

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 vstřiku 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 typově schváleného motoru, jehož

základní konstrukce vnitřní plynovzduchové cesty, konstrukce spalovací soustavy a další faktory podle stanoviska certifikačního úřadu zůstávají proti typově schválenému motoru nezměněny.

Poznámka: Upozorňuje se na rozdíl mezi definicí „Odvozená verze letounu“ v Předpisu L16/I a definicí „Odvozená verze“ v tomto předpisu.

Oxidy dusíku (Oxides of nitrogen)

Součet množství oxidu dusnatého a oxidu dusičitého obsaženého ve vzorku plynu, se kterým se počítá tak, jakoby 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.

Pojíždění a volnoběh na zemi (Taxi/ground idle)

Provozní fáze při pojíždění 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.

Stát projekce (State of Design)

Stát, pod jehož jurisdikci spadá organizace odpovědná za typový návrh.

Tryska výstupních plynů (Exhaust nozzle)

Pro odběr vzorků emisí výstupních plynů z turbínových motorů, ve kterých nejsou proudy smíchány (například jako u některých dvouproudových motorů), je tryskou míněna pouze tryska pro výstup spalin z generátoru plynů (jádra motoru). Tam, kde jsou proudy smíchány, je tryskou míněna tryska celkového výstupu (integrální tryska).

Typové osvědčení (Type Certificate)

Dokument vydaný smluvním státem k přesnému vymezení konstrukce typu letadla, motoru nebo vrtule a k osvědčení, že tato konstrukce splňuje příslušné požadavky letové způsobilosti daného státu.

Poznámka 1: V některých smluvních státech může být v případě typu motoru nebo vrtule vydán rovnocenný dokument.

Poznámka 2: V některých smluvních státech může typové osvědčení rovněž osvědčovat, že návrh splňuje příslušné požadavky týkající se emisí letadlových motorů daného státu.

ZÁMĚRNĚ NEPOUŽITO

ČÁST III – OVĚŘOVÁNÍ EMISNÍ ZPŮSOBILOSTI

HLAVA 1 – VŠEOBECNĚ

1.1 Opatření uvedená v ust. 1.2 až 1.5 musí být aplikována na všechny motory a jejich odvozené verze zahrnuté do klasifikací definovaných pro účely osvědčování emisní způsobilosti v Hlavách 2, 3 a 4 pokud jsou takové motory instalovány na letadlech určených pro letecký provoz.

1.2 Osvědčení emisní způsobilosti musí být uděleno ÚCL na základě uspokojivého průkazu, že motor splňuje požadavky, které jsou nejméně tak přísné jako požadavky tohoto předpisu. Splnění požadavků na hladiny emisí tak, jak jsou uvedeny v Hlavě 2 a 3, musí být prokázáno postupem uvedeným v Doplňku 6 Předpisu L16/II.

Poznámka: Dokument, kterým se ověření emisní způsobilosti potvrzuje, může mít formu samostatného osvědčení emisní způsobilosti nebo formu vhodného prohlášení obsaženého v jiném dokumentu schváleném ÚCL.

1.3 Dokument prokazující emisní způsobilost pro každý jednotlivý motor musí zahrnovat přinejmenším následující informace platné pro daný typ motoru:

- a) název certifikačního úřadu,
- b) označení typu a verze výrobcem,
- c) prohlášení o každé dodatečné modifikaci zavedené pro účely splnění příslušných požadavků emisní způsobilosti,
- d) jmenovitý tah,
- e) referenční poměr stlačení,
- f) prohlášení o splnění požadavků na hodnotu kouřového čísla,
- g) prohlášení o splnění požadavků na plynné znečišťující látky;
- g)h) prohlášení o splnění požadavků na pevné částice.

1.4 ÚCL uzná za platné osvědčení emisní způsobilosti vystavené certifikačním úřadem jiného smluvního státu za předpokladu, že požadavky, na

jejichž základě bylo osvědčení uděleno, jsou nejméně tak přísné jako požadavky Předpisu L16/II.

1.5 ÚCL uzná za platné výjimky udělené motoru ~~certifikačním příslušným~~ úřadem jiného smluvního státu, pod jehož jurisdikci spadá organizace odpovědná za výrobu motoru ~~i přes požadavek na zastavení výroby~~, za podmínky, že ~~byl použit přijatelný postup výjimky byly uděleny v souladu s postupy a kritérii stanovenými v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II — Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.~~

Poznámka: Poradenský materiál a přijatelné postupy a kritéria pro udělení výjimek jsou uvedeny v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II — Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

1.6 Pokud není v tomto předpisu stanoveno jinak, musí být při stanovení použitelnosti standardů v tomto předpisu smluvním státem použito to datum, kdy byla podána státu projekce žádost o typové osvědčení motoru schváleného typu nebo verze, nebo datum podání podle rovnocenného postupu žádosti předepsaného certifikačním úřadem státu projekce.

1.7 Žádost o typové osvědčení motoru schváleného typu nebo verze musí být platná po dobu stanovenou v označení předpisů letové způsobilosti příslušných pro motor schváleného typu nebo verze, s výjimkou zvláštních případů, kdy certifikační úřad schválil prodloužení této doby. Je-li tato doba platnosti překročena a prodloužení je schváleno, musí se při stanovení použitelnosti standardů tohoto předpisu použít datum vydání typového osvědčení nebo schválení změny typového návrhu, nebo datum vydání schválení podle rovnocenného postupu předepsaného státem projekce zkrácené o dobu platnosti.

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 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, ~~peveř~~ udělí výjimku pro:

- 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;
- 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-NEW“ nebo „EXEMPT-SPARE“ a udělení výjimky musí být zaznamenáno do stálých záznamů 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.

~~2.1.1.3 Ustanovení této hlavy se také vztahují na motory konstruované pro aplikace, které by jinak byly splněny proudovými a dvouproudovými motory.~~

~~Poznámka: Při udělování výjimek by měl ÚCL vzít v úvahu pravděpodobný počet takovýchto motorů, které budou vyrobeny, a jejich dopad na životní prostředí. Pokud je takováto výjimka udělena, měl by ÚCL uvážit zavedení časového omezení na výrobu takovýchto motorů zamýšlených pro instalaci do nových letadel. 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.~~

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 s jmenovitým tahem.

Poznámka: Poradní materiál je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc

9501), Volume II – Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

2.1.2 Kontrolované emise

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

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

2.1.3 Jednotky měření

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

2.1.3.2 Hmotnost (D_p) plynných znečišťujících látek HC, CO nebo NOx 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 měřena a udávána v gramech.

2.1.4 Referenční podmínky

2.1.4.1 Atmosférické podmínky

Referenční atmosférické podmínky pro výkonnost motoru musí odpovídat nulové výšce mezinárodní standardní atmosféry ISA (podmínkám ISA) kromě referenční hodnoty absolutní 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_{oo}
Stoupání	85 % F_{oo}
Přiblížení	30 % F_{oo}
Pojíždění a volnoběh na zemi	7 % F_{oo}

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

úřadem, nesmí překročit předepsané hladiny
stanovené podle následujících vztahů:

2.1.4.4 Specifikace paliva

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

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

2.1.5 Podmínky měření

2.1.5.1 Měření musí být provedena s motorem na zkušebně.

a) pro motory schváleného typu nebo verze, jejichž první kus sériové výroby byl vyroben do 1. 1. 1996 a pro takovéto motory vyráběné kusově, které byly vyrobeny do 1. 1. 2000.

2.1.5.2 Motor musí odpovídat schválené konfiguraci (viz Doplněk 6 Předpisu L16/II); odběry vzduchu a jiná zatížení příslušenstvím kromě těch, která jsou nutná k základnímu provozu motoru, nesmí být simulována.

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

b) pro motory schváleného typu nebo verze, 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.

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

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 plyných emisí přepočítány na referenční atmosférické podmínky metodami uvedenými v Doplnku 3 Předpisu L16/II.

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

2.2 Kouřivost

2.2.1 Použitelnost

Požadavky ust. 2.2.2 musí plnit:

a) motory, které byly vyrobeny 1. ledna 1983 nebo později, ale před 1. lednem 2023;

b) motory s maximálním jmenovitým tahem menším nebo rovným 26,7 kN, které byly vyrobeny 1. ledna 2023 nebo později.

1. pro motory s poměrem stlačení 30 nebo méně:

i) pro motory s maximálním jmenovitým tahem větším než 89 kN:

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

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

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

2.2.2 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 L16/II, nebo rovnocennými postupy schválenými certifikačním úřadem, 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.

Poznámka: Poradní materiál definující ekvivalentní postupy a jejich použití je uveden v dokumentu Environmental Technical Manual (Doc 9501), Volume II — Procedures for the Emissions Certification of Aircraft Engines.

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

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

ii) pro motory s maximálním 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 poměrem stlačení 62,5 a více:

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

2.3 Plynné emise

2.3.1 Použitelnost

Požadavky ust. 2.3.2 se vztahují na motory, jejichž jmenovitý tah je větší než 26,7 kN a které byly vyrobeny 1. ledna 1986 nebo později a, jak je specifikováno dále, pro oxydy dusíku.

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

2.3.2 Předepsané hladiny

Hladiny plyných emisí, jsou-li měřeny a vypočteny v souladu s postupy uvedenými v Doplnku 3 Předpisu L16/II a převedeny na charakteristické hladiny postupy podle Doplnku 6 téhož předpisu, nebo rovnocennými postupy schválenými certifikačním

1. pro motory s poměrem stlačení 30 nebo méně:

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

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

- ii) pro motory s maximálním 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 poměrem stlačení více než 30, ale méně než 82,6:

- i) pro motory s maximálním jmenovitým tahem větším než 89,0 kN:

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

- ii) pro motory s maximálním 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 poměrem stlačení 82,6 a více:

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

- e) pro motory schváleného typu nebo verze 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 poměrem stlačení 30 nebo méně:

- i) pro motory s maximálním jmenovitým tahem větším než 89,0 kN:

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

- ii) pro motory s maximálním 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 poměrem stlačení více než 30, ale méně než 104,7:

- i) pro motory s maximálním jmenovitým tahem větším než 89,0 kN:

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

- ii) pro motory s maximálním 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 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 poměrem stlačení 30 nebo méně:

- i) pro motory s maximálním jmenovitým tahem větším než 89,0 kN:

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

- ii) pro motory s maximálním 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 poměrem stlačení více než 30, ale méně než 104,7:

- i) pro motory s maximálním jmenovitým tahem větším než 89,0 kN:

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

- ii) pro motory s maximálním 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 poměrem stlačení 104,7 a více:

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

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

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 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),

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 určené k pohonu jen při podzvukových rychlostech, jak je dále specifikováno v ust. 4.2, ~~jejichž žádost o typové osvědčení byla předána certifikačnímu úřadu.~~

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 zaznamenáno do stálých záznamů 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 udílení výjimek 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 ($\text{nvPM}_{\text{mass}}$).

4.1.3 Jednotky měření

4.1.3.1 Hmotnostní koncentrace nvPM (~~$\text{nvPM}_{\text{mass}}$~~) musí být měřeny a udávány v μg mikrogramech/ m^3 .

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 měřena a 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 měřen a 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 (EI_{mass}) a číselné emisní indexy nvPM (EI_{num}) mohou být stanoveny při nastaveních tahu referenčního emisního cyklu LTO ~~následujících specifikovaných procentech jmenovitého tahu~~ a při tazích produkujících maximální hmotnostní koncentraci $\text{nvPM}_{\text{mass}}$, maximální EI_{mass} a maximální EI_{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_{eo}]	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
Provozní režim LTO	Nastavení tahu	
Vzlet	100 % F_{eo}	
Stoupání	85 % F_{eo}	
Přiblížení	30 % F_{eo}	
Pojíždění a volnoběh na zemi	7 % F_{eo}	

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 příslušstvím 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 $E_{I_{mass}}$ a $E_{I_{num}}$ přepočítány na teplotu na vstupu do spalovací komory motoru za referenčních atmosférických podmínek metodou uvedenou v Doplňku 7.

4.1.5.4 Maximální hmotnostní koncentrace $nvPM$ musí být korigována o zředění a termoforetické ztráty ve sběrné části systému pro odběr vzorků v souladu s postupy v Doplňku 7. ~~$E_{I_{mass}}$ a $E_{I_{num}}$ musí být korigovány o termoforetické ztráty ve sběrné části systému pro odběr vzorků a složení paliva v souladu s postupy 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 schváleného typu nebo verze ~~a jejich odvozené verze~~ o jmenovitém tahu vyšším než 26,7 kN ~~a vyrobené kusově 1. ledna 2020 nebo později.~~

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 s jmenovitým tahem.

4.2.2 Předepsané hladiny

4.2.2.1 Maximální hmotnostní koncentrace $nvPM$

U motorů, které byly vyrobeny kusově 1. ledna 2020 nebo později, nesmí ~~maximální hmotnostní koncentrace $nvPM_{mass}$ [$\mu g/m^3$] 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, nebo rovnocennými postupy schválenými certifikačním úřadem, nesmí překročit úroveň předepsanou hladinu stanovenou z následujícího vzorce:~~

$$\begin{aligned} & \text{Předepsaná mezní hmotnostní koncentrace } nvPM_{mass} \\ & = \\ & = 10^{(3+2,9F_{oo}-0,274)} \end{aligned}$$

Poznámka: 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.

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, nebo rovnocennými postupy schválenými certifikačním úřadem, nesmí překročit předepsané hladiny stanovené následujícími vztahy:

a) LTO_{mass} :

1) pro motory schváleného typu nebo verze, které byly vyrobeny kusově 1. ledna 2023 nebo později:

i) pro motory s maximálním jmenovitým tahem větším než 200 kN:

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

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

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

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

i) pro motory s maximálním jmenovitým tahem větším než 150 kN:

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

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

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

b) LTO_{num} :

1) pro motory schváleného typu nebo verze, které byly vyrobeny kusově 1. ledna 2023 nebo později:

i) pro motory s maximálním jmenovitým tahem větším než 200 kN:

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

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

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

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

i) pro motory s maximálním jmenovitým tahem větším než 150 kN:

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

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

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

4.2.3 Požadované udávané hodnoty

Výrobce musí udávat následující hodnoty emisí $nvPM$ naměřených a vypočítaných v souladu s postupy uvedenými v Doplňku 7, nebo jakýmkoliv rovnocennými postupy schválenými certifikačním úřadem:

~~a) charakteristická hladina pro maximální koncentraci $nvPM_{mass}$ ($\mu g/m^3$)~~

~~b) průtok paliva (kg/s) při každém nastavení tahu cyklu LTO~~

~~c) $E_{I_{mass}}$ (mg/kg paliva) při každém nastavení tahu cyklu LTO~~

~~d) $E_{I_{num}}$ (částic/kg paliva) při každém nastavení tahu cyklu LTO~~

- ~~ea~~) maximální $E_{I_{mass}}$ (~~mg~~ miligramy/kg paliva) a
~~fb~~) maximální $E_{I_{num}}$ (částice/kg paliva).

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 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:

- identifikace motoru,
- jmenovitý tah (v kN),
- referenční kompresní poměr,
- specifikace paliva,
- podíl vodíku a uhlíku v palivu,
- metody získávání údajů; a

~~g)~~ ~~metody korekcí termoforetických ztrát ve sběrné části systému pro odběr vzorků a~~

~~h)~~

~~i)g)~~ metody analýzy údajů.

4.3.2 Informace o měřeních

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

- výhřevnost paliva (MJ/kg),
- obsah vodíku v palivě (hm. %),
- celkový obsah aromatických uhlovodíků v palivě (obj. %),

- obsah naftalenu v palivě (obj. %) a
- 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 Doplnku 7, nebo rovnocennými postupy schválenými certifikačním úřadem:

- průtok paliva (kg/s) při každém nastavení tahu cyklu LTO,
- $E_{I_{mass}}$ (miligramy/kg paliva) při každém nastavení tahu cyklu LTO,
- $E_{I_{num}}$ (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:

- emisní poměr, tj. $E_{I_{mass}} \times$ průtok paliva, (miligramy/s) pro hmotnost nvPM,
- emisní poměr, tj. $E_{I_{num}} \times$ průtok paliva, (částice/s) pro počet nvPM,
- celková hrubá emise hmotnosti nvPM změřená v průběhu LTO cyklu (miligramy),
- celková hrubá emise počtu nvPM změřená v průběhu LTO cyklu (částice);
- hodnoty LTO_{mass} / F_{oo} (miligramy/kN),
- hodnoty LTO_{num} / F_{oo} (částice/kN) a
- 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_{oo} a LTO_{num}/F_{oo} .

ZÁMĚRNĚ NEPOUŽITO

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

Poznámka 1: Cílem Části IV je poskytnout *standards a doporučené postupy* ~~deporučení~~ týkající se toho, jak vypočítat korekční faktory pro hmotnostní a číselný obsah nvPM jiných systémových ztrát nvPM, než jsou termoforetické ztráty ve sběrné části systému pro odběr vzorků. Systém *pro odběr vzorků a měření* nvPM, sběrná část systému pro odběr vzorků a výpočet termoforetické ztráty jsou popsány v Doplnku 7.

Poznámka 2: 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 Doplnku 7.

Pro motory schváleného typu nebo verze podléhající Části II, Hlavě 4, které byly vyrobeny kusově 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 udávány certifikačnímu nebo příslušnému úřadu, jak bylo určeno státem v souladu s postupy Doplnku 8, nebo rovnocennými postupy schválenými certifikačním úřadem. ~~1. Pro účely katalogizace a modelování by měli výrobci turbínových motorů letadel stanovit korekční faktory systémových ztrát pro hmotnostní a číselný obsah nvPM (k_{SL_mass} a k_{SL_num}) za použití metody popsané v Doplnku 8 a tyto faktory by měli nahlásit příslušnému úřadu.~~

~~2. Pro účely katalogizace a modelování by hmotnostní emise nvPM ~~ni~~ a číselné emise ~~koncentrace~~ nvPM získané podle postupů popsaných v Doplnku 7 měly být korigovány o systémové ztráty za pomoci metodiky popsané v Doplnku 8.~~

ZÁMĚRNĚ NEPOUŽITO

DOPLNĚK 2 - VYHODNOCENÍ KOUŘOVÝCH EMISÍ

1. Úvod a definice

Poznámka: Zde popsané metody se týkají odběru reprezentativních vzorků výstupních plynů a jejich transportu a analýzy v emisním měřicím systému.

1.1 Rovnocenné postupy k těm popsaným v tomto doplňku smí být povoleny pouze na základě předcházející žádosti a po schválení ÚCL.

1.2 Výrazy a symboly použité v tomto doplňku mají následující význam:

Objem vzorku (Sample volume)

Vybraný objem vzorku (uváděný v metrech krychlových), jehož odpovídající hmotnost spočítaná podle ust. 3 tohoto doplňku je v souladu s níže zmíněnou definicí velikosti vzorku.

SN (SN)

Kouřové číslo. Bezrozměrný výraz, jímž se hodnotí hladina kouřových emisí, založený na obarvení filtru referenčním množstvím vzorku výstupních plynů a uváděný v měřítku od 0 do 100 (viz ust. 3 tohoto doplňku).

SN' (SN')

Kouřové číslo získané z měření jednotlivých vzorků kouře, ne nutně velikosti referenčního vzorku, jak je definováno v ust. 3 tohoto doplňku.

Velikost referenčního vzorku (Sample reference size)

Množství vzorku, 16,2 kg/m² obarvené oblasti filtru, které průchodem přes materiál filtru způsobí změnu koeficientu odrazu dávající hodnotu parametru SN.

Velikost vzorku (Sample size)

Vybraný vzorek výstupních plynů, jehož množství (uváděné v kilogramech na metr čtvereční obarvené oblasti povrchu filtru) leží v rozmezí předepsaném v ust. 2.5.3 h) tohoto doplňku, který při průchodu materiálem filtru způsobí změnu odrazivosti dávající hodnotu parametru SN'.

W (W)

Hmotnost jednotlivého vzorku výstupních plynů pro měření kouře v kilogramech vypočítaná z měření objemu vzorku, tlaku a teploty (viz ust. 3 tohoto doplňku).

2. Měření kouřových emisí

2.1 Sonda pro odběr vzorků kouřových emisí

Sonda pro odběr vzorků musí splňovat níže uvedené požadavky:

- a) materiál sondy, se kterým je vzorek výfukových plynů v kontaktu, musí být z korozivzdorné oceli nebo jakéhokoliv jiného nereaktivního materiálu;

- b) pokud je používána sonda pro odběr vzorků s otvory pro vícenásobný odběr vzorku:

1) ~~—~~ musí mít všechny otvory pro odběr vzorku stejný průměr; a.

- ~~b)~~ 2) ~~K~~ konstrukce sondy pro odběr vzorků musí být taková, aby nejméně 80 % celkového poklesu tlaku na sondě bylo díky uspořádání sondy uskutečněno již na vstupních otvorech pro odběr vzorků;

- c) počet vzorkovaných poloh nesmí být menší než 12;

- d) rovina pro odběr vzorků musí být pokud možno s ohledem k výkonnosti motoru co nejbližší výstupní rovině výstupní trysky, ale v každém případě musí být maximálně ve vzdálenosti poloviny průměru trysky od výstupní roviny;

- e) žadatel musí prostřednictvím podrobných měření poskytnout ÚCL důkazy, že navrhovaná konstrukce a umístění sondy zajišťuje odběr reprezentativního vzorku pro každé předepsané nastavení tahu motoru.

2.2 Kapiláry pro transport vzorků kouřových emisí

2.2.1 Vzorek musí být ze sondy dopraven do sběrného systému vzorků pomocí kapilár o vnitřním průměru 4,0 až 8,5 mm co nejkratší možnou cestou, která nesmí být v žádném případě delší než 25 m. Teplota kapilár musí být udržována mezi 60 °C a 175 °C s odchylkou ± 15 °C kromě částí trasy, na kterých je požadováno snížení teploty výstupních plynů z motoru na řízenou teplotu kapilár.

2.2.2 Kapiláry pro transport vzorků musí být co nejpřímější. Všechny potřebné ohyby musí mít poloměry, větší než je desetinásobek vnitřního průměru kapilár. Materiál kapilár musí být takový, aby zamezil zachytávání jemných částic nebo vzniku statické elektřiny.

Poznámka: Tyto požadavky splňuje korozivzdorná ocel nebo polytetrafluoretylen (PTFE) plněně uhlíkem.

2.3 Systém pro analýzu kouře

Poznámka: Zde popsaná metoda je založená na snížení odrazivosti obarveného filtru při daném hmotnostním průtoku vzorku výstupních plynů.

Uspořádání jednotlivých komponent systému pro získávání potřebných vzorků obarvených filtrů musí být takové, jak je schematicky naznačeno na Obr. 2-1. Pro usnadnění čtení údajů ze zařízení může být nainstalován dodatečný obtok okolo zařízení pro měření objemu. Hlavní prvky systému musí vyhovovat následujícím požadavkům:

- a) *měření velikosti vzorku:* pro měření objemu vzorku s přesností ± 2 % musí být použito

- 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 ~~28-26~~ l/min za ~~normálního~~ 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 přídavná 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 CO₂ 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 ~~objem~~ ~~protékající~~průtok průtokoměrem během pětiminutových intervalů. Tento ~~objem~~ ~~průtok~~ nesmí přesáhnout ~~5-1~~ l/min (vztaženo k ~~normálnímu~~ 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.

2.4 Specifikace paliva

Palivo musí vyhovovat specifikacím uvedeným v Doplnku 4.

2.5 Postupy pro měření kouře

2.5.1 Provoz motoru

2.5.1.1 Motor musí být uveden do chodu na statickém zkušební 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 těsnosti 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 ~~2-0,4~~ 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 odstavci 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 získání

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

podsystemem a na schopnosti podsystemu vyhovět požadavkům na dobu transportu vzorku a na analýzy. Toto závisí na hnacím tlaku vzorku výstupních plynů a ztrátách v kapilárách. Použití těchto čerpadel je za určitých podmínek chodu motoru většinou považováno za nezbytné; a

- c) poloha čerpadla na horké vzorky může být vzhledem k systému pro analýzu plynů dle požadavků měněna. (Například některé HC analyzátoři obsahují čerpadla horkých vzorků, a tak mohou být uznány za vhodné při použití jako nasávací čerpadlo systému čerpadel pro horké vzorky.)

Poznámka: Obrázek 3-1 je schématickým nákresem systému pro odběr a analýzu vzorků výstupních plynů a znázorňuje základní požadavky na měření emisí.

5. POPIS KOMPONENT

Poznámka: Následuje obecný popis a specifikace hlavních prvků systému na měření emisí ve výstupních plynech motoru. Podrobnější detaily, pokud jsou zapotřebí, budou uvedeny v Dodatcích A, B a C k tomuto doplňku.

5.1 Systém pro odběr vzorků

5.1.1 Sonda pro odběr vzorků

Sonda pro odběr vzorků musí splňovat následující požadavky:

- a) materiál sondy, se kterým je vzorek výfukových plynů v kontaktu, musí být z korozivzdorné oceli nebo jakéhokoliv jiného nereaktivního materiálu;
- b) pokud je používána sonda pro odběr vzorků s otvory pro vícenásobný odběr vzorku:
 - 1) -musí mít všechny otvory pro odběr vzorku stejný průměr; a
 - 2) -Konstrukce sondy musí být taková, aby nejméně 80 % celkového poklesu tlaku na sondě bylo skutečně 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 nejbliže k výstupní rovině výstupní trysky motoru, ale v každém případě musí být vzdálená maximálně ve vzdálenosti poloviny průměru trysky od výstupní roviny; a
- e) žadatel musí prostřednictvím podrobných měření poskytnout ÚCL důkazy, že navrhovaná konstrukce a poloha sondy zajišťuje odběr reprezentativního vzorku pro každé předepsané nastavení tahu motoru.

5.1.2 Kapiláry pro transport vzorku

Vzorek musí být ze sondy dopraven do analyzátoru prostřednictvím kapilár o vnitřním průměru 4,0 až 8,5 mm co nejkratší možnou cestou a takovým průtokem, aby byla doba transportu menší než 10 sekund. Kapiláry musí být udržovány na teplotě $160\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$, kromě případu a), kdy je v části

systému požadováno, aby se plyny z teploty při výstupu z motoru ochladily na řízenou teplotu kapilár, a případu b), kdy se jedná o větve přivádějící vzorek do analyzátoru CO, CO₂ a NO_x. Tato větve musí být udržována na teplotě $65\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jestliže se odebírají vzorky pro měření HC, CO, CO₂ a NO_x, musí být kapiláry vyrobeny z korozivzdorné oceli nebo PTFE plněného uhlíkem.

5.2 Analyzátor HC

Měření celkového množství uhlovodíků obsažených ve vzorku musí být prováděno analyzátořem opatřeným predehřivaným plamenově ionizačním detektorem (FID), mezi jehož elektrodami prochází ionizační proud úměrný množství uhlovodíků vstupujících do vodíkového plamene. Analyzátor musí obsahovat komponenty uzpůsobené k řízení teploty, průtoku vzorku, obtoku vzorku, paliva a ředicího plynu a umožňující nastavení účinného rozsahu a ověření kalibrace nuly.

Poznámka: Souhrnné specifikace jsou uvedeny v Dodatku A tohoto doplňku.

5.3 Analyzátoři CO a CO₂

Pro měření těchto složek musí být použit nedisperzní infračervený analyzátor konstruovaný tak, aby využíval rozdílné absorpce energie v paralelní referenční kyvetě a v kyvetě s plynným vzorkem, přičemž kyveta nebo skupina kyvet musí být příslušně citlivé na každou z těchto plynných složek. Tento analytický podsystem musí obsahovat všechny důležité funkce pro ovládání 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 Dodatku B tohoto doplňku.

5.4 Analyzátor NO_x

Měření koncentrace plynu NO musí být provedena chemiluminiscenční metodou, ve které je míra intenzity záření emitovaného během reakce NO obsaženého ve vzorku s přidáním O₃ mírou koncentrace plynu NO. Složka NO₂ musí být před měřením převedena na NO v konvertoru s potřebnou účinností. System pro měření výsledného NO_x 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 Dodatku C tohoto doplňku.

6. OBECNÉ METODY MĚŘENÍ

6.1 Chod motoru

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

6.1.2 Měření emisí musí být provedena při nastaveních tahu motoru předepsaných ÚCL. Motor musí být při každém nastavení stabilizován.

6.2 Hlavní kalibrace přístroje

Poznámka: Hlavním cílem této kalibrace je potvrzení stability a lineárnosti.

6.2.1 Žadatel musí ujistit ÚCL, že kalibrace analytického systému je v době, kdy probíhá měření, platná.

6.2.2 Tato kalibrace musí pro analyzátor uhlovodíků zahrnovat ověření, zda jsou odezvy detektoru na kyslík a různé uhlovodíky ve specifikovaných mezích popsanych v Dodatku A tohoto doplňku. Také musí být zkontrolována účinnost NO₂/NO konvertoru a musí být ověřeno, zda vyhovuje požadavkům uvedeným v Dodatku C tohoto doplňku.

6.2.3 Metoda ověření charakteristik jednotlivých analyzátorů musí být následující (za použití kalibračního a měřícího plynu tak, jak je specifikováno v Dodatku D tohoto doplňku):

- přivést nulový plyn a nastavit nulovou hodnotu přístroje, zaznamenat nastavení přístroje, je-li to vhodné;
- pro každý pracovní rozsah přivést kalibrační plyn o jmenovité koncentraci plynu 90 % celého měřícího rozsahu (FSD); nastavit příslušné zesílení a zaznamenat nastavení;
- přivést koncentrace plynu o přibližně 30 %, 60 % a 90 % FSD a zaznamenat údaje analyzátoru;
- proložit směrnici vypočítanou metodou nejmenších čtverců nulou a body získanými měřeními 30%, 60% a 90% koncentrace plynu. Pro analyzátor CO a/nebo CO₂ použité v jejich základní formě bez linearizace výstupu musí být proložena křivka vypočítaná na základě příslušných matematických rovnic za využití přidaných kalibračních bodů, pokud je to považováno za nutné. Pokud se žádný bod nevychyluje o více než 2 % celého měřícího rozsahu (nebo ± 1 ppm*, podle toho, která odchylka je větší), je kalibrační křivka připravena pro pracovní použití.

6.3 Provoz

6.3.1 Žádná měření nesmí být provedena, dokud nejsou všechny přístroje a kapiláry pro transport vzorku vyhřáté a ve stabilním stavu a nejsou provedeny následující kontroly:

- kontrola těsnosti: před provedením série měření musí být zkontrolována těsnost systému tak, že se oddělí sonda a analyzátor, připojí se vývěva, která se uvede do provozu za stejných podmínek, za jakých je používána při měřeních kouře, a ověří se, že propouštění systému je menší než 0,4 l/min za normální standardní teploty a tlaku. Vývěva musí být schopna vytvořit při nulovém průtoku vakuum -75 kPa vzhledem k atmosférickému tlaku; její plný průtok nesmí být menší než 26 l/min za standardního tlaku a teploty;

* Kromě analyzátoru CO₂, pro který musí být hodnota ± 100 ppm.

- kontrola čistoty: oddělí se systém pro plynné vzorky od sondy a konec kapiláry pro průchod vzorku se připojí ke zdroji nulového plynu. Systém se zahřeje na provozní teplotu potřebnou pro provedení měření uhlovodíků. Uvede se do provozu čerpadlo pro vzorky a nastaví se průtok, který je používán během měření emisí motoru. Zaznamenají se údaje analyzátoru uhlovodíků. Údaje nesmí přesáhnout 1 % hladiny emisí při volnoběhu motoru nebo 1 ppm (oboje vyjádřeno jako metan), podle toho, která hodnota je větší.

Poznámka 1: V praxi je užitečné zpětným profukováním očistit kapiláry pro průchod vzorku během chodu motoru, zatímco je sonda umístěná ve výstupu motoru, ale emise nejsou měřeny, abychom se ujistili, že nedošlo k významné kontaminaci.

Poznámka 2: Dále je užitečné monitorovat kvalitu vstupního vzduchu na začátku a na konci měření a minimálně alespoň jednou za hodinu během měření. Pokud jsou hladiny znečištění považovány za významné, měly by být brány v úvahu při výpočtech.

6.3.2 Pro provozní měření musí být přijaty následující postupy:

- zavést příslušný nulový plyn a provést všechna důležitá nastavení přístroje;
- zavést příslušný kalibrační plyn jmenovité koncentrace plynu 90 % FSD, které budou používány, upravit a zaznamenat adekvátní získaná nastavení;
- je-li režim motoru stabilizován po nastavení na potřebný tah, pokračuje se v chodu motoru a zjišťují se koncentrace plynů znečišťujících látek, dokud se nezíská ustálená hodnota, která musí být zaznamenána;
- na konci měření a také v intervalech ne delších než jedna hodina se během měření překontrolují nulové a kalibrační body. Pokud se některý z nich změnil o více než ± 2 % FSD, musí být měření po obnově nastavení přístroje podle jeho specifikací zopakováno.

6.4 Kontrola bilance uhlíku

Každé měření musí zahrnovat kontrolu, zda poměr vzduchu a paliva stanovený z celkové koncentrace plynu 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 % (viz ust. 7.1.2).

7. VÝPOČTY

7.1 Plynné emise

7.1.1 Všeobecně

Výsledkem provedených analytických měření musí být koncentrace plynů různých plynných emisí tak, jak jsou detekovány jejich odpovídajícími analyzátoru, pro rozsah teplot na vstupu do spalovací komory (T_B) zahrnující čtyři LTO provozní režimy. Pomocí výpočtů podle ust. 7.1.2 nebo

**DOPLNĚK 4 – SPECIFIKACE PALIVA POUŽÍVANÉHO PRO MĚŘENÍ EMISÍ
LETADLOVÝCH TURBÍNOVÝCH MOTORŮ**

Palivo musí odpovídat specifikacím uvedeným v tomto doplňku, pokud nebyla ÚCL odsouhlasena odchylka a jakékoli nutné korekce. Aditiva použitá za účelem potlačení kouře (jakými jsou např. organokovové sloučeniny) nesmí být přítomna.

<i>Vlastnost</i>	<i>Povolený rozsah hodnot</i>
Hustota v kg/m ³ při 15 °C	780 - 820
Teplota destilace, °C	
10% bod (předestiluje 10 % objemu)	155 – 201
konečný bod varu	235 – 285
Výhřevnost paliva, MJ/kg	42,86 – 43,50
Obsah aromatických uhlovodíků, obj. %	15 – 23
Obsah naftalenu, obj. %	0,0 – 3,0
Výška nečadivého plamene, mm	20 – 28
Obsah vodíku, hm. %	13,4 – 14,3
Obsah síry, ppm hmotnostní hm. %	méně než 0,3 3000
Kinematická viskozita při – 20 °C, mm ² /s	2,5 – 6,5

**DOPLNĚK 6 – POSTUPY PRO PROKAZOVÁNÍ SHODY PRO PLYNNÉ EMISE,
KOUŘ A EMISE PEVNÝCH ČÁSTIC****1. VŠEOBECNĚ**

Pro dosažení shody s předepsanými hladinami stanovenými v Části III, ust. 2.2, 2.3, 3.2, 3.3 a 4.2 tohoto předpisu musí být dodržovány následující obecné postupy:

- a) výrobci musí být povoleno vybrat si pro certifikační zkoušku jakýkoliv počet motorů, včetně pouze jednoho, pokud si tak přeje;
- b) všechny výsledky získané během certifikačních zkoušek musí být ÚCL brány v úvahu;
- c) celkem musí být provedeny nejméně 3 měření motoru, v případě, kdy se certifikační zkouška provádí pouze na jednom motoru, musí být měření provedena nejméně třikrát;
- d) pokud je daný motor (*i*) měřen vícekrát, za průměrnou hodnotu (X_i) pro tento motor (*i*) musí být považována hodnota aritmetického průměru. Výsledkem pro certifikaci je potom hodnota aritmetického průměru hodnot (X_i) získaných pro každý měřený motor;
- e) výrobce musí ÚCL poskytnout informace specifikované v Části III, ust. 2.4, 3.4, 4.2 a/nebo 4.3 tohoto předpisu tak, jak je vhodné;
- f) motory podrobené měření musí mít emisní vlastnosti reprezentativní pro typ motoru, pro který je certifikace požadována. Nicméně, alespoň jeden z motorů musí být podstatně uzpůsoben standardu výroby daného typu motoru a musí mít plně reprezentativní provozní a výkonnostní charakteristiky. Jeden z těchto motorů musí být určen jako referenční standardní motor. Metoda pro korekci jakéhokoliv měřeného motoru na standardní referenční motor musí být schválena ÚCL. Pro přepočítávání výsledků měření na okolní podmínky musí být použita metoda popsaná v ust. 7 Doplnku 3, ust. 7 Doplnku 5, nebo ust. 6 Doplnku 7 tak, jak je použitelné.

2. POSTUPY PRO PROKAZOVÁNÍ SHODY**2.1 Plynné emise a kouřové čísla**

ÚCL udělí prohlášení o shodě v případě, že průměr naměřených a přepočítaných hodnot (na referenční standardní motor a referenční atmosférické podmínky) pro všechny měřené motory, po převedení na charakteristickou hladinu pomocí příslušného faktoru určeného počtem měřených

motorů (*i*) podle Tabulky A6-1, nepřekročí předepsanou hladinu.

Poznámka: Charakteristická hladina kouřového čísla nebo plynných emisí je průměr hodnot všech zkoušených motorů a pouze pro plynné emise vhodně přepočítaných na standardní referenční motor a referenční atmosférické podmínky dělený koeficientem odpovídajícím počtu měřených motorů, jak je uvedeno v Tabulce A6-1.

2.2 Emise pevných částic

2.2.1 Certifikační úřad udělí prohlášení o shodě v případě, že průměr naměřených maximálních hmotnostních koncentrací nvPM a korigovaných o termoforetické ztráty ve sběrné části systému pro odběr vzorků pro všechny měřené motory, po převedení na charakteristickou hladinu pomocí příslušného faktoru určeného počtem měřených motorů (*i*) podle Tabulky A6-1, nepřekročí předepsanou hladinu.

Poznámka: Charakteristická hladina maximální hmotnostní koncentrace nvPM je průměr maximálních hodnot všech zkoušených motorů, příslušně korigovaných o termoforetické ztráty ve sběrné části systému pro odběr vzorků, dělený koeficientem odpovídajícím počtu měřených motorů, jak je uvedeno v Tabulce A6-1.

2.2.2 Certifikační úřad udělí prohlášení o shodě v případě, že průměr hmotnostních emisí nvPM a průměr číselných emisí nvPM naměřených a korigovaných o termoforetické ztráty ve sběrné části systému pro odběr vzorků a o složení paliva pro všechny měřené motory, po převedení na charakteristickou hladinu pomocí příslušného faktoru určeného počtem měřených motorů (*i*) podle Tabulky A6-1, nepřekročí předepsanou hladinu.

Poznámka: Charakteristická hladina hmotnostních emisí nvPM a číselných emisí nvPM je průměr hodnot všech zkoušených motorů, příslušně korigovaný o termoforetické ztráty ve sběrné části systému pro odběr vzorků a o složení paliva, dělený koeficientem odpovídajícím počtu měřených motorů, jak je uvedeno v Tabulce A6-1.

2.3 Charakteristická hladina

Koeficienty potřebné k stanovení charakteristických hladin emisí motoru jsou uvedeny v Tabulce A6-1.

Tabulka A6-1. Koeficienty k stanovení charakteristických hladin

Počet měřených motorů (i)	CO	HC	NO _x	SN	Hmotnostní koncentrace nvPM	Hmotnost nvPM LTO	Počet nvPM LTO
1	0,8147	0,6493	0,8627	0,7769	0,7769	0,7194	0,7194
2	0,8777	0,7685	0,9094	0,8527	0,8527	0,8148	0,8148
3	0,9246	0,8572	0,9441	0,9091	0,9091	0,8858	0,8858
4	0,9347	0,8764	0,9516	0,9213	0,9213	0,9011	0,9011
5	0,9416	0,8894	0,9567	0,9296	0,9296	0,9116	0,9116
6	0,9467	0,8990	0,9605	0,9358	0,9358	0,9193	0,9193
7	0,9506	0,9065	0,9634	0,9405	0,9405	0,9252	0,9252
8	0,9538	0,9126	0,9658	0,9444	0,9444	0,9301	0,9301
9	0,9565	0,9176	0,9677	0,9476	0,9476	0,9341	0,9341
10	0,9587	0,9218	0,9694	0,9502	0,9502	0,9375	0,9375
více než 10	$1 - \frac{0,13059}{\sqrt{i}}$	$1 - \frac{0,24724}{\sqrt{i}}$	$1 - \frac{0,09678}{\sqrt{i}}$	$1 - \frac{0,15736}{\sqrt{i}}$	$1 - \frac{0,15736}{\sqrt{i}}$	$1 - \frac{0,19778}{\sqrt{i}}$	$1 - \frac{0,19778}{\sqrt{i}}$

3. POSTUPY V PŘÍPADĚ NESPLNĚNÍ CERTIFIKAČNÍ ZKOUŠKY

Poznámka: Pokud se certifikační zkouška nepodaří provést, neznamená to nevyhnutelně, že daný typ motoru nesplňuje požadavky, ale může to znamenat, že spolehlivost daná prohlášením o shodě uděleným ÚCL není dostatečně vysoká, tj. je menší než 90%. Následně by mělo být výrobcí povoleno předložit další doklady o shodě pro daný typ motoru.

3.1 Pokud se pro nějaký typ motoru nepodaří provést certifikační zkouška, musí ÚCL povolit výrobcí, pokud si tak přeje, provést na motorech, na kterých se certifikační zkoušky provádí, další měření. Jestliže konečné dostupné výsledky ukazují, že daný typ motoru nevyhovuje certifikačním požadavkům, musí být výrobcí povoleno provést měření na tolika dalších motorech, na kolika si přeje. Konečné výsledky měření musí být posuzovány se všemi předchozími daty.

3.2 Jsou-li výsledky stále neuspokojivé, musí být výrobcí povoleno vybrat jeden nebo více motorů,

kteří budou modifikováni. Musí být prozkoumány výsledky již provedených měření vybraných nemodifikovaných motorů a musí být provedena další měření tak, aby byla k dispozici nejméně tři měření. Pro každý motor bude stanoven průměr těchto měření označený jako „průměr nemodifikovaných měření“.

3.3 Potom smí být motor(y) modifikován(y) a na modifikovaném(ých) motoru(ech) musí být provedena nejméně tři měření, jejichž průměr musí být pro každý případ označen jako „průměr modifikovaných měření“. Tento průměr musí být porovnán s průměrem nemodifikovaných měření, aby se zjistila míra zdokonalení, která musí být potom společně s výsledky z předešlých měření použita k určení, zda bylo dosaženo shody. Před měřením modifikovaného motoru musí být zajištěno, že modifikace vyhovuje příslušným požadavkům na letovou způsobilost.

3.4 Tento postup musí být opakován, dokud není prokázána shoda nebo není danému typu motoru stažena žádost o typovou certifikaci motoru.

ZÁMĚRNĚ NEPOUŽITO

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.

Ztráty částic (Particle loss)

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

2.2 Zkratky

CPC	Kondenzační čítač částic <i>Condensation Particle Counter</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 transmise <i>Thermal-optical transmission method</i>

VPR Separátor těkavých částic
Volatile Particle Remover

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 = 0,0003
[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
D _{xy} , při z nm	aerodynamický průměr, při němž je detekováno xy % (účinnost detekce) částic velikosti z
EI _{mass}	hmotnostní emisní index nvPM opravený o termoforetické ztráty a složení paliva, v mg miligramech/kg paliva
EI _{num}	číselný emisní index nvPM opravený o termoforetické ztráty 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
η _{VPR(D_m)}	penetrační podíl částic VPR pro částice s D _m
k _{fuel_M}	korekční faktor složení paliva pro hmotnostní emisní index nvPM
k _{fuel_N}	korekční faktor složení paliva pro číselný emisní index nvPM
k _{thermo}	korekční faktor termoforetických ztrát ve sběrné části

4.2 Sběrná část

4.2.1 Sekce 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) ~~K~~konstrukce **odběrové** sondy musí být taková, aby nejméně 80 % celkového poklesu tlaku na sondě bylo skutečně 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 sekce 2 musí sestava rozdělovací komory (rozdělovače) rozdělit vzorek mezi potrubí přenosové části, kapiláru pro plynné emise (GL) pro měření neředěných 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 sekcí 3;
- c) procházel před vstupem do měřicí části v sekci 5 cyklonovým odlučovačem a rozdělovací komorou 2 v sekci 4.

4.4 Měřicí část

4.4.1 Měření hmotnostního obsahu nvPM

Přístroj nvPMmi musí splňovat požadavky Dodatku B k tomuto doplňku.

Každý nvPMmi tovární značky a typu musí mít osvědčení vydané výrobcem přístroje nebo jinou příslušnou zkušební a kalibrační laboratoří, které potvrzuje, že daná tovární značka a typ nvPMmi splňuje provozní specifikace uvedené v Tabulce A7-3 Dodatku B k tomuto doplňku.

4.4.2 Měření číselného obsahu nvPM

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.

Každý VPR a CPC tovární značky a typu musí mít osvědčení vydané výrobcem přístroje nebo jinou příslušnou zkušební a kalibrační laboratoří, které potvrzuje, že daná tovární značka a typ zařízení splňuje provozní specifikace uvedené v Dodatku C k tomuto doplňku.

4.4.3 Doplňkový přívod

- a) K udržování konstantního průtoku vzorku sekcí 3 a zajištění ředěného vzorku pro měření koncentrace CO₂ se použije doplňkový přívod.
- b) Doplňkový 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.

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 Dodatku B k tomuto doplňku.
- b) Po změnách hardwaru nebo softwaru nvPMmi, které ovlivňují sběr a zpracování dat, musí přístroj nvPMmi prokázat shodu s provozními specifikacemi uvedenými v Tabulce A7-3 Dodatku B k tomuto 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 požadavky předepsané v Dodatku C k tomuto doplňku.

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

- Pokud je P_1 nižší než atmosférický tlak, musí být regulační ventil tlaku P_1 uzavřen; a pokud je zastavěn nepovinný uzavírací ventil, musí být uzavřen.
- Jak koncentrace CO_2 v GL, tak koncentrace CO_2 za dilutorem 1, $[\text{CO}_2]_{dil1}$, musí být měřeny nepřetržitě a používány k ověření platnosti a kontrole DF_1 v reálném čase ($DF_{1,S}$) v rámci rozsahu 8 až 14. $DF_{1,S}$ je definován jako:

$$DF_{1,S} = \frac{[\text{CO}_2]_S}{[\text{CO}_2]_{dil1}}$$

Poznámka: Výpočet $DF_{1,S}$ nevyžaduje koncentraci CO_2 za mokra.

- Pomocí součtu průtoku doplňkového přívodu a průtoků na vstupu do nvPMmi a VPR musí být monitorován průtok vzorku 25 slpm ± 2 slpm v sekci 3.
- Pokud jsou při požadovaném nastavení tahu chod motoru a naměřené koncentrace nvPM a $[\text{CO}_2]_{dil1}$ stabilní, musí být zprůměrovány a zaznamenány data minimálně 30 sekund.
- Pokud nvPMmi postrádá měření tlaku vzorku, musí být tlak měřen a zaznamenán v místě mezi výstupem rozdělovací komory 2 a vstupem doplňkového přívodu.
- 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 (DF_1) a termoforetické ztráty částic ve sběrné části. Vypočítá se 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 ředící faktory, a termoforetické ztráty částic ve sběrné části a jejich příslušné korekční faktory složení paliva. Vypočítají se na základě následujících rovnic:

$$EI_{mass} = \frac{22,4 \times nvPM_{mass_STP} \times 10^{-3}}{\left([\text{CO}_2]_{dil1} + \frac{1}{DF_1}([\text{CO}] - [\text{CO}_2]_b + [\text{HC}])\right)} \times k_{thermo} \times k_{fuel_M}$$

$$EI_{num} = \frac{22,4 \times DF_2 \times nvPM_{num_STP} \times 10^6}{\left([\text{CO}_2]_{dil1} + \frac{1}{DF_1}([\text{CO}] - [\text{CO}_2]_b + [\text{HC}])\right)} \times k_{thermo} \times k_{fuel_N}$$

$[\text{CO}_2]$, $[\text{CO}]$ a $[\text{HC}]$ se vypočítají dle Dodatku E k Doplňku 3.

Poznámka 1: 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 2: 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 $T_{EGT} < T_1$, 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:

$$k_{fuel_M} = \exp\left\{\left(1,08 \frac{F}{F_{00}} - 1,31\right)(13,8 - H)\right\}$$

$$k_{fuel_N} = \exp\left\{\left(0,99 \frac{F}{F_{00}} - 1,05\right)(13,8 - H)\right\}$$

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.

4. SEKCE 4: VSTUP CYKLONOVÉHO SEPARÁTORU – VSTUP MĚŘIČIHO PŘÍSTROJE**4.1** Cyklonový separátor

Cyklonový separátor musí splňovat následující požadavky:

- Materiál cyklonového separátoru musí být korozivzdorná ocel.
- Cyklonový separátor musí být ohříván na 60 °C ±15 °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: $D_{50} = 1,0 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$
 - Ostrost: $(D_{16}/D_{84})^{0,5} \leq 1,25$
 - Pokles tlaku: $\Delta P \leq 2 \text{ kPa}$

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 °C ±15 °C.
- Rozdělovač 2 musí rozdělovat vzorek do tří proudů, aby přivedl zředěný vzorek nvPM k:
 - nvPMmi
 - VPR
 - doplňkovému přívodu
- Úhly rozděleného proudu vůči příchozímu proudu mohou být ostré, jak je prakticky proveditelné, nejvýše však 35°.
- Všechny cesty proudů vzorku pro měření nvPM musí být co možná ~~nejpřímější a co~~ nejkratší.
- Geometrie rozdělovače 2 musí splňovat následující požadavky:
 - Žádná vpřed směřující slepá ramena na vnitřní stěně.
 - Žádné změny ID mezi výstupem rozdělovače 2 a vstupem nvPMmi.
 - Žádné změny ID mezi výstupem rozdělovače 2 a vstupem VPR.

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 °C ±15 °C.
- Mezi potrubím pro transport vzorků a vstupy měřících 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.

5. SEKCE 5: – MĚŘENÍ nvPM**5.1** Doplnkový přívod

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 CO₂ k měření nepřetržitě koncentrace CO₂ za dilutorem 1 [CO₂]_{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.

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

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

5.1.3 Analyzátor CO₂ musí splňovat následující požadavky:

- analyzátor CO₂ musí být umístěn za regulátorem průtoku;
- analyzátor CO₂ musí splňovat provozní specifikace uvedené v Dodatku B k Doplnku 3, odstavcích „Analyzátory CO a CO₂“ a „Analyzátor CO₂“ s výjimkou bodu a).
- Celkový rozsah analyzátoru CO₂ by měl být přibližně desetinásobně menší než analyzátoru CO₂ použitého na GL.

ZÁMĚRNĚ NEPOUŽITO

DODATEK E K DOPLŇKU 7 – POSTUPY TÝKAJÍCÍ SE PROVOZU SYSTÉMU

1. KONTROLA TĚSNOSTI SBĚRNÉ ČÁSTI A KAPILÁRY PRO PLYNNÉ EMISE**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 **normální standardní** teploty a tlaku nesmí být nižší než ~~28-26~~ l/min .

1.2 Požadavky týkající se kontroly těsnosti

Míra netěsnosti musí být menší než 0,4 slpm.

2. KONTROLA ČISTOTY SBĚRNÉ ČÁSTI A KAPILÁRY PRO PLYNNÉ EMISE

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

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.

2.2 Požadavky týkající se kontroly čistoty

~~2.2.14~~ Odečítané údaje uhlovodíků nesmí překročit 1 % hladiny emisí při volnoběhu nebo 1 ppm (obojí vyjádřeno na uhlík), podle toho, která hodnota je větší.

~~2.2.25~~ Doporučuje se monitorovat kvalitu vstupního vzduchu na začátku a na konci měření a alespoň jednou za hodinu během měření. Pokud jsou hladiny HC považovány za významné, měly by být brány v úvahu při výpočtech.

3. KONTROLA ČISTOTY A TĚSNOSTI PŘENOSOVÉ ČÁSTI

Kontrola čistoty může dopadnout špatně v důsledku kontaminace komponentů přenosové části nebo netěsnostem v přenosové a/nebo měřicí části.

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

3.1 Postup kontroly čistoty a těsnosti

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.
- DF_2 se nastaví na nejnižší nastavení VPR.

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.

3.2 Požadavky týkající se kontroly čistoty a těsnosti

3.2.1 Průměrná 30sekundová hmotnostní koncentrace nvPM ($nvPM_{mass_STP}$) musí být nižší než $1 \mu g/m^3$.

3.2.2 Průměrná 30sekundová číselná koncentrace nvPM ($nvPM_{num_STP}$) musí být nižší než $2,0$ částic/ cm^3 .

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.

4. ZPĚTNÉ PROFOUKNUTÍ SBĚRNÉ ČÁSTI

Aby se udržela jejich čistota od nespáleného paliva, musí se odběrové sondy a potrubí během spouštění a vypínání motoru zpětně profouknout, jak je zobrazeno na Obrázku A7-5.

5. MĚŘENÍ nvPM OKOLNÍHO VZDUCHU**5.1 Všeobecně**

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.

5.1.2 Aby se dosáhlo reprezentativnosti, doporučuje se u uzavřeného zkušebního prostoru, aby se měření částic okolního vzduchu prováděla během chodu motoru. První měření okolního vzduchu by mělo být získáno nejméně pět minut po spuštění motoru.

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:

DOPLNĚK 8 – POSTUPY PRO ODHAD KOREKČÍ SYSTÉMOVÝCH ZTRÁT nvPM

Poznámka 1: Postupy uvedené v tomto doplňku se týkají určování korekčních faktorů ztrát v rámci systému pro odběr vzorků a měření nvPM, s výjimkou termoforetických ztrát ve sběrné části, které jsou zahrnuty v údajích uváděných v Doplňku 7.

Poznámka 2: Realizace systému pro odběr vzorků a měření nvPM vyžaduje potrubí pro transport vzorků dlouhé až 35 m a zahrnuje několik komponentů systému pro odběr vzorků a měření, což může vést k významným ztrátám částic v řádu 50 % u hmotnostního obsahu nvPM a 90 % u číselného obsahu nvPM. Ztráty částic závisí na velikosti, a proto závisí na provozních podmínkách motoru, technologii spalovací komory a pravděpodobně dalších činitelech. Postupy uvedené v tomto doplňku umožňují odhad těchto ztrát částic.

~~Poznámka 3: Korekční faktory systémových ztrát se odhadují na základě následujících předpokladů: nvPM ve výstupní rovině výfukových plynů motoru mají logaritmicko-normální (lognormální) rozdělení, konstantní hodnotu efektivní hustoty nvPM, pevnou hodnotu geometrické směrodatné odchylky, omezující hmotnostní koncentraci nvPM na mez detekce, minimální mezní průměr částic 0,01 µm a žádnou koagulaci.~~

Poznámka 43: Metoda navržená v tomto doplňku využívá data a měření uvedená v Doplňku 7 a ~~jeho~~ ~~dotacích~~ k Doplňku 7. Symboly a definice, které nejsou definovány v tomto doplňku, jsou vymezeny v Doplňku 7 a ~~dotacích~~.

1. VŠEOBECNĚ

1.1 V rámci systému pro odběr vzorků a měření nvPM dochází ke ztrátě částic na stěnách systému pro odběr vzorků díky mechanismům sedimentace. Tyto ztráty jsou jak na velikosti závislé, tak nezávislé. Termoforetické ztráty ve sběrné části nezávislé na velikosti jsou specifikovány v ust. 6.2.1 Doplňku 7.

1.2 Ztráta částic v rámci celého systému pro odběr vzorků a měření nvPM, vyjma termoforetických ztrát ve sběrné části, se nazývá systémovou ztrátou.

1.3 Do úvahy je potřeba brát velikostní rozdělení nvPM, protože mechanismy ztráty částic závisí na velikosti částic. Tyto ztráty závislé na velikosti částic jsou kvantifikovány z pohledu podílu částic dané velikosti, které proniknou systémem pro odběr vzorků a měření.

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 (1 g/cm^3), 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.

Číselná koncentrace částic (Particle number concentration)

Počet částic v jednotkovém objemu vzorku.

Číselný emisní index částic (Particle number emission index)

Počet vypuštěných částic vztažený na jednotku hmotnosti použitého paliva.

Hmotnostní emisní index částic (Particle mass emission index)

Hmotnost vypuštěných částic vztažená na jednotku hmotnosti použitého paliva.

Hmotnostní koncentrace částic (Particle mass concentration)

Hmotnost částic v jednotkovém objemu vzorku.

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.

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.

Velikostní rozdělení částic (Particle size distribution)

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

Ztráty částic (Particle loss)

Ztráty částic v průběhu transportu napříč ~~součástmi systémem~~ ~~systému~~ pro odběr vzorků ~~nebo měření nebo v důsledku činnosti přístroje~~. ~~Tyto ztráty systému pro odběr vzorků a měření~~ jsou zapříčiněny nejrůznějšími mechanismy sedimentace, z nichž některé závisí na velikosti částic.

2.2 Zkratky

CPC	Kondenzační čítač částic <i>Condensation Particle Counter</i>
EENEP	Rovina výfuku trysky výstupních plynů motoru <i>Engine exhaust nozzle exit plane</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 v 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>
VPR	Separátor těkavých částic <i>Volatile Particle Remover</i>

2.3 Symboly

C_c	$1 + \frac{2\lambda}{D_m} \times (1,165 + 0,483 \times e^{-\frac{0,997D_m}{2\lambda}})$, bezrozměrný Cunninghamův korekční faktor na skluz
DF_1	faktor ředění prvního stupně
DF_2	faktor ředění druhého stupně (VPR) podle kalibrace příslušnou laboratoří
D	$\frac{k_B \times (273,15 + T_i) \times C_c}{3 \times \pi \times \mu \times D_m \times 10^{-4}} \times 10^7$, difúzní koeficient částice, cm^2/s
D_m	průměr elektrické pohyblivosti (mobility) částice nvPM, kterým se rozumí průměr elektrické pohyblivosti (mobility) s výjimkou cyklonového separátoru, kde je průměrem částice aerodynamický průměr, nm
D_{mg}	geometrický střední průměr rozdělení podle velikosti nvPM, nm um
δ	součet čtverce relativních rozdílů mezi naměřenými a vypočítanými hmotnostními a číselnými koncentracemi nvPM korigovanými o zředění
EI_{mass}	hmotnostní emisní index nvPM opravený o termoforetické ztráty a složení paliva, v miligramech/kg paliva
EI_{num}	číselný emisní index nvPM opravený o termoforetické ztráty a složení paliva, v počtu/kg paliva
ϵ	kritérium konvergence (1×10^{-9})
$f_{ign}(D_m)$	distribuční funkce lognormálního rozdělení s parametry geometrická směrodatná odchylka (σ_g) a geometrický střední průměr (D_{mg})
$f_N(D_m)$	distribuční funkce lognormálního rozdělení počtu částic v rovině výfuku trysky výstupních plynů motoru EENEP
ID_i	vnitřní průměr i-tého segmentu potrubí pro transport vzorků, mm
k_B	$1,3806 \times 10^{-16}$, Boltzmannova konstanta, $(\text{g} \cdot \text{cm}^2)/(\text{s}^2 \cdot \text{K})$

k_{SL_mass}	korekční faktor EI_{mass} pro systémové ztráty bez korekce termoforetických ztrát ve sběrné části
k_{SL_num}	korekční faktor EI_{num} pro systémové ztráty bez korekce termoforetických ztrát ve sběrné části
k_{thermo}	korekční faktor termoforetických ztrát ve sběrné části, stanovený v ust. 6.2.1 Doplnku 7
λ	$63,7 \times 10^{-3}$ $\times \left(\frac{273,15+T_i}{296,15}\right)^2 \left(\frac{273,15+T_i}{296,15}\right) \times \left(\frac{101,325}{P_i}\right) \times \left(\frac{406,55}{T_i+383,55}\right)$, střední volná dráha nosného plynu,
μ	viskozita nosného plynu, g/cm·s
$nvPM_{mass_EST}$	odhadovaná nezředěná (tj. opravená o zředění) hmotnostní koncentrace přístroje, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$nvPM_{num_EST}$	odhadovaná nezředěná (tj. opravená o zředění) číselná koncentrace přístroje, $\mu\text{g}/\text{m}^3$
$nvPM_{mass_EP}$	odhadovaná hmotnostní koncentrace nvPM v rovině výfuku trysky výstupních plynů motoru, specifikovaná v ust. 4 tohoto doplnku, neopravená o termoforetické ztráty ve sběrné části
$nvPM_{num_EP}$	odhadovaná číselná koncentrace nvPM v rovině výfuku trysky výstupních plynů motoru, specifikovaná v ust. 4 tohoto doplnku, neopravená o termoforetické ztráty ve sběrné části
$nvPM_{mass_STP}$	hmotnostní koncentrace zředěných nvPM za stavu přístroje STP, μg mikrogramy/ m^3
$nvPM_{num_STP}$	číselná koncentrace zředěných nvPM za stavu přístroje STP, počet/ cm^3
$\eta_{mass}(D_m)$	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
P_i	tlak nosného plynu v i-tém segmentu potrubí pro transport vzorků, kPa
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
Q_i	průtok nosného plynu v i-tém segmentu potrubí pro transport vzorků, slpm
Re	$\frac{2 \times \rho_{plynu} \times Q_i}{3 \times \pi \times \mu \times ID_{ij}}$, Reynoldsovo číslo nosného plynu
$R_{MN}(D_m)$	vypočítaný poměr odhadované hmotnostní koncentrace nvPM a odhadované číselné koncentrace nvPM
T_i	teplota nosného plynu v i-tém segmentu potrubí pro transport vzorků, °C

~~3. KOREKČNÍ FAKTORY PRO HMTNOSTNÍ A ČÍSELNÉ EMISNÍ INDEXY nvPM~~

~~Korekční faktor EI_{mass} pro systémové ztráty je poměr mezi předpokládanou hmotnostní koncentrací v rovině výfuku trysky výstupních plynů motoru bez korekce o termoforetické ztráty ve sběrné části a naměřenou hmotnostní koncentrací a měl by být vypočítán následovně:~~

$$~~k_{SL_mass} = \frac{nvPM_{mass_EP}}{DF_1 \times nvPM_{mass_STP}}~~$$

~~Korekční faktor EI_{num} pro systémové ztráty je poměr mezi předpokládanou číselnou koncentrací v rovině výfuku trysky výstupních plynů motoru bez korekce o termoforetické ztráty ve sběrné části a naměřenou číselnou koncentrací a měl by být vypočítán následovně:~~

$$~~k_{SL_num} = \frac{nvPM_{num_EP}}{DF_1 \times DF_2 \times nvPM_{num_STP}}~~$$

~~4. POSTUP ODHADU HMTNOSTNÍCH A ČÍSELNÝCH KONCENTRACÍ V ROVINĚ VÝFUKU TRYSKY VÝSTUPNÍCH PLYNŮ MOTORU OPRAVENÝCH O SYSTÉMOVÉ ZTRÁTY~~

~~Hmotnostní ($nvPM_{mass_EP}$) a číselné ($nvPM_{num_EP}$) obsahy v rovině výfuku trysky výstupních plynů motoru by měly být určeny pomocí následujícího postupu:~~

~~a) Pro změřený $nvPM_{num_STP}$ se začíná s počáteční hodnotou $nvPM_{num_EP} = 3 \times DF_1 \times DF_2 \times nvPM_{num_STP}$~~

- b) ~~Pro geometrický střední průměr (D_{mg}) lognormálního rozdělení velikosti částic se předpokládá počáteční hodnota $0,02 \mu\text{m}$.~~
- c) ~~Začínajíc s počátečními předpokládanými hodnotami $nvPM_{num_EP}$ a D_{mg} z bodů a) a b) se pomocí následujících rovnic odhadnou hmotnostní ($nvPM_{mass_EST}$) a číselné ($nvPM_{num_EST}$) koncentrace $nvPM$:~~

$$\cancel{nvPM_{mass_EST} = \sum_{D_m=0,01\mu\text{m}}^{1\mu\text{m}} \eta_{mass}(D_m) \times \frac{\rho \pi D_m^3}{6} \times nvPM_{num_EP} \times f_{ign}(D_m) \times \Delta \ln(D_m)}$$

$$\cancel{nvPM_{num_EST} = \sum_{D_m=0,01\mu\text{m}}^{1\mu\text{m}} \eta_{num}(D_m) \times nvPM_{num_EP} \times f_{ign}(D_m) \times \Delta \ln(D_m)}$$

kde

$$f_{ign}(D_m) = \frac{1}{\sqrt{2\pi \ln(\sigma_g)}} \times e^{-\frac{1}{2} \left\{ \frac{\ln(D_m) - \ln(D_{ng})}{\ln(\sigma_g)} \right\}^2}$$

$$\Delta \ln(D_m) = \frac{1}{n} \times \frac{1}{\log_{10}(e)}$$

$\Delta \ln(D_m)$ je rozpětí hodnot přirozeného logaritmu báze velikostní skupiny; e je Eulerovo číslo a n je počet velikostních skupin částic na desítku

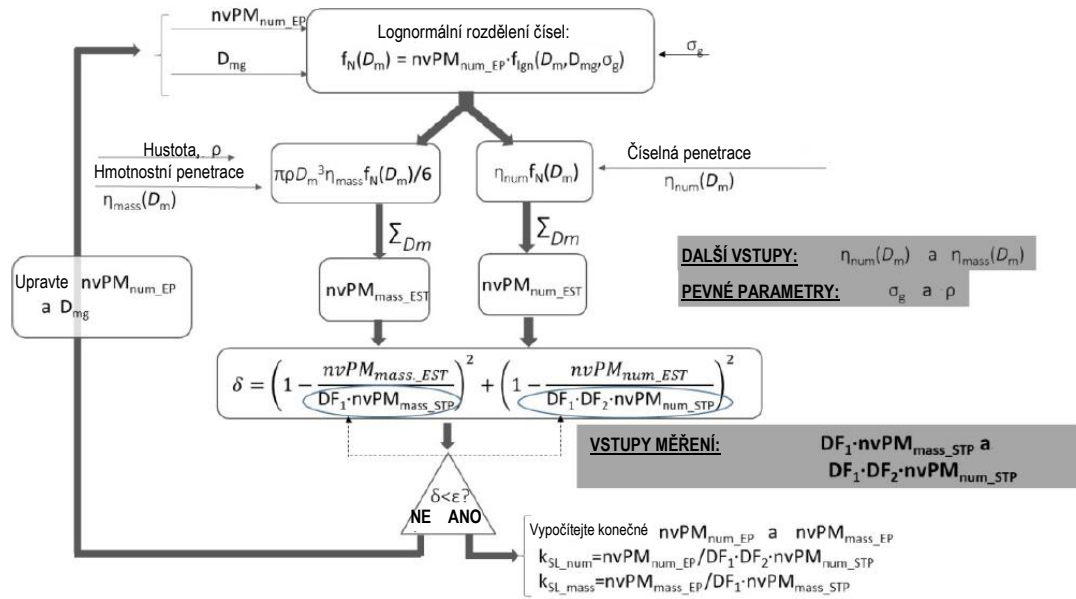
- e) ~~Určí se rozdíl, δ , mezi $nvPM_{num_STP}$, $nvPM_{mass_STP}$ a odhady číselné koncentrace $nvPM$ ($nvPM_{num_EST}$) a hmotnostní koncentrace $nvPM$ ($nvPM_{mass_EST}$) z počátečních hodnot v rovině výfuku trysky výstupních plynů motoru s pomocí rovnice:~~

$$\cancel{\delta = \left(\frac{DF_1 \times DF_2 \times nvPM_{num_STP} - nvPM_{num_EST}}{DF_1 \times DF_2 \times nvPM_{num_STP}} \right)^2 + \left(\frac{DF_1 \times nvPM_{mass_STP} - nvPM_{mass_EST}}{DF_1 \times nvPM_{mass_STP}} \right)^2}$$

- e) ~~Kroky c) až d) se opakují s různými $nvPM_{num_EP}$ a D_{mg} , dokud není menší než 1×10^{-9} .~~
- f) ~~Poté, co je δ menší než 1×10^{-9} , jsou konečné hodnoty $nvPM_{num_EP}$ a D_{mg} ty, které se poji s minimalizovanou hodnotou δ .~~
- g) ~~S využitím $nvPM_{num_EP}$ a D_{mg} z bodu f) by měla být určena $nvPM_{mass_EP}$ s pomocí výrazu:~~

$$\cancel{nvPM_{mass_EP} = \sum_{D_m=0,01\mu\text{m}}^{1\mu\text{m}} \frac{\rho \pi D_m^3}{6} \times nvPM_{num_EP} \times f_{ign}(D_m) \times \Delta \ln(D_m)}$$

- h) ~~V tomto výpočtu by mělo být použito celkem 80 diskretních velikostí v rozsahu velikosti částic od $0,003 \mu\text{m}$ do $1 \mu\text{m}$. V tomto případě je počet velikostních skupin na desítku (n) roven 32 (viz definice $\Delta \ln(D_m)$ výše). Součty ve výše uvedených rovnicích začínají na $0,01 \mu\text{m}$.~~
- i) ~~Efektivní hustota $nvPM$ by měla být konstantní a rovna 1 g/cm^3 u částic všech velikostí.~~
- j) ~~Geometrická směrodatná odchylka rozložení počtu částic lognormálního rozdělení by měla být rovna 1,8.~~
- Poznámka 1:* ~~Graficky tento postup popisuje vývojový diagram na Obr. A8-1.~~
- Poznámka 2:* ~~Pokud je $nvPM_{mass_STP}$ menší než $1 \mu\text{g/m}^3$, měla by být pro postup konvergence použita minimální hodnota $1 \mu\text{g/m}^3$.~~
- Poznámka 3:* ~~Postup naznačený v ust. 3 je řešitelný pomocí komerčně dostupných softwarových programů.~~
- Poznámka 4:* ~~Jednotky D_m jsou v μm , což je rozdíl oproti tabulkovým hodnotám uvedeným v Doplnku 7.~~



Obrázek A8-1. Iterační metoda výpočtu hmotnostních a číselných obsahů nvPM opravených o jiné ztráty, než jsou termoforetické ve sběrné části

5. CELKOVÉ PENETRAČNÍ PODÍLY SYSTÉMU

Poznámka 1: Penetrační podíly částic u měření hmotnostní koncentrace nvPM a měření číselné koncentrace nvPM jsou rozdílné, protože se liší dráhy proudění vzorku za rozdělovačem 2.

Poznámka 2: Měnit se mohou penetrační podíly mezi různými měřicími body stavu motoru, protože se mění velikostní rozdělení částic.

Poznámka 3: Tam, kde jsou k odhadu penetračních podílů nebo efektivnosti počítání CPC vypočítávány spojitě funkce, je třeba dbát na to, aby nenabývaly hodnot menších nuly.

Tabulka A8-1. Požadované penetrační podíly komponentů systému pro odběr vzorků a měření nvPM

Symbol parametru	Popis
$\eta_1(D_m)$	Sekce 1—Vstup sondy až rozdělovač 1
$\eta_{b1}(D_m)$	Sekce 1—Vstup sondy až rozdělovač 1 pro ohyby
$\eta_2(D_m)$	Sekce 2—Rozdělovač 1 až vstup dilutoru 1
$\eta_{b2}(D_m)$	Sekce 2—Rozdělovač 1 až vstup dilutoru 1 pro ohyby potrubí pro transport vzorků
$\eta_{dil}(D_m)$	Sekce 2—Dilutor 1
$\eta_3(D_m)$	Sekce 3—Výstup dilutoru 1 až vstup cyklonového separátoru
$\eta_{b3}(D_m)$	Sekce 3—Výstup dilutoru 1 až vstup cyklonového separátoru pro ohyby potrubí pro transport vzorků
$\eta_{eye}(D_m)$	Cyklonový separátor
$\eta_4(D_m)$	Sekce 4—Výstup cyklonového separátoru až rozdělovač 2
$\eta_{b4}(D_m)$	Sekce 4—Výstup cyklonového separátoru až rozdělovač 2 pro ohyby potrubí pro transport vzorků
$\eta_5(D_m)$	Sekce 4—Rozdělovač 2 až nvPMmi
$\eta_{b5}(D_m)$	Sekce 4—Rozdělovač 2 až nvPMmi pro ohyby potrubí pro transport vzorků
η_{th-m}	Sekce 5—V důsledku termforetických ztrát na vstupu nvPMmi
$\eta_6(D_m)$	Sekce 4—Rozdělovač 2 až VPR
$\eta_{b6}(D_m)$	Sekce 4—Rozdělovač 2 až VPR pro ohyby potrubí pro transport vzorků
$\eta_{VPR}(D_m)$	Sekce 5—VPR
$\eta_{CPC}(D_m)$	Sekce 5—Efektivnost počítání nvPMni (CPC)
η_{th-n}	Sekce 5—V důsledku termforetických ztrát na vstupu nvPMni

5.1 Penetrační podíl systému pro hmotnostní obsah nvPM

Celkový penetrační podíl pro hmotnostní obsah nvPM, pro 80 diskretních velikostí částic (D_m) od 0,003 μm do 1 μm , by se měl vypočítat kombinací penetračních podílů komponentů systému:

$$\eta_{mass}(D_m) = \eta_1 \times \eta_{b1} \times \eta_2 \times \eta_{b2} \times \eta_3 \times \eta_{b3} \times \eta_{eye} \times \eta_4 \times \eta_{b4} \times \eta_5 \times \eta_{b5} \times \eta_{th-m}$$

kde η s indexy odkazují na penetrační podíly jednotlivých komponentů systému pro odběr vzorků a měření nvPM definovaných v Tabulce A8-1. Postupy pro odhad penetračních podílů jednotlivých komponentů jsou stanoveny v ust. 6 tohoto doplňku.

Poznámka:—V závislosti na přesné geometrii systému pro odběr vzorků nvPM může existovat více jednotlivě popsanych komponentů systému pro odběr vzorků a měření nvPM, než je popsáno v Tabulce A8-1.

5.2 Penetrační podíl systému pro číselný obsah nvPM

Celkový penetrační podíl pro číselný obsah nvPM, pro 80 diskretních velikostí částic (D_m) od 0,003 μm do 1 μm , by se měl vypočítat kombinací penetračních podílů komponentů systému:

$$\eta_{num}(D_m) = \eta_1 \times \eta_{b1} \times \eta_2 \times \eta_{b2} \times \eta_3 \times \eta_{b3} \times \eta_{eye} \times \eta_4 \times \eta_{b4} \times \eta_6 \times \eta_{b6} \times \eta_{CPC} \times \eta_{th-n}$$

kde η s indexy odkazují na penetrační podíly jednotlivých komponentů systému pro odběr vzorků a měření nvPM definovaných v Tabulce A8-1. Postupy pro odhad penetračních podílů jednotlivých komponentů jsou stanoveny v ust. 6 tohoto doplňku.

Poznámka:—V závislosti na přesné geometrii systému pro odběr vzorků nvPM může existovat více jednotlivě popsanych komponentů systému pro odběr vzorků a měření nvPM, než je popsáno v Tabulce A8-1.

6. — POSTUPY PRO STANOVENÍ PENETRAČNÍCH PODÍLŮ JEDNOTLIVÝCH KOMPONENTŮ SYSTÉMU PRO ODBĚR VZORKŮ A MĚŘENÍ nvPM**6.1 — Požadované údaje**

K výpočtu účinnosti transportu částic o různých velikostech jsou potřeba charakteristiky průtoku, transportní cesty a okolních podmínek. Tyto parametry stanovené pro každou sekci potrubí jsou uvedeny v Tabulce A8-2.

Tabulka A8-2. Vstupní parametry

Symbol parametru	Popis	Jednotky
T_i	Teplota nosného plynu na vstupu i-tého segmentu potrubí pro transport vzorků, s výjimkou sběrné části. Předpokládá se, že je rovna teplotě stěny každé sekce transportní cesty a je konstantní v celé délce i-tého segmentu potrubí pro transport vzorků	°C
P_i	Tlak nosného plynu v i-tém segmentu potrubí pro transport vzorků, předpokládá se, že je konstantní v celé i-té sekci a rovný 101,325 kPa	kPa
Q_i	Průtok nosného plynu i-tým segmentem potrubí pro transport vzorků	slpm
ID_{ti}	Vnitřní průměr i-tého segmentu potrubí pro transport vzorků	mm
L_i	Délka i-tého segmentu potrubí pro transport vzorků	m
θ_{bi}	Celkový úhel ohybů i-tého segmentu potrubí pro transport vzorků	stupně
$\eta_{VPR}(15);$ $\eta_{VPR}(30);$ $\eta_{VPR}(50);$ $\eta_{VPR}(100)$	Penetrační podíly VPR při čtyřech průměrech částic	bezrozměrné
$\eta_{CPC}(10);$ $\eta_{CPC}(15)$	Efektivnost počítání CPC při dvou průměrech částic	bezrozměrné

6.2 — Difúzní penetrační podíly

Difúze částic na povrchu stěn trubiček systému pro odběr vzorků vede ke ztrátě částic vstupujících do segmentu potrubí pro transport vzorků nebo komponentu. Penetrační podíly, $\eta_i(D_m)$, pro difúzní ztráty v sekcích až po vstupy přístrojů, $\eta_i(D_m)$, $i=1, 2, 3, 4, 5$, a 6 , se vypočítají pomocí výrazu:

$$\eta_i(D_m) = e^{-\frac{0,6 \times \pi \times ID_{ti} \times L_i \times V_{diff}}{Q_i}}$$

kde

L_i — délka i-tého segmentu potrubí pro transport vzorků, m

V_{diff} — $0,18 \times Re^{0,875} \times Sc^{0,333} \times \frac{D}{ID_{ti}}$, rychlost sedimentace, cm/s

Sc — $\frac{\mu}{\rho_{gas} D} \times 10^3$, Schmidtovo číslo nosného plynu

m_{gas} — 29,0 kg/mol, molekulová hmotnost nosného plynu

P_i — tlak nosného plynu, kPa (předpokládá se 101,325 kPa).

Měly by být vypočítány penetrační podíly při 80 diskretních velikostech částic (D_m) od 0,003 μm do 1 μm pro difúzní ztráty pro každou sekci příslušné cesty.

6.3 — Termoforéza

Pro všechny velikosti částic by měla být použita termoforetická penetrace na vstupu přístroje pro nvPMmi, $\eta_{th-m}(D_m) = 1$, a pro nvPMni, $\eta_{th-n}(D_m) = 1$.

6.4 — Ztráty částic v ohybech

Penetrační podíl v důsledku ztrát v ohybech

$\eta_{bi}(D_m)$, $i=1, 2, 3, 4, 5$ a 6

se liší pro turbulentní proudění, $Re > 5000$, a laminární proudění, $Re \leq 5000$, kde Re je Reynoldsovo číslo. Pro laminární proudění, kdy $Re \leq 5000$, by penetrace v důsledku ohybů v transportní cestě měla být vypočítána jako

$$\eta_{bi} = 1 - 0,01745 \times Stk \times \theta_{bi}$$

Pro turbulentní proudění, kdy $Re > 5000$, by penetrace v důsledku ohybů v transportní cestě měla být vypočítána jako

$$\eta_{bi} = e^{-0,04927 \times Stk \times \theta_{bi}}$$

kde

$$Stk = \frac{Q_i \times C_c \times D_m^2 \times 10^{-3}}{27 \times \pi \times \mu \times ID_{ij}^3}, \text{ bezrozměrné Stokesovo číslo}$$

θ_{bi} — Celkový úhel ohybů i-tého segmentu potrubí pro transport vzorků, stupně

Měly by být vypočítány penetrační podíly při 80 diskretních velikostech částic (D_m) od 0,003 μm do 1 μm pro ztráty v ohybech podle použitelnosti pro každou sekei systému pro odběr vzorků a měření.

6.5 Penetrační funkce cyklonového separátoru

Penetrační funkce cyklonového separátoru by měla být odhadnuta pomocí následujícího výrazu:

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

kde

$$\mu_{cyc} = \ln(D_{50}), a$$

$$\sigma_{cyc} = \ln(D_{10}/D_{90})^{0,5}$$

Z penetrační funkce cyklonu by měly být vypočítány penetrační podíly při 80 diskretních velikostech částic (D_m) od 0,003 μm do 1 μm . Cyklonový separátor v systému pro odběr vzorků a analýzu nvPM má následující specifikace:

a) Mezní průměr částic: $D_{50} = 1,0 \mu\text{m} \pm 0,1 \mu\text{m}$

b) Ostrost: $(D_{10}/D_{90})^{0,5} \leq 1,25$

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

Poznámka 2: U většiny aplikací motorů s plynovou turbínou bude D_m menší než 0,3 μm . V takových případech bude penetrační funkce cyklonu v podstatě rovna 1,0.

6.6 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 (Tabulka A8-3).

Ke ztrátám částic ve VPR dochází jak v důsledku difúze, tak termoforózy. 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 by měla být odhadnuta pomocí výrazu:

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

kde

$$\psi = \frac{6 \times D \times L_{VPR}}{Q_{VPR}}, \text{ parametr sedimentace}$$

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}) by měla být napasována na čtyři změřené penetrační body pomocí změn efektivní délky VPR (L_{VPR}) a faktoru termoforetických ztrát (η_{VPRth}). Hodnota R_2 by měla být větší než 0,95, aby byla zajištěna dobrá shoda s naměřenými penetracemi.

Ze spojité funkce VPR by měly být vypočítány penetrační podíly při 80 diskretních velikostech částic (D_m) od 0,003 μm do 1 μm .

Tabulka A8-3: Minimální povolené penetrační podíly částic VPR při čtyřech průměrech částic

Průměr elektrické mobility částic, D_m	0,015 μm	0,03 μm	0,05 μm	0,1 μm
Minimální penetrační podíl částic, $\eta_{VPR}(D_m)$	0,30	0,55	0,65	0,70

6.7 Penetrační podíl dilutoru 1

Pro všechny velikosti částic by měla být použita konstantní penetrace dilutoru 1, $\eta_{dil}(D_m) = 1$.

Pro penetrační funkci dilutoru by měly být použity penetrační podíly při 80 diskretních velikostech částic (D_m) od 0,003 μm do 1 μm .

6.8 Efektivnost počítání CPC

Spojité funkce pro efektivnost počítání CPC by měla být určena pomocí dvou efektivností počítání CPC specifikovaných sigmoid funkcí se dvěma parametry pomocí výrazu:

$$\eta_{CPC} = 1 - e^{-\ln(2) \cdot \frac{D_m - D_0}{D_{50} - D_0}}$$

kde

$$D_0 = \frac{\alpha_{10} D_{15} - \alpha_{15} D_{10}}{\alpha_{10} - \alpha_{15}}$$

$$D_{50} = \frac{(\alpha_{15} + 1) D_{10} + (\alpha_{10} + 1) D_{15}}{\alpha_{15} - \alpha_{10}}$$

$$\alpha_i = \frac{\ln(1 - \eta_{CPC,i})}{\ln(2)}, \quad i = 0,01 \mu\text{m} \text{ nebo } 0,015 \mu\text{m}$$

D_{10} — 0,01 μm ,

D_{15} — 0,015 μm ,

$\eta_{CPC,10}$ — efektivnost počítání při 0,01 μm , a

$\eta_{CPC,15}$ — efektivnost počítání při 0,015 μm .

Ze spojité funkce CPC by měly být vypočítány penetrační podíly při 80 diskretních velikostech částic (D_m) od 0,003 μm do 1 μm .

3. POŽADOVANÁ DATA**3.1 Emise nvPM**

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

- hmotnostní koncentrace nvPM: $\text{nvPM}_{\text{mass_STP}}$;
- číselná koncentrace nvPM: $\text{nvPM}_{\text{num_STP}}$.

3.2 Další informace

Pro provedení postupu výpočtu jsou potřeba doplňující informace uvedené v Dodatku D k Doplnku 7.

4. POSTUP VÝPOČTU A METODIKA KOREKCE SYSTÉMOVÝCH ZTRÁT nvPM**4.1 Obecný přehled**

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

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 odchytky, 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/cm^3 .

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

4.1.1.3 Metodika korekce systémových ztrát nebere v úvahu snížení číselné koncentrace nvPM v důsledku koagulace.

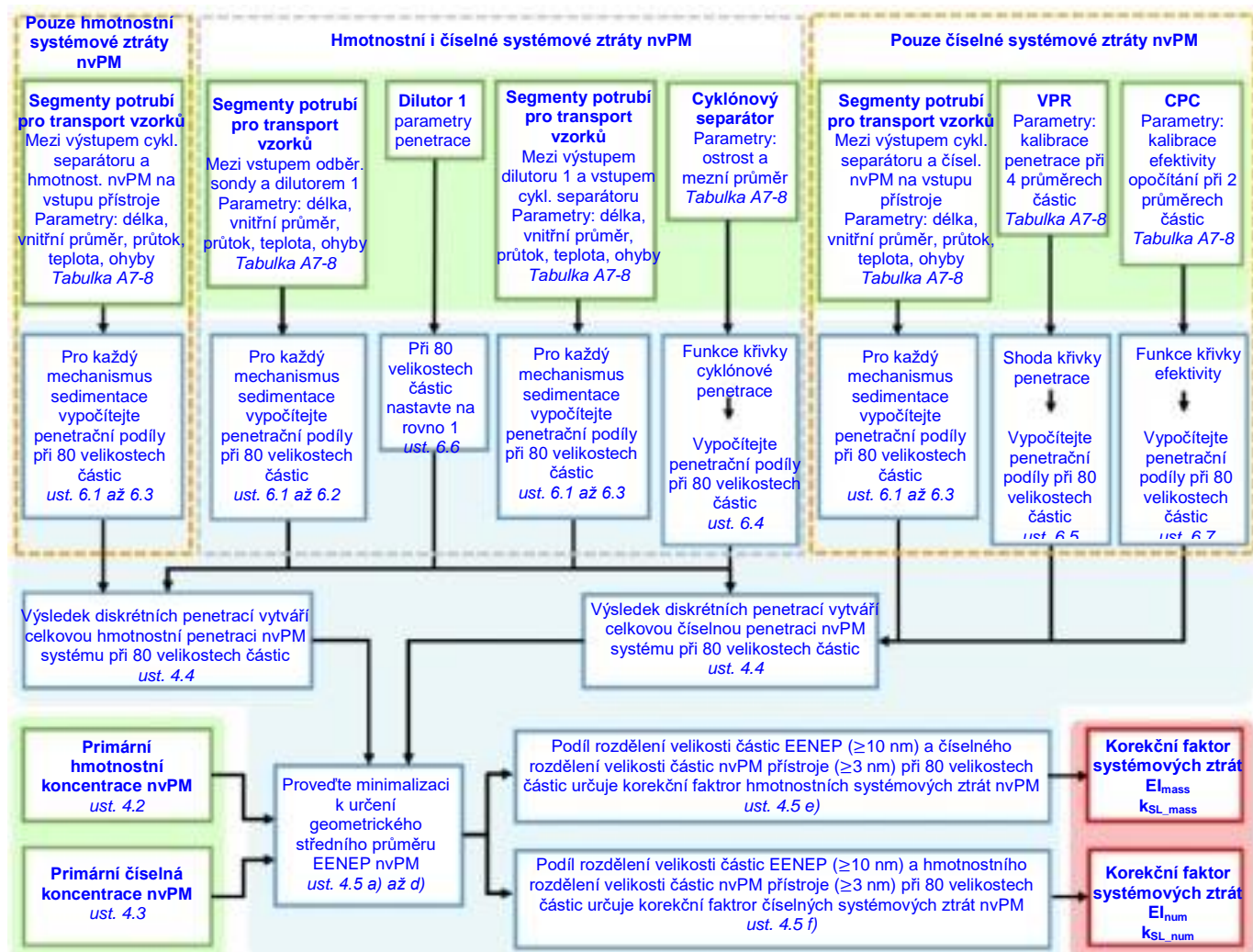
4.1.1.4 Pokud je číselná koncentrace nvPM, vypočítaná pomocí vztahu:

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

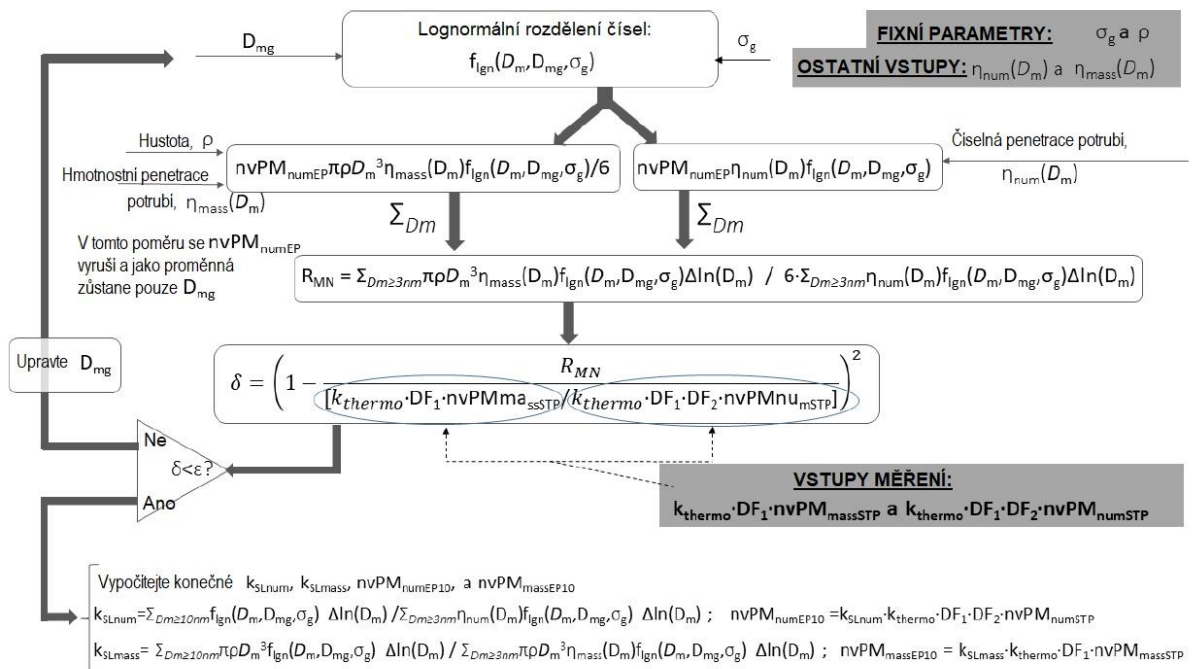
vyšší než 10^8 částic/cm³, může docházet ke koagulaci a certifikační úřad musí být o tomto informován.

Poznámka 1: Metodika korekce systémových ztrát nebere v úvahu penetrační kolísání. U systémů měření nvPM vyhovujících Doplněku 7 se nepovažuje za významné.

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



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



Obrázek A8-2. Diagram iteračního postupu výpočtu pro určení korekčních faktorů systémových ztrát

4.2 Primární hmotnostní koncentrace nvPM

Primární hmotnostní koncentrace nvPM ($nvPM_{mass}$) se vypočítá pomocí následující rovnice, jak je stanoveno v Doplňku 7:

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

4.3 Primární číselná koncentrace nvPM

Primární číselná koncentrace nvPM ($nvPM_{num}$) představuje počet částic na jednotku objemu vzorku spalin motoru, opravený o faktor ředění prvního stupně (DF_1) a faktor ředění druhého stupně (DF_2) a termoforetické ztráty částic ve sběrné části. Vypočítá se pomocí následující rovnice:

$$nvPM_{num} = k_{thermo} \times DF_1 \times DF_2 \times nvPM_{numSTP}$$

4.4 Penetrační funkce nvPM

4.4.1 Penetrační podíl systému pro odběr vzorků je produktem individuální penetrace a funkcí efektivnosti počítání. Tabulka A8-1 uvádí požadované penetrace nvPM a funkce efektivnosti počítání, které se vypočítají pomocí postupů popsaných v oddílu 6.

4.4.2 Penetrace systému pro odběr vzorků pro nvPMmi pro částici o průměru D_m je:

$$\eta_{mass}(D_m) = \eta_1 \times \eta_{b1} \times \eta_2 \times \eta_{b2} \times \eta_3 \times \eta_{b3} \times \dots \times \eta_{dil} \times \eta_{cyc}$$

4.4.3 Penetrace systému pro odběr vzorků pro nvPMni pro částici o průměru D_m je:

$$\eta_{num}(D_m) = \eta_1 \times \eta_{b1} \times \eta_2 \times \eta_{b2} \times \eta_3 \times \eta_{b3} \times \dots \times \eta_{dil} \times \eta_{cyc} \times \eta_{VPR} \times \eta_{CPC}$$

4.4.4 Termoforetická penetrace systému pro odběr vzorků pro hmotnost a počet nvPM nezávisle na velikosti je:

$$\eta_{thermo} = \eta_{th1} \times \eta_{th2} \times \eta_{th3} \times \dots$$

Poznámka: Termoforetické ztráty ve sběrné části, k_{thermo} , jsou specifikovány v Doplňku 7, ust. 6.2.1 a nejsou v tomto výpočtu zahrnuty.

Tabulka A8-1. Požadované penetrační podíly komponentů systému pro odběr vzorků a měření nvPM

Symbol	Popis funkcí transportu částic systému pro odběr vzorků a měření nvPM
$\eta_i(D_m)$	Difúzní penetrační podíl i-tého segmentu systému pro odběr vzorků
$\eta_{bi}(\Theta_i)$	Penetrační podíl v důsledku ohybů v i-tém segmentu systému pro odběr vzorků
η_{thi}	Penetrační podíl v důsledku termoforézy v i-tém segmentu systému pro odběr vzorků
$\eta_{dil}(D_m)$	Penetrační podíl dilutoru 1
$\eta_{cyc}(D_m)$	Penetrační podíl cyklónového separátoru
$\eta_{VPR}(D_m)$	Penetrační podíl VPR
$\eta_{CPC}(D_m)$	Efektivnost počítání CPC

4.5 Výpočet korekčních faktorů systémových ztrát

Korekční faktory systémových ztrát pro hmotnost nvPM (k_{SL_mass}) a počet nvPM (k_{SL_num}) se vypočítají pomocí iterativního postupu:

a) Odhadněte počáteční hodnotu geometrického středního průměru pomocí vztahu:

$$D_{mg} = \sqrt[3]{\frac{6 \times DF_1 \times nvPM_{mass_STP}}{\pi \times \rho \times DF_1 \times DF_2 \times nvPM_{num_STP}}} \times 10^3$$

Poznámka: Aritmetický střední průměr vypočítaný pomocí vztahu výše poskytne počáteční hodnotu geometrického středního průměru, D_{mg} , pro iterativní postup. Při použití jednotek stanovených pro vstupy bude vypočítaný průměr částice v nm.

b) Pomocí hodnoty D_{mg} z kroku a) vypočítejte odhadovaný poměr hmotnosti nvPM a počtu nvPM, $R_{MN}(D_{mg})$, pomocí rovnice:

$$R_{MN}(D_{mg}) = \frac{\sum_{D_m > 3nm}^{1000nm} \eta_{mass}(D_m) \times \frac{\pi \rho D_m^3}{6} \times e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(D_m) - \ln(D_{mg})}{\ln(\sigma_g)} \right)^2} \times \Delta \ln(D_m)}{\sum_{D_m > 3nm}^{1000nm} \eta_{num}(D_m) \times e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(D_m) - \ln(D_{mg})}{\ln(\sigma_g)} \right)^2} \times \Delta \ln(D_m)}$$

kde exponenciální funkce vyplývají z funkce lognormálního rozdělení,

$$f_{lg}(D_m) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \ln(\sigma_g)} \times e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(D_m) - \ln(D_{mg})}{\ln(\sigma_g)} \right)^2}$$

$\Delta \ln(D_m) = \frac{1}{n} \times \frac{1}{\log_{10}(e)}$, je rozpětí hodnot přirozeného logaritmu báze velikostní skupiny; e je Eulerovo číslo a n je počet velikostních skupin částic na desítku.

c) Určete součet čtverců relativních rozdílů, δ , mezi naměřenými a odhadovaným poměrem hmotnosti a počtu nvPM pomocí:

$$\delta = \left\{ 1 - \frac{R_{MN}(D_{mg}) \times 10^{-9}}{\left[(k_{thermo} \times DF_1 \times nvPM_{mass_STP}) / (k_{thermo} \times DF_1 \times DF_2 \times nvPM_{num_STP}) \right]} \right\}^2$$

d) Opakujte kroky b) a c) s různými D_{mg} dokud δ není menší než 1×10^{-9} . D_{mg} , které se pojí s touto minimální hodnotou δ , se použije pro výpočet korekčních faktorů systémových ztrát.

e) Vypočítejte korekční faktory systémových ztrát hmotnosti nvPM pomocí rovnice:

$$k_{SL_mass} = \frac{\sum_{D_m > 10nm}^{1000nm} D_m^3 \times e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(D_m) - \ln(D_{mg})}{\ln(\sigma_g)} \right)^2} \times \Delta \ln(D_m)}{\sum_{D_m > 3nm}^{1000nm} \eta_{mass}(D_m) \times D_m^3 \times e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(D_m) - \ln(D_{mg})}{\ln(\sigma_g)} \right)^2} \times \Delta \ln(D_m)}$$

Vynásobení EI_{mass} hodnotou k_{SL_mass} dává emisní index nvPM opravený o systémové ztráty.

f) Vypočítejte korekční faktor systémových ztrát počtu nvPM pomocí rovnice:

$$k_{SL_num} = \frac{\sum_{D_m > 10nm}^{1000nm} e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(D_m) - \ln(D_{mg})}{\ln(\sigma_g)} \right)^2} \times \Delta \ln(D_m)}{\sum_{D_m > 3nm}^{1000nm} \eta_{num}(D_m) \times e^{-\frac{1}{2} \left(\frac{\ln(D_m) - \ln(D_{mg})}{\ln(\sigma_g)} \right)^2} \times \Delta \ln(D_m)}$$

Vynásobení EI_{num} hodnotou k_{SL_num} dává emisní index nvPM opravený o systémové ztráty.

g) V tomto výpočtu musí být použito minimálně 80 diskretních velikostí v rozsahu velikosti částic od 3 nm do 1000 nm nebo minimální počet skupin, které vytvoří rovnocenné výsledky, jak bylo schváleno certifikačním úřadem.

Poznámka 1: Pro 80 diskrétních velikostí je počet velikostních skupin na desítku, n , roven 32 (viz definice for $\Delta \ln(D_m)$ výše).

Poznámka 2: Sumy pro výpočet korekčních faktorů systémových ztrát začínají na 10 nm v čitateli a na 3 nm ve jmenovateli zlomku.

Poznámka 3: Postup výpočtu lze realizovat pomocí komerčně dostupných softwarových programů.

5. HLÁŠENÍ ÚDAJŮ A OMEZENÍ

Poznámka 1: Bylo prokázáno, že metoda výpočtu korekčních faktorů systémových ztrát popsaná v Doplnku 8, oddíl 4 poskytuje přijatelné výsledky v širokém rozsahu hmotnostních a číselných koncentrací nvPM zaznamenaných v emisích nvPM turbínových motorů letadel. Existují však rozsahy hmotnostních a číselných koncentrací nvPM, u kterých mohou vstupy do analýzy, co se týče kvality získaných výsledků, při této metodě výpočtu postrádat věrohodnost.

Poznámka 2: Jakékoli odchylky od předpokladů použité při metodě výpočtu, jak se vyžaduje v ust. 4.1.1 tohoto doplnku, mohou vést ke změně korekčních faktorů systémových ztrát. Obdobně rozdíly dat poskytnutých pro metodu výpočtu budou mít za následek změnu korekčních faktorů systémových ztrát. Rozdíl v datech může být zapříčiněn velikostním rozdělením částic, systémem pro odběr vzorků nebo přístroji. Navíc umělé výrobky systému pro měření a odběr vzorků, jako je možné stínění zdmi, když jsou koncentrace nízké, mohou poskytnout neplatný korekční faktor systémových ztrát. Omezení metody jsou spíše dána odchylkami vstupních dat než metodou výpočtu.

5.1 Použitelné rozsahy hmotnostních koncentrací

Poznámka: Pokud jsou neupravené hmotnostní koncentrace nvPM v nvPMmi (neopravené o zředění) pod 3 mikrogramy/m³, je při použití této metody pro odhad korekčních faktorů systémových ztrát potřeba opatrnosti, z důvodu možných nejistot při určování hmotnostní koncentrace nvPM při tak nízkých hodnotách.

5.1.1 Pokud jsou neupravené hmotnostní koncentrace nvPMmi pod 3 mikrogramy/m³, musí žadatel potvrdit, že předpovídané EENEP D_{mg} spadá do použitelného rozsahu v ust. 5.3.

5.1.2 V případech, kdy výpočty z tohoto doplnku nebo jiných rovnocenných metod neposkytují rozumné hodnoty, jak je uvedeno v ust. 5.3 (např. když jsou metodikou systémových ztrát vypočteny EENEP geometrické střední průměry menší než 7 nm nebo větší než 100 nm), nebo metodika systémových ztrát nekonverguje, měl by být použit alternativní způsob odhadu korekčních faktorů systémových ztrát pro provozní režimy LTO, podléhající schválení certifikačního úřadu.

Poznámka: V současnosti nejsou známa žádná omezení, pokud jde o vysoké hmotnostní koncentrace nvPM, pokud je ověřeno, že odečty hmotnostní koncentrace nvPM jsou v rozsahu použitého nvPMmi.

5.2 Použitelné rozsahy číselných koncentrací

5.2.1 Pokud je zjištěno, že je číselná koncentrace nvPM naměřená v nvPMni, opravená o zředění (jak DF1, tak DF2) a termoforetické ztráty ve sběrné části, nižší nebo rovna naměřené okolní číselné koncentraci¹, musí žadatel potvrdit, že předpovídané EENEP D_{mg} spadá do použitelného rozsahu v ust. 5.3.

5.2.2 V případech, kdy výpočty z tohoto doplnku nebo jiných rovnocenných metod neposkytují rozumné hodnoty, jak je uvedeno v ust. 5.3 (např. když jsou metodikou systémových ztrát vypočteny EENEP geometrické střední průměry menší než 7 nm nebo větší než 100 nm), nebo metodika systémových ztrát nekonverguje, měl by být použit alternativní způsob odhadu korekčních faktorů systémových ztrát pro provozní režimy LTO, podléhající schválení certifikačního úřadu.

Poznámka: Pro nvPMni nejsou v současnosti známa žádná omezení, pokud jde o nízké číselné koncentrace nvPM. Výrobci CPC udávají, že CPC LOD má být okolo 1 částice/cm³. Měření vysokých číselných koncentrací jsou omezena požadavkem, aby CPC zůstal v režimu s jednotlivým počítáním. Pokud jsou EENEP číselné koncentrace nvPM nad 10⁸ částic/cm³, může docházet ke koagulaci částic. Koagulace se v této metodě výpočtu systémových ztrát neuvažuje.

5.3 Použitelné předpovídané geometrické střední průměry

Poznámka: Předpokládá se, že geometrický střední průměr nvPM v EENEP z plynových turbín letadla má být v rozsahu od 7 do 100 nm.

5.3.1 Pokud metoda výpočtu systémových ztrát predikuje EENEP geometrický střední průměr, který je menší než 7 nm nebo větší než 100 nm, a/nebo pokud metoda výpočtu systémových ztrát predikuje EENEP geometrický střední průměr, přičemž není splněno kritérium konvergence (δ je větší než 1×10^{-9}), musí být výsledky k_{SL_mass} a k_{SL_num} přezkoumány spolu s certifikačním úřadem.

5.3.2 V případech, kdy výpočty z tohoto doplnku nebo jiných rovnocenných metod neposkytují rozumné hodnoty (např. když jsou metodikou systémových ztrát vypočteny EENEP geometrické střední průměry menší než 7 nm nebo větší než 100 nm), nebo metodika systémových ztrát nekonverguje, měl by být použit alternativní způsob odhadu korekčních faktorů systémových ztrát pro provozní režimy LTO, podléhající schválení certifikačního úřadu.

¹ Viz Doplněk 7, Dodatek E.

Poznámka: Vypočítané EENEP geometrické střední průměry <20 nm budou mít za následek podhodnocení faktorů systémových ztrát v důsledku minimálního souhrnného mezního průměru částic. Podhodnocení může být významné pro k_{SL_num} , kdy EENEP $D_{mg} \leq 10$ nm.

6. POSTUPY PRO STANOVENÍ PENETRAČNÍCH PODÍLŮ JEDNOTLIVÝCH KOMPONENTŮ SYSTÉMU PRO ODBĚR VZORKŮ A MĚŘENÍ nvPM

Aby se odhadla účinnost transportu nvPm musí být pro částice různých velikostí vypočítány penetrační podíly pro každý komponent systému pro odběr vzorků a měření nvPM, a to minimálně pro 80 diskrétních velikostí částic nebo minimální počet diskrétních velikostí částic, které dají rovnocenný výsledek, schválený certifikačním úřadem v rozsahu od 3 nm do 1000 nm.

Poznámka 1: Kde jsou pro odhad penetračních podílů vypočítány spojité funkce, nesmí jít tyto funkce pod nulu.

Poznámka 2: Parametry systému pro odběr vzorků a měření nvPM potřebné pro výpočet penetračních podílů v tomto doplňku jsou uvedeny v Doplňku 7, Dodatku D.

6.1 Difúzní penetrační podíly segmentů

Penetrační hodnoty, $\eta_i(D_m)$, pro difúzní ztráty v segmentech systému pro odběr vzorků při velikosti elektrické pohyblivosti (mobility) částice D_m se vypočítají pomocí výrazu:

$$\eta_i(D_m) = e^{\frac{-\pi \times ID_{ti} \times L_i \times V_{d,diff}}{Q_i}}$$

kde:

L_i délka i-tého segmentu potrubí pro transport vzorků, m

$V_{d,diff}$ $0,0118 \times Re^{\frac{7}{8}} \times Sc^{\frac{1}{3}} \times D / ID_{ti}$, rychlost sedimentace, cm/s

Sc $\frac{\mu}{\rho_{gas} D} \times 10^3$, Schmidtovo číslo nosného plynu

ID_{ti} vnitřní průměr i-tého segmentu potrubí pro transport vzorků, mm

Q_i průtok nosného plynu i-tým segmentem potrubí pro transport vzorků, slpm

6.2 Penetrační podíly segmentů v důsledku ohybů

Penetrační podíly v důsledku ohybů se liší pro turbulentní proudění, $Re > 5\,000$, a laminární proudění, $Re \leq 5\,000$, kde Re je Reynoldsovo číslo. Pro laminární proudění (včetně přechodného režimu) se penetrace v důsledku ohybů v potrubí pro transport vzorků pro každý segment při velikosti elektrické pohyblivosti (mobility) částice D_m vypočítá jako:

$$\eta_{bi}(D_m) = 1 - 0,01745 \times Stk \times \theta_{bi}$$

Pro turbulentní proudění se penetrace v důsledku ohybů v potrubí pro transport vzorků musí vypočítat jako:

$$\eta_{bi}(D_m) = e^{-0,04927 \times Stk \times \theta_{bi}}$$

kde

$Stk = \frac{Q_i \times C_c \times \rho \times D_m^2 \times 10^{-3}}{27 \times \pi \times \mu \times ID_{ti}^3}$, bezrozměrné Stokesovo číslo

θ_{bi} celkový úhel ohybů i-tého segmentu potrubí pro transport vzorků, stupně

6.3 Termoforetické ztráty segmentů

Teplotní gradienty, k nimž dochází v důsledku toho, že jsou teploty stěny potrubí nižší než teploty plynu, způsobují další usazování částic, termoforetické ztráty na površích potrubí pro transport vzorků. Termoforetické ztráty, s výjimkou těch ve sběrné části, se vypočítají pomocí vztahu:

$$\eta_{thi} = \left[\frac{T_{linei} + 273,15}{T_{gasi} + 273,15} \right]^{Pr \times K_{th}} \times \left[1 + \left(\frac{T_{gasi} + 273,15}{T_{linei} + 273,15} - 1 \right) \times e^{\frac{\pi \times ID_i \times h_{gas} \times L_i}{\rho_{gas} \times Q_i \times C_p}} \right]^{Pr \times K_{th}}$$

kde

T_{gasi} teplota plynu vzorku ve °C

T_{linei} teplota stěny potrubí ve °C

h_{gas} koeficient konvektivního přenosu tepla nosného plynu (W/(m² K))

C_p měrné teplo nosného plynu při konstantním tlaku (J/(kg K))

Pr Prandtlovo číslo

$K_{th} = \frac{2 \times C_s \times C_c}{1 + 3 \times C_m \times K_n} \left[2 + \frac{1}{\left(\frac{k_{gas}}{k_p} \right) + C_t \times K_n} \right]^{-1}$, termoforetický koeficient

C_s 1,17, koeficient tření

C_m 1,14, rychlost karbonizace

C_t 2,18, teplotní koeficient

k_{gas} teplotní vodivost nosného plynu (Wm⁻¹K⁻¹)

K_n $2\lambda/D_m$, Knudsenovo číslo
 k_p $0,2 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$, teplotní vodivost částic.

Poznámka: Termoforetické ztráty VPR a ve sběrné části jsou zohledněny, jak je uvedeno v Doplnku 7, ust. 6.2.1 a ust. 1.5 dohodo dodatku [SH1]. 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 cyklového separátoru 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.

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

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, $\eta_{dil}(D_m) = 1$.

6.7 Efektivnost počítání CPC

Spojité funkce pro efektivnost počítání CPC musí být určena pomocí dvou efektivností počítání CPC specifikovaných sigmoid funkcí se dvěma parametry pomocí výrazu:

$$\eta_{CPC} = 1 - e^{-\ln(2) \times \left[\frac{D_m - D_0}{D_{50} - D_0} \right]}$$

kde

$$D_0 = \frac{\alpha_{10} D_{15} - \alpha_{15} D_{10}}{\alpha_{10} - \alpha_{15}}$$

$$D_{50} = \frac{(\alpha_{15} + 1)D_{10} - (\alpha_{10} + 1)D_{15}}{\alpha_{15} - \alpha_{10}}$$

$$\alpha_i = \frac{\ln(1 - \eta_{CPC,i})}{\ln(2)}, i = 10 \text{ nm nebo } 15 \text{ nm}$$

$$D_{10} = 10 \text{ nm,}$$

$$D_{15} = 15 \text{ nm,}$$

$\eta_{CPC,10}$ efektivnost počítání při 10 nm, a

$\eta_{CPC,15}$ efektivnost počítání při 15 nm.

ZÁMĚRNĚ NEPOUŽITO