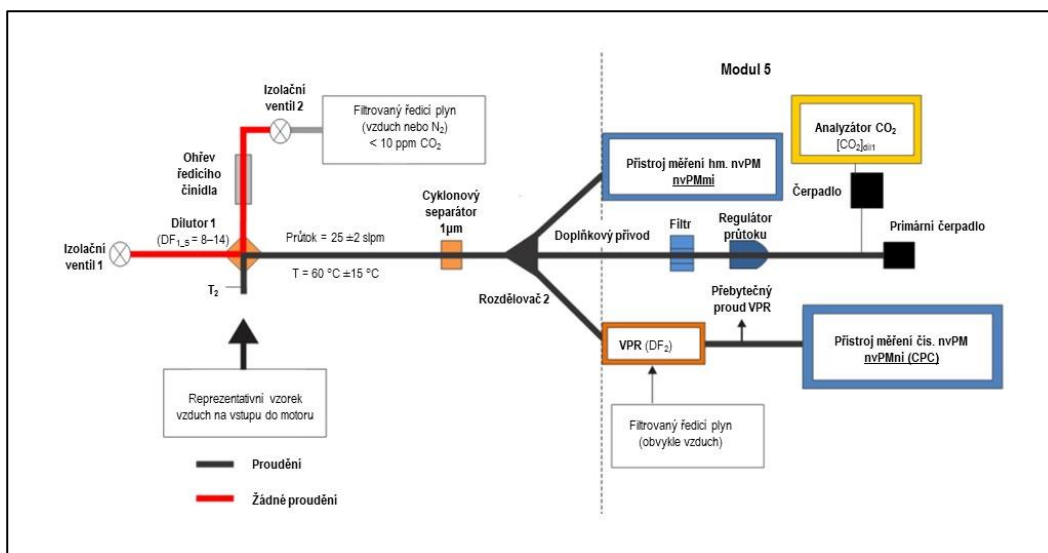


Obrázek A7-4. Průtokové schéma pro kontrolu čistoty přenosové části

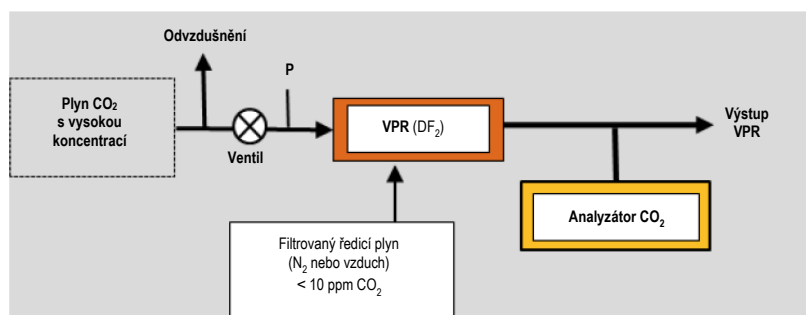


Obrázek A7-5. Průtokové schéma pro zpětné profouknutí modulu 1





Obrázek A7-6. Průtokové schéma pro měření částic v okolním vzduchu



Obrázek A7-7. Sestava pro kontrolu faktoru ředění VPR

$nvPM_{mass_STP}$	hmotnostní koncentrace zředěných nvPM za stavu přístroje STP, mikrogramy/m ³
$nvPM_{num_STP}$	číselná koncentrace zředěných nvPM za stavu přístroje STP, počet/cm ³
P_i	tlak nosného plynu v i-tém segmentu potrubí pro transport vzorků, kPa
Q_i	průtok nosného plynu v i-tém segmentu potrubí pro transport vzorků, slpm
Re	$\frac{2 \times \rho_{plynu} \times Q_i}{3 \times \pi \times \mu \times ID_{ti}}$, Reynoldsovo číslo nosného plynu
$R_{MN}(D_m)$	vypočítaný poměr odhadované hmotnostní koncentrace nvPM a odhadované číselné koncentrace nvPM
T₁	Teplota kovu rozdělovače 1, °C
T_i	teplota nosného plynu v i-tém segmentu potrubí pro transport vzorků, °C
δ	součet čtverce relativních rozdílů mezi naměřenými a vypočítanými hmotnostními a číselnými koncentracemi nvPM korigovanými o zředění
$\eta_{mass}(D_m)$	celkový penetrační podíl systému pro odběr vzorků a měření pro nvPMmi bez termoforetických ztrát ve sběrné části při velikosti elektrické mobility částic D_m
$\eta_{num}(D_m)$	celkový penetrační podíl systému pro odběr vzorků a měření pro nvPMni bez termoforetických ztrát ve sběrné části při velikosti elektrické mobility částic D_m
$\eta_i(D_m)$	penetrační podíl pro i-tý komponent systému pro odběr vzorků a měření při velikosti elektrické mobility částic D_m
$\eta_{bi}(D_m)$	penetrační podíl pro ohyb potrubí pro transport vzorků pro i-tý komponent systému pro odběr vzorků a měření při velikosti elektrické mobility částic D_m
λ	$63,7 \times \left(\frac{273,15+T_i}{296,15}\right)^2 \times \left(\frac{101,325}{P_i}\right) \times \left(\frac{406,55}{T_i+383,55}\right)$, střední volná dráha nosného plynu, nm
μ	viskozita nosného plynu, (g/cm·s)
ρ	předpokládaná efektivní hustota nvPM, g/cm ³
ρ_{gas}	$\frac{29 \times P_i}{8314 \times (273,15+T_i)}$, hustota nosného plynu, g/cm ³
σ_g	předpokládaná geometrická směrodatná odchylka lognormálního rozdělení

3. POŽADOVANÁ DATA

3.1 Emise nvPM

Pro výpočet korekčních faktorů systémových ztrát jsou potřeba následující koncentrace, jak je stanoveno v Doplňku 7:

- hmotnostní koncentrace nvPM: $nvPM_{mass_STP}$;
- číselná koncentrace nvPM: $nvPM_{num_STP}$.

3.2 Další informace

Pro provedení postupu výpočtu jsou potřeba doplňující informace uvedené v ust. 3.2 Doplňku 7.

4. POSTUP VÝPOČTU A METODIKA KOREKCE SYSTÉMOVÝCH ZTRÁT nvPM

4.1 Obecný přehled

Poznámka 1: Obrázek A8-1 uvádí přehledný diagram metodiky odhadování korekčních faktorů systémových ztrát.

Poznámka 2: Ilustrace iteračního postupu výpočtu je uvedena na Obrázku A8-2.

4.1.1 Korekční faktory systémových ztrát se odhadnou na základě následujících předpokladů: EENEP nvPM je reprezentována konstantní hodnotou efektivní hustoty nvPM, lognormálním rozdělením, pevnou hodnotou geometrické směrodatné odchylky, žádnou koagulací, mezními hmotnostními a číselnými koncentracemi nvPM, jak je popsáno v části omezení metod výpočtu, a minimálním souhrnným mezním průměrem částic 10 nm.

4.1.1.1 Metodika korekce systémových ztrát musí používat efektivní hustotu částic 1 g/cm³.

4.1.1.2 V metodice korekce systémových ztrát se musí použít jednorozměrné lognormální rozdělení s geometrickou směrodatnou odchylkou 1,8.

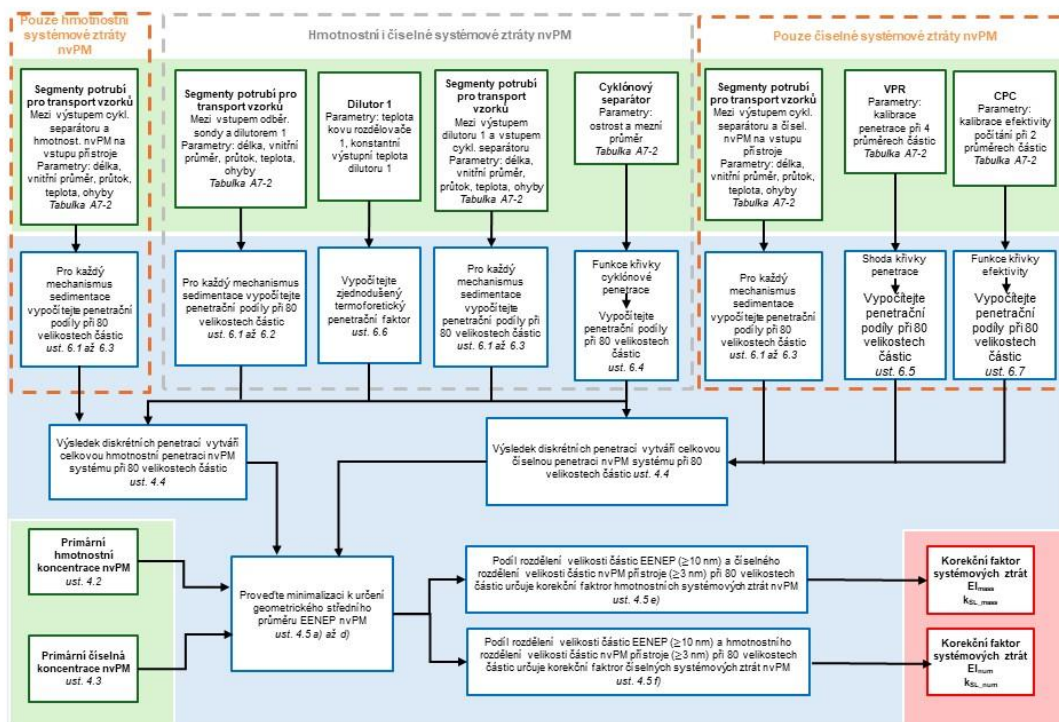
4.1.1.3 Pokud je číselná koncentrace nvPM, vypočítaná pomocí vztahu:

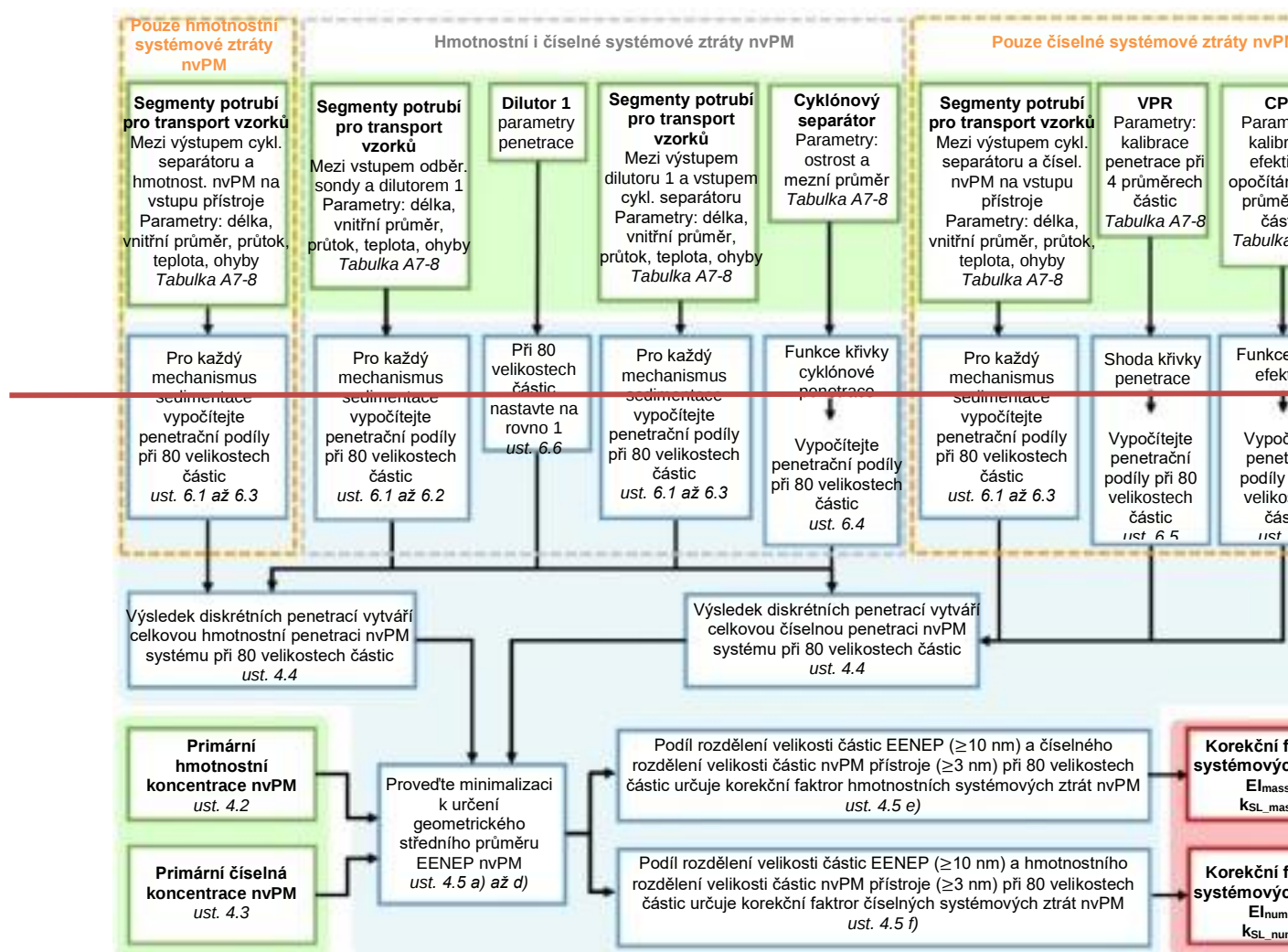
$$k_{SL_num} \times k_{thermo} \times DF_1 \times DF_2 \times nvPM_{num_STP}$$

vyšší než 10⁸ částic/cm³, může docházet ke koagulaci a certifikační úřad musí být o tomto informován.

Poznámka 1: Metodika korekce systémových ztrát nebere v úvahu redukci číselné koncentrace nvPM v důsledku koagulace.

Poznámka 2: Metodika korekce systémových ztrát nebere v úvahu penetrační kolísání. U systémů měření nvPM vyhovujících Doplnku 7 se nepovažuje za významné.





Obrázek A8-1. Blokový vývojový diagram metodiky korekce systémových ztrát nvPM. Zelené bloky znázorňují vstupní modelové parametry, modré modelové výpočty a červeně olemované bloky uvádí korekční faktory systémových ztrát, které jsou výstupem výpočtu

k_p 0,2 Wm⁻¹K⁻¹, teplotní vodivost částic.

Poznámka: Termoforetické ztráty VPR a ve sběrné části jsou zohledněny, jak je uvedeno v Doplnku 7, ust. 6.2.1. Systém vyhovující specifikacím v Doplnku 7 používá přístroje a segmenty, které v současnosti není potřeba korigovat o termoforetické ztráty, a proto η_{th} bude v podstatě rovno 1,0.

6.4 Penetrační funkce cyklového separátoru

Penetrační funkce cyklového separátoru musí být odhadnuta pomocí následujícího výrazu:

$$\eta_{cyc}(D_m) = 1 - \int_{x>0}^{D_m} \frac{e^{\frac{(\ln x - \mu_{cyc})^2}{2\sigma_{cyc}^2}}}{x\sigma_{cyc}\sqrt{2\pi}} dx$$

kde

μ_{cyc} $\ln(D_{50})$, a

σ_{cyc} $\ln(D_{16}/D_{84})^{0.5}$

Poznámka 1: Aplikace tabulkových procesorů moderních počítačů mají kumulativní lognormální rozdělení zastavěno v knihovně funkcí, což lze využít ke generování penetrační funkce cyklového separátoru.

Poznámka 2: U většiny aplikací motorů s plynovou turbínou bude D_m menší než 300 nm. V takových případech bude penetrační funkce cyklonu v podstatě rovna 1,0.

6.5 Penetrační funkce VPR

Poznámka: Namísto funkce určené níže popsaným způsobem výpočtu je možné použít hladkou funkci poskytnutou kalibrační laboratoří, která má dobré výsledky shody ($R^2 > 0,95$) pro čtyři penetrační body kalibrace VPR.

Ke ztrátám částic ve VPR dochází jak v důsledku difúze, tak termoforézy. Termoforetický faktor, η_{VPRth} , je konstanta. Difúzní faktor, η_{VPRdi} , je určen ze ztrát standardních částic v důsledku difúze v laminárním proudění. Celková penetrační funkce VPR musí být odhadnuta pomocí výrazu:

$$\eta_{VPR} = \eta_{VPRth} \times \begin{cases} 1 - 5,5 \times \Psi^{\frac{2}{3}} + 3,77 \times \Psi & \Psi < 0,007 \\ 0,819 \times e^{-11,5\Psi} + 0,0975 \times e^{-70,1\Psi} + 0,0325 \times e^{-179\Psi} & \Psi > 0,007 \end{cases}$$

kde

$\Psi = \frac{D \times L_{VPR} \times 100}{Q_{VPR}}$, parametr sedimentace

L_{VPR} efektivní délka VPR, m

Q_{VPR} průtok nosného plynu ve VPR, slpm

T_{VPR} teplota VPR, °C

η_{VPRth} termoforetické ztráty VPR

Penetrační funkce VPR (η_{VPR}) musí být napasována na čtyři změřené penetrační body pomocí změn efektivní délky VPR (L_{VPR}) a faktoru termoforetických ztrát (η_{VPRth}). Správná hodnota musí být vypočítána minimalizací δ_{VPR} , relativním součtem čtverců rozdílů mezi změřenou penetrací VPR, $\eta_{VPRmeas}$, a vypočtenou penetrační funkcí.

$$\delta_{VPR} = \sqrt{\sum_{D_m} \left(\frac{\eta_{VPRmeas}(D_m) - \eta_{VPR}(D_m)}{\eta_{VPRmeas}(D_m)} \right)^2}$$

Poznámka: Bylo prokázáno, že hodnota δ_{VPR} menší než 0,08 má dobré výsledky shody s naměřenými penetracemi.

6.6 Penetrační funkce dilutoru 1

~~Pro všechny velikosti částic musí být použita konstantní penetrace dilutoru 1, $\eta_{dil}(D_m) = 1$.~~ Penetrace dilutoru 1, η_{dil} , se odhadne tak, aby zahrnovala termoforetickou ztrátu modulu 2. Zjednodušená termoforetická ztráta se určí s použitím naměřené teploty T_1 a předpokládané konstantní výstupní teploty vzorku na dilutoru 1 rovné 60 °C:

$$\eta_{dil} = \left(\frac{60 + 273,15}{T_1 + 273,15} \right)^{0,38}$$

kde

T_1 teplota kovu rozdělovače 1, °C

6.7 Efektivnost počítání CPC

**DODATEK A – VÝPOČTY PARAMETRŮ PLYNNÝCH EMISÍ – ZÁKLAD, KOREKCE MĚŘENÍ
A ALTERNATIVNÍ NUMERICKÉ METODY**

1. SYMBOLY

AFR	poměr vzduchu a paliva, poměr hmotnostního průtoku suchého vzduchu k hmotnostnímu průtoku paliva	P_8	počet molů NO ve vzorku výstupních plynů na mol paliva
EI	emisní index; $10^3 \times$ hmotnostní průtok produktů plyných emisí ve výstupních plynech na jednotku hmotnostního průtoku paliva	P_T	$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8$
K	poměr koncentrací plynů měřených za mokra ke koncentracím plynů měřeným za sucha (při použití odlučovače)	P_0	počet molů vzduchu na mol paliva v počáteční směsi vzduch/palivo
L, L'	interferenční koeficient analyzátoru pro interferenci způsobenou CO ₂	Z	symbol používaný a definovaný v ust. 3.4
M, M'	interferenční koeficient analyzátoru pro interferenci způsobenou H ₂ O	$[O_2]_b$	objemová koncentrace plynu O ₂ v suchém vzduchu = 0,20935
M_{vzduch}	molekulární hmotnost suchého vzduchu = 28,966-854 g nebo, kde je vhodné, = $(32 \cdot R \cdot [O_2]_b + 28,1564-0134 [N_2]_b \cdot S \cdot + 44,0110 [CO_2]_b \cdot T)g$	$[N_2]_b$	objemová koncentrace plynu N ₂ a vzácných plynů v suchém vzduchu = 0,79032
M_{CO}	molekulární hmotnost CO = 28,011 g	$[CO_2]_b$	objemová koncentrace plynu CO ₂ v suchém vzduchu = 0,00043
M_{HC}	molekulární hmotnost uhlovodíků ve výstupních plynech, braná jako CH ₄ = 16,043 g	P_0	počet molů vzduchu na mol paliva v počáteční směsi vzduch/palivo
M_{NO_2}	molekulární hmotnost NO ₂ = 46,008 g	Z	symbol používaný a definovaný v ust. 3.4
M_C	atomová hmotnost uhlíku = 12,011 g	$[CO_2]$	průměrná objemová koncentrace plynu CO ₂ ve vzorku výstupních plynů, mokrého
M_H	atomová hmotnost vodíku = 1,008 g	$[CO]$	průměrná objemová koncentrace plynu CO ve vzorku výstupních plynů, mokrého
P_1	počet molů CO ₂ ve vzorku výstupních plynů na mol paliva	$[HC]$	průměrná objemová koncentrace plynů uhlovodíků ve výstupních plynech, mokrého, vyjádřená na uhlík
P_2	počet molů N ₂ ve vzorku výstupních plynů na mol paliva	$[NO]$	průměrná objemová koncentrace plynu NO ve vzorku výstupních plynů, mokrého
P_3	počet molů O ₂ ve vzorku výstupních plynů na mol paliva	$[NO_2]$	průměrná objemová koncentrace plynu NO ₂ ve vzorku výstupních plynů, mokrého = $\frac{([NOx]_c - [NO])}{\eta}$
P_4	počet molů H ₂ O ve vzorku výstupních plynů na mol paliva	$[NOx]$	průměrná objemová koncentrace plynu NO a NO ₂ ve vzorku výstupních plynů, mokrého = $[NO + NO_2]$
P_5	počet molů CO ve vzorku výstupních plynů na mol paliva	$[NOx]_c$	průměrná objemová koncentrace plynu NO ve vzorku výstupních plynů po průchodu konvertorem NO ₂ /NO, mokrého
P_6	počet molů C _x H _y ve vzorku výstupních plynů na mol paliva		
P_7	počet molů NO ₂ ve vzorku výstupních plynů na mol paliva		