

Załącznik do Obwieszczenia nr 21  
Prezesa Urzędu Lotnictwa Cywilnego  
z dnia 23 listopada 2012 r.

**Międzynarodowe normy  
i zalecane metody postępowania**



**Załącznik 16**  
do Konwencji  
o międzynarodowym lotnictwie cywilnym

# Ochrona środowiska

---

**Tom II**  
Emisje z silników statków powietrznych

Informacje na temat zakresu stosowania norm  
i zalecanych metod postępowania znajdują się w przedmowie.

Wydanie trzecie  
Lipiec 2008 r.

**Organizacja Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego**

Opublikowane w oddzielnych wydaniach w języku angielskim, francuskim, rosyjskim i hiszpańskim przez ORGANIZACJĘ MIĘDZYNARODOWEGO LOTNICTWA CYWILNEGO  
999 University Street, Montréal, Quebec, Canada H3C 5H7

Informacja na temat zamówień oraz kompletna lista agencji sprzedaży i księgarzy znajduje się na stronie internetowej ICAO [www.icao.int](http://www.icao.int)

*Pierwsze wydanie 1981 r.*

*Drugie wydanie 1993 r.*

*Trzecie wydanie 2008 r.*

**Załącznik 16 – Ochrona środowiska**  
**Tom II – Emisje z silników statków powietrznych**

Numer zamówienia: AN 16-2

ISBN 978-92-9231-123-0

© ICAO 2008

Wszystkie prawa zastrzeżone. Żaden fragment niniejszej publikacji nie może być powielany, przechowywany w systemie wyszukiwania danych ani przekazywany w dowolnej formie lub poprzez dowolny środek bez wcześniejszej pisemnej zgody Organizacji Międzynarodowego Lotnictwa Cywilnego.

**POPRAWKI**

Wydanie poprawek jest ogłaszane w suplementach do *Catalogue of ICAO Publications*. Katalog i suplementy do niego są dostępne na stronie internetowej ICAO [www.icao.int](http://www.icao.int). Miejsce poniżej jest przeznaczone dla prowadzenia rejestru poprawek.

**REJESTR POPRAWEK I BŁĘDÓW DRUKARSKICH**

POPRAWKI			
Nr	Data stosowania	Data wprowadzenia	Wprowadzona przez
1-6	Włączone do tego wydania		
7	17.11.2011	17.11.2011	ICAO

BŁĘDY DRUKARSKIE			
Nr	Data wydania	Data wprowadzenia	Wprowadzona przez

# SPIS TREŚCI

	<i>Strona</i>
Przedmowa .....	(vii)
<b>Część I. DEFINICJE I SYMBOLE .....</b>	<b>I-1-1</b>
ROZDZIAŁ 1. Definicje .....	I-1-1
ROZDZIAŁ 2. Symbole .....	I-2-1
<b>Część II. DRENAŻ PALIWA .....</b>	<b>II-1-1</b>
ROZDZIAŁ 1. Postanowienia administracyjne .....	II-1-1
ROZDZIAŁ 2. Zapobieganie skutkom zamierzonego upustu paliwa .....	II-2-1
<b>Część III. CERTYFIKACJA EMISJI .....</b>	<b>III-1-1</b>
ROZDZIAŁ 1. Postanowienia administracyjne .....	III-1-1
ROZDZIAŁ 2. Silniki turbodrzutowe i turbowentylatorowe, przeznaczone jako napęd tylko dla prędkości poddźwiękowych .....	III-2-1
2.1 Postanowienia ogólne .....	III-2-1
2.2 Dym .....	III-2-3
2.3 Emisje gazowe .....	III-2-3
2.4 Wymagane informacje .....	III-2-5
ROZDZIAŁ 3. Silniki turbodrzutowe i turbowentylatorowe, przeznaczone jako napęd dla prędkości naddźwiękowych .....	III-3-1
3.1 Postanowienia ogólne .....	III-3-1
3.2 Dym .....	III-3-3
3.3 Emisje gazowe .....	III-3-3
3.4 Wymagane informacje .....	III-3-3
<b>DODATKI</b>	
DODATEK 1. Pomiar sprężu nominalnego .....	APP 1-1
1. Postanowienia ogólne .....	APP 1-1
2. Pomiar .....	APP 1-1

## Strona

DODATEK 2. Ocena emisji dymu .....	APP 2-1
1. Wprowadzenie i definicje .....	APP 2-1
2. Pomiar emisji dymu .....	APP 2-1
3. Obliczanie zadymienia na podstawie zmierzonych danych .....	APP 2-6
4. Przedstawianie danych władzom certyfikującym .....	APP 2-6
DODATEK 3. Oprzyrządowanie i techniki pomiarowe do pomiaru emisji gazowych .....	APP 3-1
1. Wprowadzenie .....	APP 3-1
2. Definicje .....	APP 3-1
3. Wymagane dane .....	APP 3-2
4. Ogólna konfiguracja układu .....	APP 3-3
5. Opis części składowych .....	APP 3-3
6. Ogólne procedury prób .....	APP 3-5
7. Obliczenia .....	APP 3-7
Uzupełnienie A do dodatku 3. Wymagania dla analizatora HC .....	APP 3-13
Uzupełnienie B do dodatku 3. Wymagania dla analizatorów CO i CO <sub>2</sub> .....	APP 3-15
Uzupełnienie C do dodatku 3. Wymagania dla analizatora NO <sub>x</sub> .....	APP 3-17
Uzupełnienie D do dodatku 3. Gazy wzorcowe i gazy odniesienia .....	APP 3-19
Uzupełnienie E do dodatku 3. Obliczanie parametrów emisji – podstawa, korekcje pomiarów i alternatywna metoda numeryczna .....	APP 3-21
Uzupełnienie F do dodatku 3. Wymagania dla dodatkowych danych .....	APP 3-27
DODATEK 4. Wymagania w zakresie paliwa używanego w badaniach emisji turbinowych silników statków powietrznych .....	APP 4-1
DODATEK 5. Oprzyrządowanie i techniki pomiarowe do pomiaru emisji gazowych z silników turbinowych z dopalaniem .....	APP 5-1
1. Wprowadzenie .....	APP 5-1
2. Definicje .....	APP 5-1
3. Wymagane dane .....	APP 5-2
4. Ogólna konfiguracja układu .....	APP 5-3
5. Opis części składowych .....	APP 5-3
6. Ogólne procedury prób .....	APP 5-6
7. Obliczenia .....	APP 5-8
Uzupełnienie A do dodatku 5. Wymagania dla analizatora HC .....	APP 5-15
Uzupełnienie B do dodatku 5. Wymagania dla analizatorów CO i CO <sub>2</sub> .....	APP 5-17
Uzupełnienie C do dodatku 5. Wymagania dla analizatora NO <sub>x</sub> .....	APP 5-19
Uzupełnienie D do dodatku 5. Gazy wzorcowe i odniesienia .....	APP 5-21

	<i>Strona</i>
Uzupełnienie E do dodatku 5. Obliczanie parametrów emisji – podstawa, korekcie pomiarów i alternatywna metoda numeryczna .....	APP 5-23
Uzupełnienie F do dodatku 5. Wymagania dla dodatkowych danych .....	APP 5-29
DODATEK 6. Procedura zgodności w zakresie emisji gazów i dymu .....	APP 6-1
1. Postanowienia ogólne .....	APP 6-1
2. Procedury zgodności .....	APP 6-1
3. Procedura w przypadku braku zgodności .....	APP 6-2

---

## PRZEDMOWA

### Tło historyczne

W 1972 r. odbyła się w Sztokholmie konferencja Narodów Zjednoczonych na temat środowiska życia człowieka. Na tej konferencji, stanowisko ICAO rozwinęto w rezolucji Rady A18-11, która zawiera między innymi następujący punkt:

2. wypełniając tę rolę ICAO jest świadome niekorzystnego wpływu na środowisko, jaki może być związany z eksploatacją statków powietrznych, oraz odpowiedzialności swojej i Państw Członkowskich za osiągnięcie maksymalnej zgodności pomiędzy bezpieczeństwem i systematycznym rozwojem lotnictwa cywilnego a jakością środowiska życia człowieka;”

18 Zgromadzenie także przyjęło rezolucję A18-12 odnoszącą się do środowiska, stwierdzającą:

„ZGROMADZENIE:

1. Uprasza Radę, przy wsparciu i współpracy innych ciał Organizacji i innych organizacji międzynarodowych, do kontynuacji energicznych działań w zakresie rozwoju norm, zalecanych metod postępowania i procedur oraz/lub materiału przewodniego, dotyczącego jakości środowiska życia człowieka;”

Następstwem tej rezolucji było ustanowienie przez ICAO Programu działań wobec środowiska. Częścią tego programu działań było powołanie Grupy studyjnej, wspierającej Sekretariat w szeregu zadań związanych z emisjami z silników statków powietrznych. Rezultatem prac Grupy Studyjnej było wydanie w 1977 r. okólnika ICAO, zatytułowanego *Sprawdzanie emisji z silników statków powietrznych* (Circular 134). Okólnik ten zawiera materiał przewodni w formie procedur certyfikacyjnych, w celu sprawdzania drenażu paliwa, zadymienia i emisji gazowych nowych silników turboodrzutowych i turbowentylatorowych, przeznaczonych jako napęd dla prędkości poddźwiękowych.

Rada ustaliła, że zagadnienie emisji z silników statków powietrznych nie będzie ograniczone jedynie do spraw ściśle technicznych, ale wymaga rozważenia przez specjalistów z wielu dziedzin i włączenia bezpośrednich ocen Państw Członkowskich. Komitet Rady, znany jako Komitet do spraw emisji z silników lotniczych (CAEE), został założony w 1977 r. w celu śledzenia licznych aspektów tego zagadnienia.

Na drugim posiedzeniu Komitetu do spraw emisji z silników lotniczych, które odbyło się w maju 1980 r., opracowano propozycje materiału, który można włączyć do Załącznika (Aneksu) ICAO. Po poprawkach, wynikających z konsultacji z Państwami Członkowskimi, proponowany materiał został przyjęty przez Radę w formie tekstu niniejszego dokumentu. Rada uzgodniła, że celem jest zawarcie wszystkich postanowień, dotyczących lotniczych aspektów środowiska, w jednym Załączniku. W tym celu zmieniono tytuł Załącznika 16 na „Ochrona środowiska”, istniejący tekst Załącznika zawarto w „Tomie I - Hałas statków powietrznych”, a materiał zawarty w niniejszym dokumencie został wydany jako „Tom II - Emisje z silników statków powietrznych”.

### Zakres stosowania

Część I tomu II Załącznika 16 zawiera definicje i symbole, a część II stanowią normy, odnoszące się do drenażu paliwa. Część III zawiera normy dla certyfikacji emisji, stosowane do różnych klas silników statków powietrznych, określonych w poszczególnych rozdziałach tej części, zabudowanych na statkach powietrznych, użytkowanych w międzynarodowej żegludze powietrznej.

### Działania Umawiających się Państw

*Zgłaszanie różnic.* Zwraca się uwagę Umawiających się Państw na obowiązek, nałożony przez artykuł 38 Konwencji, zgłaszania do Organizacji wszelkich różnic pomiędzy ich narodowymi przepisami i praktyką a międzynarodowymi normami, zawartymi w niniejszym Załączniku, i poprawkami do nich. Umawiające się Państwa są proszone o umieszczanie w tych zgłoszeniach wszelkich różnic w stosunku do zalecanych metod postępowania, zawartych w niniejszym Załączniku i poprawkach do niego, jeśli są one ważne dla bezpieczeństwa żeglugi powietrznej. Umawiające się Państwa są także proszone o bieżące informowanie Organizacji o różnicach, które mogą później wystąpić lub też o zlikwidowaniu poprzednio zgłoszonych różnic. Osobne wystąpienie o zgłaszanie różnic będzie przesyłane do Umawiających się Państw niezwłocznie po przyjęciu każdej poprawki do niniejszego Załącznika.

Zwraca się także uwagę Państw na postanowienia Załącznika 15, odnoszące się do publikowania przez służbę informacji lotniczej różnic pomiędzy ich narodowymi przepisami i praktyką a stosownymi normami i zalecanymi metodami postępowania, jako uzupełnienia do obowiązku nakładanego na Państwa postanowieniami artykułu 38 Konwencji.

*Użycie tekstu Załącznika w przepisach narodowych.* 13 kwietnia 1948 r. Rada przyjęła rezolucję zwracającą uwagę Umawiających się Państw na celowość użycia w ich własnych narodowych przepisach, tak daleko, jak to jest możliwe, ścisłych określeń zawartych w tych normach ICAO, które mają charakter nakazowy oraz wykazywania odstępstw od norm, włączając tu wszelkie dodatkowe przepisy narodowe, które są ważne dla bezpieczeństwa lub regularności międzynarodowej żeglugi powietrznej. Tam, gdzie to tylko możliwe, postanowienia niniejszego Załącznika muszą być wpisywane, dla ułatwienia ich wcielenia, do narodowych przepisów bez większych zmian tekstu.

### Status części składowych Załącznika

Załącznik zawiera następujące części składowe, spośród których nie wszystkie muszą występować w każdym Załączniku, ich status opisano poniżej:

1.— Materiał stanowiący właściwy Załącznik:

- a) *Normy i zalecane metody postępowania* przyjęte przez Radę na mocy Konwencji. Są one zdefiniowane następująco:

*Norma:* wszelka specyfikacja dotycząca charakterystyk fizycznych, konfiguracji, materiału, osiągow, personelu lub procedur, której ujednolicone stosowanie jest uznane za niezbędne dla bezpieczeństwa lub regularności międzynarodowej żeglugi powietrznej oraz której Umawiające się Państwa będą przestrzegać zgodnie z Konwencją; w przypadku gdyby zachowanie zgodności nie było możliwe, obowiązkowe jest zawiadomienie Rady, zgodnie z artykułem 38.

*Zalecana metoda postępowania:* Wszelka specyfikacja dotycząca charakterystyk fizycznych, konfiguracji, materiału, osiągow, personelu lub procedur, której ujednolicone stosowanie jest uznane za pożądane dla bezpieczeństwa, regularności lub efektywności międzynarodowej żeglugi powietrznej oraz której Umawiające się Państwa będą przestrzegać zgodnie z Konwencją.

- b) *Dodatki* zawierające materiał zgrupowany osobno ze względu na wygodę posługiwania się, ale wchodzący w skład norm i zalecanych metod postępowania, przyjętych przez Radę.
- c) *Zastrzeżenia* rozstrzygające o zakresie stosowania norm i zalecanych metod postępowania.
- d) *Definicje* terminów użytych w normach i zalecanych metodach postępowania, które nie mają przyjętego znaczenia słownikowego. Definicja nie ma statusu niezależnego, lecz stanowi część składową każdej normy i zalecanych metod postępowania, w których dany termin jest użyty, gdyż zmiana znaczenia terminu może wpływać na specyfikację.



- e) *Tablice i rysunki*, które dodane są do normy lub zalecanej praktyki lub je ilustrują, odnoszą się one lub stanowią część odpowiedniej normy lub zalecanej praktyki i posiadają ten sam status.

2.— Materiał zatwierdzony przez Radę do publikacji wraz z normami i zalecanymi metodami postępowania:

- a) *Wstępy* zawierają materiał historyczny i wyjaśniający, oparty na działaniu Rady i obejmujący objaśnienie zobowiązań Państw w zakresie stosowania norm i zalecanych metod postępowania, wynikających z Konwencji i Postanowienia o przyjęciu.
- b) *Wprowadzenia* zawierają materiał wyjaśniający, zamieszczany na początku poszczególnych części, rozdziałów lub działów Załącznika, pomagający w zrozumieniu zakresu stosowania tekstu.
- c) *Uwagi* zawarte w tekście, gdzie jest to stosowne, w celu podania informacji rzeczowej lub odniesień kierujących do odpowiednich norm i zalecanych metod postępowania, ale nie stanowiących ich części.
- d) *Uzupełnienia* zawierają materiał, stanowiący uzupełnienie norm i zalecanych metod postępowania lub włączony jako wytyczne na temat ich stosowania.

### Wybór języka

Niniejszy Załącznik został przyjęty w czterech językach: angielskim, francuskim, rosyjskim i hiszpańskim. Każde z Umawiających się Państw jest proszone o dokonanie wyboru jednego z tych języków w celu wprowadzenia tekstu do użytku krajowego oraz w celu innych działań, wymaganych przez Konwencję, czy to przez bezpośrednie stosowanie, czy też przez dokonanie przekładu na własny język, oraz o przekazanie stosownego zawiadomienia do Organizacji.

### Praktyka wydawnicza

Przyjęto następującą praktykę podawania informacji o statusie każdego postanowienia: *normy* są drukowane zwykłą czcionką; *zalecane metody postępowania* są drukowane kursywą, ich treść następuje po słowie *Zalecenie*; *uwagi* są drukowane kursywą, ich treść następuje po słowie *Uwaga*.

Należy zwrócić uwagę, że w tekście angielskim przyjęto następującą praktykę przy pisaniu poszczególnych postanowień: w normach stosuje się czasownik „musi”, podczas gdy w zalecanych metodach postępowania stosuje się czasownik „powinien”.

Jednostki pomiarów używane w niniejszym dokumencie są zgodne z Międzynarodowym Układem Jednostek Miar (SI), zgodnie z Załącznikiem 5 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym. Tam, gdzie Załącznik 5 dopuszcza użycie jednostek spoza układu SI, są one podane w nawiasach po jednostkach podstawowych. Gdy są podane obie grupy jednostek, nie można przyjmować, że pary wartości są sobie równe i zamienne. Jednak można tu przyjąć, że równoważny poziom bezpieczeństwa jest osiągnięty, gdy wyłącznie jeden zestaw jednostek jest użyty.

Każde odwołanie do części składowej niniejszego dokumentu, oznaczonej numerem, odnosi się do wszystkich podpunktów danej części.

Tablica A. Poprawki do Załącznika 16

Poprawka	Źródło	Temat	Przyjęta Weszła w życie Do stosowania od
Wydanie 1	Specjalne posiedzenie na temat hałasu lotniczego w pobliżu lotnisk (1969)		2 kwietnia 1971 2 sierpnia 1971 6 stycznia 1972
1	Pierwsze posiedzenie Komitetu ds. hałasu lotniczego	Certyfikacja w zakresie hałasu produkowanych w przyszłości poddźwiękowych samolotów odrzutowych i ich wersji pochodnych oraz aktualizacja terminologii stosowanej do określania masy statków powietrznych.	6 grudnia 1972 6 kwietnia 1973 16 sierpnia 1973
2	Trzecie posiedzenie Komitetu ds. hałasu lotniczego	Certyfikacja w zakresie hałasu lekkich samolotów z napędem śmigłowym i poddźwiękowych samolotów odrzutowych o maksymalnej certyfikowanej masie startowej 5700 kg lub mniejszej oraz przewodnik na temat wykonywania funkcji przez Państwa w przypadkach dzierżawy, czarteru i wymiany statków powietrznych.	3 kwietnia 1974 3 sierpnia 1974 27 lutego 1975
3 (wydanie 2)	Czwarte posiedzenie Komitetu ds. hałasu lotniczego	Normy certyfikacji w zakresie hałasu dla przyszłych poddźwiękowych samolotów odrzutowych i samolotów z napędem śmigłowym, innych niż samoloty STOL oraz przewodnik dla certyfikacji w zakresie hałasu przyszłych samolotów naddźwiękowych, samolotów STOL z napędem śmigłowym oraz zabudowanych APU i podłączonych do nich układów podczas operacji naziemnych.	21 czerwca 1976 21 października 1976 6 października 1977
4 (wydanie 3)	Piąte posiedzenie Komitetu ds. hałasu lotniczego	Wprowadzenie nowego parametru, tj. liczby silników, do norm certyfikacji hałasowej dla poddźwiękowych samolotów odrzutowych; poprawki w szczegółach procedur prób dla upewnienia się, że taki sam poziom techniki jest stosowany do wszystkich typów statków powietrznych; oraz zmiany edytorskie w celu uproszczenia języka i zlikwidowania niezgodności.	6 marca 1978 6 lipca 1978 10 sierpnia 1978
5 (Załącznik 16, tom I – wydanie 1)	Szóste posiedzenie Komitetu ds. hałasu lotniczego	1. Zmiana tytułu Załącznika na <i>Ochrona środowiska</i> , wydanie go w dwóch tomach jak następuje: tom I – <i>Hałas statków powietrznych</i> (włączając postanowienia trzeciego wydania Załącznika 16, zmienionego poprawką 5) i tom II – <i>Emisje z silników statków powietrznych</i> . 2. Wprowadzenie do tomu I norm certyfikacji hałasowej dla śmigłowców i dla produkowanych w przyszłości istniejących samolotów naddźwiękowych, uaktualnienie przewodników dla certyfikacji hałasowej zabudowanych APU i podłączonych do nich układów statków powietrznych; poprawki edytorskie, zawierające zmiany jednostek pomiarowych w celu ujednoczenia niniejszego Załącznika z postanowieniami Załącznika 5.	11 maja 1981 11 września 1981 26 listopada 1981
6 (Załącznik 16, tom II – wydanie 1)	Drugie posiedzenie Komitetu ds. emisji z silników lotniczych	Wprowadzenie tomu II zawierającego normy dotyczące kontrolowania drenażu paliwa, dymu i emisji gazowych z niedawno wyprodukowanych silników turboodrzutowych i turbowentylatorowych, przeznaczonych jako napęd poddźwiękowy i naddźwiękowy.	30 czerwca 1981 30 października 1981 18 lutego 1982
1	Pierwsze posiedzenie Komitetu lotniczej ochrony środowiska	Zmiany w tekście wymagań odnośnie paliwa do prób, dodatek 4.	4 marca 1988 31 lipca 1988 17 listopada 1988
2 (wydanie 2)	Drugie posiedzenie Komitetu lotniczej ochrony środowiska	a) zaostrenie dopuszczalnych wartości emisji NO <sub>x</sub> ; b) ulepszenia w procedurze certyfikacji dymu i emisji gazowych.	24 marca 1993 26 lipca 1993 11 listopada 1993

<i>Poprawka</i>	<i>Źródło</i>	<i>Temat</i>	<i>Przyjęta Weszła w życie Do stosowania od</i>
3	Trzecie posiedzenie Komitetu lotniczej ochrony środowiska	Poprawka w kryterium kalibracji i gazów wzorcowych w dodatkach 3 i 5.	20 marca 1997 20 marca 1997 —
4	Czwarte posiedzenie Komitetu lotniczej ochrony środowiska	Zaostrzenie dopuszczalnych wartości emisji NO <sub>x</sub> .	26 lutego 1999 19 lipca 1999 4 listopada 1999
5	Szóste posiedzenie Komitetu lotniczej ochrony środowiska	Zaostrzenie norm emisji NO <sub>x</sub> .	23 lutego 2005 11 lipca 2005 24 listopada 2005
6 (wydanie 3)	Siódme posiedzenie Komitetu lotniczej ochrony środowiska	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) wyjaśnienie stosownych korekcy do wzorcowego dnia, wzorcowych warunków silnika oraz użytej terminologii dla wilgotności;</li> <li>b) poprawki pozwalające na użycie do prób paliwa innego niż określone przy zatwierdzeniu przez władze certyfikujące;</li> <li>c) znormalizowanie terminologii odnoszącej się do ustawienia ciągu;</li> <li>d) wyjaśnienie odpowiedniej wartości przepływu paliwa stosowanej w każdym punkcie LTO; oraz</li> <li>e) poprawki w wymaganiach określających materiały, które mogą być użyte do pobierania próbek.</li> </ul>	7 marca 2008 20 lipca 2008 20 listopada 2008
7	Ósme posiedzenie Komitetu lotniczej ochrony środowiska (CAEP/8)	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) zaostrzenie wymagań norm na emisje NO<sub>x</sub>;</li> <li>b) uaktualnienie odniesień do II tomu Środowiskowego Podręcznika Technicznego (Doc 9501) — Procedury dla certyfikacji emisji z silników statków powietrznych;</li> <li>c) uaktualnienie tekstu poprzez zamianę „odmiany procedur” na „procedury równoważne” w celu poprawienia zgodności i harmonizacji pomiędzy II tomem Załącznika 16 i II tomem Środowiskowego Podręcznika Technicznego (Doc 9501) — Procedury dla certyfikacji emisji z silników statków powietrznych;</li> <li>d) sformatowanie stosownych danych w p. 2.3.2 zgodnie z konwencją przyjętą w Załączniku 6 i w I tomie Załącznika 16;</li> <li>e) poprawienie czytelności poprzez wstawienie niektórych punktów w bardziej odpowiednie miejsca; oraz</li> <li>f) drobne zmiany edytorskie.</li> </ul>	4 marca 2011 18 lipca 2011 17 listopada 2011

# MIĘDZYNARODOWE NORMY I ZALECANE METODY POSTĘPOWANIA

## CZEŚĆ I. DEFINICJE I SYMBOLE

### ROZDZIAŁ 1. DEFINICJE

Poniższe wyrażenia, użyte w tomie II niniejszego Załącznika, mają następujące znaczenie:

**Dopalanie.** Zakres pracy silnika, gdy układ spalania jest zasilany (w całości lub częściowo) dodatkowym paliwem, dodawanym do spalin.

**Faza podejścia.** Faza operacji, określona przez czas, w którym silnik pracuje w zakresie do lądowania.

**Faza wznoszenia.** Faza operacji, określona przez czas, w którym silnik pracuje w zakresie do wznoszenia.

**Data produkcji.** Data wydania dokumentu potwierdzającego, że dany statek powietrzny lub silnik spełnia wymagania odpowiednio dla typu lub daty analogicznego dokumentu.

**Wersja pochodząca.** Lotniczy gazowy silnik turbinowy z tej samej rodziny rodzajowej, co typ silnika pierwotnie certyfikowany, zachowujący zasadnicze właściwości projektu podstawowego rdzenia silnika i komory spalania oryginalnego modelu oraz którego inne czynniki, jak uznały władze certyfikujące, pozostały nie zmienione.

*Uwaga.* – Należy zwrócić uwagę na różnicę pomiędzy definicją „wersji pochodnej statku powietrznego” w tomie I Załącznika 16 i definicją „wersji pochodzącej” w tym tomie.

**Dysza wylotowa.** Przy pobieraniu próbek spalin z silników turbinowych, gdzie strumień wylotowy nie jest mieszany (jak np. w silnikach turbowentylatorowych), za dyszę uważa się tylko wylot przepływu (rdzenia) z wytwornicy gazu. Gdy strumień wylotowy jest mieszany, za dyszę uważa się wylot całkowitego strumienia.

**Tlenki azotu.** Suma ilości tlenu azotu i dwutlenku azotu zawartych w próbce gazu, obliczona tak, jakby tlenek azotu był w formie dwutlenku azotu.

**Ciąg nominalny.** Dla celów emisji lotniczych, zatwierdzony przez władze certyfikujące maksymalny ciąg rozporządzalny przy starcie w normalnych warunkach użytkowania dla statycznych warunków ISA na poziomie morza, bez użycia wtrysku wody. Ciąg jest określany w kN.

**Spręż odniesienia.** Stosunek średniego całkowitego ciśnienia za sprężarką do średniego całkowitego ciśnienia przed sprężarką, gdy silnik rozwija ciąg startowy w warunkach statycznych ISA na poziomie morza.

*Uwaga.* – Metody pomiaru sprężu odniesienia podano w dodatku 1.

**Dym.** Zwęglone cząstki substancji w emitowanych gazach spalinowych, które rozpraszają promieniowanie świetlne.

**Zadymienie.** Bezwymiarowe wyrażenie ilościowo określające emisję dymu (*patrz* punkt 3 w dodatku 2).

**Faza startu.** Faza operacji, określona przez czas, w którym silnik pracuje w zakresie ciągu nominalnego.

**Kołowanie/bieg jałowy na ziemi.** Faza operacji, obejmująca kołowanie i pracę jałową pomiędzy początkowym rozruchem silnika(-ów) napędowego, a początkiem rozbiegu przy starcie oraz pomiędzy chwilą skołowania z drogi startowej i końcowym wyłączeniem wszystkich silników napędowych.

**Niespalone węglowodory.** Całkowita ilość składników węglowodorów wszystkich rodzajów i mas cząsteczkowych, zawartych w próbce gazu, obliczona tak, jakby były one w formie metanu.

---

## ROZDZIAŁ 2. SYMBOLE

Poniższe symbole użyte w tomie II niniejszego Załącznika mają następujące znaczenie:

CO	Tlenek węgla
$D_p$	Masa danego zanieczyszczenia gazowego, wyemitowana podczas cyklu odniesienia lądowania i startu
$F_n$	Ciąg w warunkach Międzynarodowej Atmosfery Wzorcowej (ISA) na poziomie morza, dla danego zakresu pracy silnika
$F_{oo}$	Ciąg nominalny ( <i>patrz</i> definicja)
$F^*_{oo}$	Ciąg nominalny z dopalaniem
HC	Niespalone węglowodory ( <i>patrz</i> definicja)
NO	Tlenek azotu
NO <sub>2</sub>	Dwutlenek azotu
NO <sub>x</sub>	Tlenki azotu ( <i>patrz</i> definicja)
SN	Zadymienie ( <i>patrz</i> definicja)
$\pi_{oo}$	Spręż odniesienia ( <i>patrz</i> definicja)

---

## CZEŚĆ II. DRENAŻ PALIWA

### ROZDZIAŁ 1. POSTANOWIENIA ADMINISTRACYJNE

1.1 Postanowienie tej części musi być stosowane do wszystkich silników turbinowych napędzających statki powietrzne, przeznaczone do użytkowania w międzynarodowej żegludze powietrznej po 18 lutego 1982 r.

1.2 Certyfikacja związana z zapobieganiem upustowi paliwa musi być przyjęta przez władze certyfikujące na podstawie należytych dowodów, że zarówno statek powietrzny, jak i jego silniki spełniają wymagania rozdziału 2.

*Uwaga. – Dokument potwierdzający certyfikację w zakresie upustu paliwa może mieć formę oddzielnego certyfikatu w tym zakresie lub stosownego oświadczenia w innym dokumencie, zatwierdzonym przez władze certyfikujące.*

1.3 Umawiające się Państwa muszą uważać za ważną certyfikację w zakresie upustu paliwa, uznaną przez władze certyfikujące innego Umawiającego się Państwa pod warunkiem, że ta certyfikacja została przeprowadzona według wymagań nie mniej rygorystycznych niż postanowienia tomu II niniejszego Załącznika.

---

## **ROZDZIAŁ 2. ZAPOBIEGANIE SKUTKOM ZAMIERZONEGO UPUSTU PALIWA**

Statek powietrzny musi być tak zaprojektowany i zbudowany, aby zapobiec upuszczaniu do atmosfery płynnego paliwa z kolektora wtrysku paliwa w wyniku zatrzymania silnika po wykonaniu normalnego lotu lub operacji naziemnych.

---



# CZĘŚĆ III. CERTYFIKACJA EMISJI

## ROZDZIAŁ 1. POSTANOWIENIA ADMINISTRACYJNE

1.1 Postanowienia od p. 1.2 do 1.4 muszą być stosowane do wszystkich silników, objętych klasyfikacją określoną dla celów certyfikacji emisji w rozdziałach 2 i 3, gdy takie silniki są zabudowane na statkach powietrznych, wykorzystywanych w międzynarodowej żegludze powietrznej.

1.2 Certyfikacja w zakresie emisji musi być uznana przez władze certyfikujące na podstawie wystarczających dowodów, że silnik spełnia wymagania, które są co najmniej tak samo rygorystyczne, co postanowienia tomu II niniejszego Załącznika. Spełnienie wymagań względem poziomów emisji, podanych w rozdziałach 2 i 3 musi być wykazane poprzez użycie procedury opisanej w dodatku 6.

*Uwaga. – Dokument zaświadczający certyfikację w zakresie emisji może mieć formę oddzielnego certyfikatu emisji lub stosownego oświadczenia w innym dokumencie, zatwierdzonym przez władze certyfikujące.*

1.3 Dokument zaświadczający certyfikację w zakresie emisji dla każdego poszczególnego silnika musi zawierać co najmniej następujące informacje, odnoszące się do typu silnika:

- a) nazwa władz certyfikujących;
- b) oznaczenie typu i modelu, nadane przez producenta;
- c) oświadczenie o każdej dodatkowej modyfikacji wprowadzonej w celu spełnienia stosownych wymagań certyfikacji w zakresie emisji;
- d) ciąg nominalny;
- e) spręż nominalny;
- f) oświadczenie o spełnieniu wymagań odnośnie zadymienia;
- g) oświadczenie o spełnieniu wymagań odnośnie zanieczyszczeń gazowych.

1.4 Umawiające się Państwa muszą uznawać za ważną certyfikację w zakresie emisji, uznaną przez władze certyfikujące innego Umawiającego się Państwa pod warunkiem, że ta certyfikacja została przeprowadzona według wymagań nie mniej rygorystycznych niż postanowienia tomu II niniejszego Załącznika.

1.5 Umawiające się Państwa muszą uznawać za ważne zwolnienia dla silników, których produkcja kończy się, udzielone przez władze certyfikujące lub inne Umawiające się Państwo z zastrzeżeniem, że zwolnienia są udzielane zgodnie z procesem i kryteriami określonymi w II tomie *Środowiskowego Podręcznika Technicznego* (Doc 9501) – *Procedury dla certyfikacji emisji z silników statków powietrznych*.

## ROZDZIAŁ 2. SILNIKI TURBOODRZUTOWE I TURBOWENTYLATOROWE, PRZEZNACZONE JAKO NAPĘD TYLKO DLA PRĘDKOŚCI PODDŹWIĘKOWYCH

### 2.1 Postanowienia ogólne

#### 2.1.1 Zakres stosowania

2.1.1.1 Postanowienia niniejszego rozdziału muszą być stosowane do wszystkich silników turboodrzutowych i turbowentylatorowych, jak dalej określono w p. 2.2 i 2.3, przeznaczonych jako napęd tylko dla prędkości poddźwiękowych, z wyjątkiem, gdy władze certyfikujące udziela zwolnienia dla:

- a) określonych typów silników i wersji pochodzących tych silników, dla których certyfikat typu na pierwszy podstawowy typ był wydany lub inna równoważna określona procedura została przeprowadzona przed 1 stycznia 1965 r.;
- b) ograniczonej liczby silników w ciągu określonego przedziału czasu po datach, podanych w p. 2.2 i 2.3, dla produkcji poszczególnych silników.

2.1.1.2 W takim przypadku dokument zwalniający musi być wydany przez władze certyfikujące, tabliczka identyfikująca na silniku musi posiadać oznaczenie „ZWOLNIONY NOWY” lub „ZWOLNIONY ZAPASOWY”, a fakt zwolnienia musi być odnotowany w ciągłej dokumentacji silnika. Zgłaszane zwolnienia muszą podawać numery fabryczne silników oraz muszą być dostępne poprzez oficjalny rejestr publiczny.

2.1.1.3 Postanowienia tego rozdziału muszą także być stosowane do silników projektowanych do zastosowań, w których mogłyby być użyte silniki turboodrzutowe i turbowentylatorowe.

*Uwaga. – Rozważając zwolnienia, władze certyfikujące powinny wziąć pod uwagę prawdopodobną liczbę takich silników, które będą wyprodukowane oraz ich wpływ na środowisko. Przy przyznawaniu zwolnienia władze certyfikujące powinny rozważyć ograniczenie czasowe produkcji takich silników, zabudowywanych na nowych statkach powietrznych lub na już istniejących, jako części zamienne. Dalsze wytyczne na temat wydawania zwolnień są zawarte w II tomie Środowiskowego Podręcznika Technicznego (Doc 9501) – Procedury dla certyfikacji emisji z silników statków powietrznych..*

#### 2.1.2 Emisje objęte pomiarami

Następujące emisje muszą być sprawdzane podczas certyfikacji silników statków powietrznych:

Dym

Emisje gazowe

Niespalone węglowodory (HC)

Tlenek węgla (CO); oraz

Tlenki azotu (NO<sub>x</sub>).

#### 2.1.3 Jednostki pomiarowe

2.1.3.1 Emisja dymu musi być mierzona i podana w sprawozdaniu z pomiaru w jednostkach zadymienia (SN).

2.1.3.2 Masa ( $D_p$ ) gazowych polutantów HC, CO lub  $\text{NO}_x$ , emitowanych podczas wzorcowego cyklu lądowania i startu (LTO) określonego w p. 2.1.4.2 i 2.1.4.3, musi być mierzona i podana w sprawozdaniu z pomiarów w gramach.

#### 2.1.4 Warunki wzorcowe

##### 2.1.4.1 Warunki atmosferyczne

Wzorcowe warunki atmosferyczne muszą być w ISA na poziomie morza, z wyjątkiem wzorcowej wilgotności bezwzględnej, wynoszącej 0,00634 kg wody/kg suchego powietrza.

##### 2.1.4.2 Ustawienia ciągu

Silnik musi być badany przy ustawieniu ciągu wystarczającym do określenia emisji gazowych i dymu z silnika tak, aby wielkości masowe emisji i zadymienia mogły być określone przy następujących charakterystycznych procentach ciągu nominalnego, jak uzgodniono z władzami certyfikującymi:

<i>Zakres pracy LTO</i>	<i>Ustawienie ciągu</i>
Start	100% $F_{oo}$
Wznoszenie	85% $F_{oo}$
Podejście	30% $F_{oo}$
Kołowanie/bieg jałowy	7% $F_{oo}$

##### 2.1.4.3 Wzorcowy w zakresie emisji cykl lądowania i startu (LTO)

Wzorcowy cykl LTO w zakresie emisji do obliczeń i podawanych w sprawozdaniu emisji gazowych, musi składać się z następujących okresów dla każdego zakresu pracy silnika:

<i>Faza</i>	<i>Czas zakresu pracy, minuty</i>
Start	0,7
Wznoszenie	2,2
Podejście	4,0
Kołowanie/bieg jałowy	26,0

##### 2.1.4.4 Wymagania odnośnie paliwa

Paliwo używane podczas prób musi spełniać wymagania podane w dodatku 4.

#### 2.1.5 Warunki prób

2.1.5.1 W czasie prób silnik musi znajdować się na swoim łożu do prób.

2.1.5.2 Silnik musi być zgodny z certyfikowaną konfiguracją (*patrz* dodatek 6); nie muszą być symulowane inne niż startowe upusty powietrza i dodatkowe obciążenia, niezbędne do podstawowego użytkownika silnika.

2.1.5.3 Gdy warunki prób różnią się od wzorcowych warunków atmosferycznych, podanych w p. 2.1.4.1, wówczas wyniki prób emisji gazowych muszą być korygowane do tych warunków metodami podanymi w dodatku 3.

## 2.2 Dym

### 2.2.1 Zakres stosowania

Postanowienia p. 2.2.2 muszą być stosowane do silników, których datą produkcji jest 1 stycznia 1983 r. lub data późniejsza.

### 2.2.2 Wymagane zadymienie

Zadymienie przy każdym ustawieniu ciągu w 4 zakresach pracy LTO, mierzone i obliczane zgodnie z procedurą dodatku 2 lub równoważną procedurą, uzgodnioną z władzami certyfikującymi, i przekształcone do poziomu charakterystycznego według procedury dodatku 6 nie może przekroczyć poziomu określonego według poniższej formuły:

$$\text{Wymagane zadymienie} = 83,6 (F_{oo})^{-0,274}$$

lub wartość 50, zależnie, co jest mniejsze.

*Uwaga.* – Wytyczne na temat definicji i użycia procedur równoważnych zawarte są w II tomie Środowiskowego Podręcznika Technicznego (Doc 9501) – Procedury dla certyfikacji emisji z silników statków powietrznych.

## 2.3 Emisje gazowe

### 2.3.1 Zakres stosowania

Postanowienia p. 2.3.2 muszą być stosowane do silników, których ciąg nominalny jest większy niż 26,7 kN, wyprodukowanych 1 stycznia 1986 r. lub później i jak dalej określono w wymaganiach odnośnie tlenków azotu.

### 2.3.2 Wymagane poziomy

Poziom emisji gazowych, mierzonych i obliczanych według procedur dodatku 3 i przekształconych do poziomów charakterystycznych zgodnie z procedurami dodatku 6 lub z równoważną procedurą, uzgodnioną z władzami certyfikującymi, nie może przekroczyć wymaganych poziomów, określonych według następujących formuł:

Węglowodory (HC):  $D_p/F_{oo} = 19,6$

Tlenek węgla (CO):  $D_p/F_{oo} = 118$

Tlenki azotu (NO<sub>x</sub>):

- a) dla typu lub modelu silników, dla których data wyprodukowania pierwszego poszczególnego modelu produkcyjnego była przed 1 stycznia 1996 r. oraz dla których data wyprodukowania poszczególnego silnika była przed 1 stycznia 2000 r.

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

- b) dla typu lub modelu silników, dla których data wyprodukowania pierwszego poszczególnego modelu produkcyjnego była 1 stycznia 1996 r. lub później oraz dla których data wyprodukowania poszczególnego silnika była 1 stycznia 2000 r. lub później.

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

- c) dla typu lub modelu silników, dla których data wyprodukowania pierwszego poszczególnego modelu produkcyjnego była 1 stycznia 2004 r. lub później:

1) dla silników ze sprężem 30 lub mniejszym:

i) dla silników z maksymalnym ciągiem nominalnym większym niż 89,0 kN:

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

ii) dla silników z maksymalnym ciągiem nominalnym większym niż 26,7 kN, ale nie większym niż 89,0 kN:

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

2) dla silników ze sprężem większym niż 30, ale mniejszym niż 62,5:

i) dla silników z maksymalnym ciągiem nominalnym większym niż 89,0 kN:

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

ii) dla silników z maksymalnym ciągiem nominalnym większym niż 26,7 kN, ale nie większym niż 89,0 kN:

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

3) dla silników ze sprężem 62,5 lub większym:

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

d) dla typu lub modelu silników, dla których data wyprodukowania pierwszego poszczególnego modelu produkcyjnego była 1 stycznia 2008 r. lub później oraz dla których data wyprodukowania poszczególnego silnika była 1 stycznia 2013 r. lub później:

1) dla silników ze sprężem 30 lub mniejszym:

i) dla silników z maksymalnym ciągiem nominalnym większym niż 89,0 kN:

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

ii) dla silników z maksymalnym ciągiem nominalnym większym niż 26,7 kN, ale nie większym niż 89,0 kN:

$$D_p / F_{oo} = 38,5486 + 1,6823\pi_{oo} - 0,2453F_{oo} - 0,00308\pi_{oo}F_{oo}$$

2) dla silników ze sprężem większym niż 30, ale mniejszym niż 82,6:

i) dla silników z maksymalnym ciągiem nominalnym większym niż 89,0 kN:

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

ii) dla silników z maksymalnym ciągiem nominalnym większym niż 26,7 kN, ale nie większym niż 89,0 kN:

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

3) dla silników ze sprężem 82,6 lub większym:

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

e) dla typu lub modelu silników, dla których data wyprodukowania pierwszego poszczególnego modelu produkcyjnego była 1 stycznia 2014 r. lub późniejsza:

1) dla silników ze sprężem 30 lub mniejszym:

i) dla silników z maksymalnym ciągiem nominalnym większym niż 89,0 kN:

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

ii) dla silników z maksymalnym ciągiem nominalnym większym niż 26,7 kN, ale nie większym niż 89,0 kN:

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

2) dla silników ze sprężem większym niż 30, ale mniejszym niż 104,7:

i) dla silników z maksymalnym ciągiem nominalnym większym niż 89,0 kN:

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

ii) dla silników z maksymalnym ciągiem nominalnym większym niż 26,7 kN, ale nie większym niż 89,0 kN:

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

3) dla silników ze sprężem 104,7 lub większym:

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

*Uwaga.* – Wytyczne na temat definicji i użycia procedur równoważnych zawarte są w II tomie Środowiskowego Podręcznika Technicznego (Doc 9501) – Procedury w certyfikacji emisji z silników statków powietrznych.

## 2.4 Wymagane informacje

*Uwaga.* – Wymagane informacje są podzielone na trzy grupy: 1) ogólne informacje do zidentyfikowania właściwości silników, użytego paliwa i metod analizy danych; 2) dane uzyskane z prób silnika(-ów); 3) wyniki otrzymane na podstawie zmierzonych danych.

### 2.4.1 Informacje ogólne

Następujące informacje muszą być podane dla każdego typu silnika, dla którego jest potrzebna certyfikacja emisji:

- a) identyfikacja silnika;
- b) ciąg nominalny (w kN);
- c) spręż nominalny;
- d) specyfikacja paliwa;
- e) stosunek wodoru do węgla w paliwie;

- f) metody pozyskiwania danych;
- g) metoda wykonywania korekcji na warunki otoczenia;
- h) metoda analizy danych.

#### 2.4.2 Informacje o próbach

Następujące informacje muszą być podane dla każdego silnika, badanego w celu certyfikacji, dla każdego ustawienia ciągu, jak określono w p. 2.1.4.2. Informacje te muszą być podane po korekcji do wzorcowych warunków otoczenia, gdy jest to stosowne:

- a) przepływ paliwa (kilogramy/sekundę);
- b) indeks emisji (gramy/kilogram) dla każdego polutanta gazowego;
- c) zmierzone zadymienie.

#### 2.4.3 Informacje pochodne

2.4.3.1 Następujące informacje pochodne muszą być podane dla każdego silnika badanego w celu certyfikacji:

- a) stopień emisji, tj. indeks emisji  $\times$  przepływ paliwa (gramy/sekundę) dla każdego polutanta gazowego;
- b) całkowitą emisję każdego polutanta gazowego, mierzonego przez cały cykl LTO (gramy);
- c) wartości  $D_p/F_{oo}$  dla każdego polutanta gazowego (gramy/kiloniutony);
- d) maksymalne zadymienie.

2.4.3.2 Charakterystyczne poziomy emisji zadymienia i polutantów gazowych muszą być podane dla każdego typu silnika, dla którego jest potrzebna certyfikacja emisji.

## ROZDZIAŁ 3. SILNIKI TURBOODRZUTOWE I TURBOWENTYLATOROWE, PRZEZNACZONE JAKO NAPĘD DLA PRĘDKOŚCI NADDŹWIĘKOWYCH

### 3.1 Postanowienia ogólne

#### 3.1.1 Zakres stosowania

Postanowienia niniejszego rozdziału muszą być stosowane do wszystkich silników turboodrzutowych i turbowentylatorowych, przeznaczonych jako napęd dla prędkości naddźwiękowych, których datą produkcji jest 18 lutego 1982 r. lub data późniejsza.

#### 3.1.2 Emisje objęte pomiarami

Następujące emisje muszą być sprawdzane podczas certyfikacji silników statków powietrznych:

Dym

Emisje gazowe

Nie spalone węglowodory (HC)

Tlenek węgla (CO); oraz

Tlenki azotu (NO<sub>x</sub>).

#### 3.1.3 Jednostki pomiarowe

3.1.3.1 Emisja dymu musi być mierzona i podana w sprawozdaniu z pomiaru w jednostkach zadymienia (SN).

3.1.3.2 Masa ( $D_p$ ) gazowych polutantów HC, CO lub NO<sub>x</sub>, emitowanych podczas wzorcowego cyklu lądowania i startu (LTO) określonego w p. 3.1.5.2 i 3.1.5.3, musi być mierzona i podana w sprawozdaniu z pomiarów w gramach.

#### 3.1.4 Nazewnictwo

W całym rozdziale wyrażenie  $F_{oo}^*$  musi być zastąpione przez  $F_{oo}$  dla silników, w których nie stosuje się dopalania. Przy ustawieniu ciągu do kołowania/biegu jałowego,  $F_{oo}$  musi być użyte we wszystkich przypadkach.

#### 3.1.5 Warunki wzorcowe

##### 3.1.5.1 Warunki atmosferyczne

Wzorcowe warunki atmosferyczne muszą być w ISA na poziomie morza, z wyjątkiem wzorcowej wilgotności bezwzględnej, wynoszącej 0,00634 kg wody/kg suchego powietrza.



## 3.1.5.2 Ustawienia ciągu

Silnik musi być badany przy ustawieniu ciągu wystarczającym do określenia emisji gazowych i dymu z silnika tak, aby wielkości masowe emisji i zadymienia, skorygowane do wzorcowych warunków otoczenia, mogły być określone przy następujących charakterystycznych procentach mocy nominalnej, jak uzgodniono z władzami certyfikującymi.

<i>Zakres pracy</i>	<i>Ustawienie ciągu</i>
Start	100% $F^*_{oo}$
Wznoszenie	65% $F^*_{oo}$
Zniżanie	15% $F^*_{oo}$
Podejście	34% $F^*_{oo}$
Kołowanie/bieg jałowy	5,8% $F_{oo}$

## 3.1.5.3 Wzorcowy w zakresie emisji cykl ładowania i startu (LTO)

Wzorcowy cykl LTO w zakresie emisji do obliczeń i podawanych w sprawozdaniu emisji gazowych musi składać się z następujących okresów dla każdego zakresu pracy silnika:

<i>Faza</i>	<i>Czas zakresu pracy, minuty</i>
Start	1,2
Wznoszenie	2,0
Zniżanie	1,2
Podejście	2,3
Kołowanie/bieg jałowy	26,0

## 3.1.5.4 Wymagania odnośnie paliwa

Paliwo używane podczas prób musi spełniać wymagania podane w dodatku 4. Dodatki używane w celu zmniejszenia dymu (takie jak składniki organiczno-metaliczne) nie mogą w nim się znajdować.

## 3.1.6 Warunki prób

3.1.6.1 W czasie prób silnik musi znajdować się na swoim łożu do prób.

3.1.6.2 Silnik musi być zgodny z certyfikowaną konfiguracją (*patrz* dodatek 6); nie muszą być symulowane inne niż startowe upusty powietrza i dodatkowe obciążenia, niezbędne do podstawowego użytkowania silnika.

3.1.6.3 Pomiary w celu wyznaczenia poziomów emisji przy ciągu określonym w p. 3.1.5.2, muszą być wykonywane z dopalaczem, pracującym w zakresie normalnego użytkowania, jeśli to stosowne.

3.1.7 Gdy warunki prób różnią się od warunków wzorcowych, podanych w p. 3.1.5, wówczas wyniki prób muszą być korygowane do warunków wzorcowych metodami podanymi w dodatku 5.

## 3.2 Dym

### 3.2.1 Wymagane zadymienie

Zadymienie przy danym ustawieniu ciągu, mierzone i obliczane zgodnie z procedurą dodatku 2 i przekształcone do poziomu charakterystycznego według procedury dodatku 6, nie może przekroczyć wymaganego poziomu, określonego według poniższej formuły:

$$\text{Wymagane zadymienie} = 83,6 (F^*_{\text{oo}})^{-0,274}$$

lub wartość 50, zależnie, co jest mniejsze.

*Uwaga.* – Władze certyfikujące mogą alternatywnie zaakceptować wartości określone przy użyciu dopalania pod warunkiem, że ważność tych danych będzie odpowiednio wykazana.

## 3.3 Emisje gazowe

### 3.3.1 Wymagane poziomy

Poziom emisji gazowych, mierzonych i obliczanych według procedur dodatku 3 lub dodatku 5, co stosowne, i przekształconych do poziomów charakterystycznych zgodnie z procedurami dodatku 6, nie może przekroczyć wymaganych poziomów, określonych według następujących formuł:

$$\text{Węglowodory (HC): } D_p/F^*_{\text{oo}} = 140(0,92)^{\pi_{\text{oo}}}$$

$$\text{Tlenek węgla (CO): } D_p/F^*_{\text{oo}} = 4\,550(\pi_{\text{oo}})^{-1,03}$$

$$\text{Tlenki azotu (NO}_x\text{): } D_p/F^*_{\text{oo}} = 36 + 2,42\pi_{\text{oo}}$$

*Uwaga.* – Charakterystyczny poziom zadymienia lub emisji polutantów gazowych jest średnią z wartości wszystkich badanych silników, zmierzonych i skorygowanych do wzorcowego silnika i wzorcowych warunków otoczenia, podzielonych przez współczynnik odpowiadający liczbie przebadanych silników, jak opisano w dodatku 6.

## 3.4 Wymagane informacje

*Uwaga.* – Wymagane informacje są podzielone na trzy grupy: 1) ogólne informacje do zidentyfikowania właściwości silników, użytego paliwa i metod analizy danych; 2) dane uzyskane z prób silnika(-ów); 3) wyniki otrzymane na podstawie zmierzonych danych.

3.4.1 Następujące informacje muszą być podane dla każdego typu silnika, dla którego jest potrzebna certyfikacja emisji:

- a) identyfikacja silnika;
- b) moc nominalna (w kiloniutonach);
- c) moc nominalna z dopalaniem, jeśli jest stosowane (w kiloniutonach);

- d) spręż nominalny;
- e) specyfikacja paliwa;
- f) stosunek wodoru do węgla w paliwie;
- g) metody pozyskiwania danych;
- h) metoda wykonywania korekcji na warunki otoczenia;
- i) metoda analizy danych.

#### 3.4.2 Informacje o próbach

Następujące informacje muszą być podane dla każdego silnika badanego w celu certyfikacji, dla każdego ustawienia ciągu, jak określono w p. 3.1.5.2. Informacje te muszą być podane po korekcji do wzorcowych warunków otoczenia, gdy jest to stosowne:

- a) przepływ paliwa (kilogramy/sekundę);
- b) indeks emisji (gramy/kilogram) dla każdego polutanta gazowego;
- c) procent ciągu, wytwarzany przez dopalanie; oraz
- d) zmierzone zadymienie.

#### 3.4.3 Informacje pochodne

3.4.3.1 Następujące informacje pochodne muszą być podane dla każdego silnika badanego w celu certyfikacji:

- a) stopień emisji, tj. indeks emisji  $\times$  przepływ paliwa, (gramy/sekundę) dla każdego polutanta gazowego;
- b) całkowitą emisję każdego polutanta gazowego, mierzonego przez cały cykl LTO (gramy);
- c) wartości  $D_p/F^*_{\infty}$  dla każdego polutanta gazowego (gramy/kiloniuton); oraz
- d) maksymalne zadymienie.

3.4.3.2 Charakterystyczne poziomy emisji zadymienia i polutantów gazowych muszą być podane dla każdego typu silnika, dla którego jest potrzebna certyfikacja emisji.

*Uwaga.* – Charakterystyczny poziom zadymienia lub emisji polutantów gazowych jest średnią z wartości wszystkich badanych silników, zmierzonych i skorygowanych do wzorcowego silnika i wzorcowych warunków otoczenia, podzielonych przez współczynnik odpowiadający liczbie przebadanych silników, jak opisano w dodatku 6.

## DODATEK 1. POMIAR SPRĘŻU NOMINALNEGO

### 1. POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1 Spręż silnika musi być określony przy użyciu reprezentatywnego silnika.

1.2 Spręż nominalny musi pochodzić z współzależnie mierzonych sprężu i ciągu silnika, skorygowanych do ciśnienia otoczenia w warunkach atmosfery wzorcowej i wprowadzających tę współzależność do znamionowego ciągu startowego w warunkach atmosfery wzorcowej.

### 2. POMIAR

2.1 Ciśnienie całkowite musi być mierzone za ostatnią płaszczyzną wylotu sprężarki oraz na wlocie sprężarki poprzez umieszczenie co najmniej czterech sond tak, aby podzielić powierzchnię przepływu powietrza na cztery równe sektory w celu wyznaczenia średniej wartości z czterech wartości zmierzonych.

*Uwaga.– Ciśnienie całkowite za sprężarką może być uzyskane z całkowitego lub statycznego ciśnienia, zmierzonego w płaszczyźnie możliwie najbliższej wylotowi. Jednak władze certyfikujące mogą zaakceptować alternatywne środki w celu określenia całkowitego ciśnienia na wylocie ze sprężarki, jeśli silnik jest tak zaprojektowany, że spełnienie powyższego wymagania odnośnie sond jest niepraktyczne dla pomiarów emisji.*

2.2 Niezbędne, współzależne czynniki muszą być określone podczas prób certyfikacji typu przy użyciu co najmniej jednego silnika i związanych z tym składowych prób silnika i analiz.

2.3 Procedury muszą być zaakceptowane przez władze certyfikujące.

---

## DODATEK 2. OCENA EMISJI DYMU

### 1. WPROWADZENIE I DEFINICJE

*Uwaga.*– Podane tu procedury dotyczą pobierania reprezentatywnych próbek oraz ich przesyłania i analizowania przez układ pomiaru emisji.

1.1 Wszystkie procedury równoważne do procedur podanych w niniejszym dodatku mogą być dozwolone wyłącznie po uprzednim zgłoszeniu ich władzom certyfikującym i uzyskaniu ich zatwierdzenia.

1.2 Poniższe wyrażenia, użyte w niniejszym dodatku mają następujące znaczenie:

**Wielkość wzorcowa próbki.** Masa próbki równa  $16,2 \text{ kg/m}^2$  barwionej powierzchni filtra, która po przejściu przez materiał filtracyjny spowoduje zmianę współczynnika odbicia, będącą wartością parametru SN.

**Wielkość próbki.** Wybrana próbka spalin, której masa (wyrażona w kilogramach na metr kwadratowy barwionej powierzchni filtra) znajduje się w zakresie podanym w p. 2.5.3h) niniejszego dodatku, a która po przejściu przez materiał filtracyjny spowoduje zmianę współczynnika odbicia, będącą wartością parametru SN'.

**Objętość próbki.** Wybrana objętość próbki (wyrażona w metrach sześciennych), której masa równoważna, obliczona tak, jak wskazano w punkcie 3 niniejszego dodatku, odpowiada powyższej definicji wielkości próbki.

**SN.** Zadymienie, bezwymiarowa wielkość określająca ilościowo poziom emisji dymu, bazując na zabarwieniu filtra przez wzorcową masę próbki spalin, oznaczana według skali od 0 do 100 (*patrz* punkt 3 niniejszego dodatku).

**SN'.** Zadymienie, uzyskane z danej próbki dymu, niekoniecznie o wzorcowej wielkości, jak określono w punkcie 3 niniejszego dodatku.

**W.** Masa danej próbki spalin, w kilogramach, obliczona na podstawie pomiarów objętości próbki, ciśnienia i temperatury (*patrz* punkt 3 niniejszego dodatku).

### 2. POMIAR EMISJI DYMU

#### 2.1 Sonda do pobierania próbek dymu

- a) sonda, będąca w kontakcie z próbkami spalin, musi być wykonana ze stali nierdzewnej lub innego, niereagującego materiału;
- b) jeśli jest użyta sonda z wieloma otworami do pobierania próbek, wówczas wszystkie otwory muszą posiadać jednakową średnicę. Konstrukcja sondy musi być taka, aby co najmniej 80% ciśnienia działającego na zespół sondy było pobierane przez otwory;
- c) ilość miejsc pobierania próbek nie może być mniejsza niż 12;
- d) płaszczyzna pobierania próbek musi być tak blisko płaszczyzny dyszy wylotowej silnika, jak to dozwolone ze względu na osiągi silnika, jednak w każdym przypadku musi znajdować się w odległości mniejszej niż 0,5 średnicy płaszczyzny dyszy wylotowej;

- e) wnioskujący musi dostarczyć władzom certyfikującym dowody w postaci szczegółowej analizy, że proponowana konstrukcja sondy i jej umieszczenie zapewni uzyskanie reprezentatywnej próbki dla każdego określonego ustawienia ciągu.

## 2.2 Przewód pobierania próbek emisji dymu

2.2.1 Próbka musi być przekazywana z sondy do układu zbierania próbek przewodem o średnicy wewnętrznej od 4,0 do 8,5 mm możliwie najkrótszą drogą, która w żadnym przypadku nie może być dłuższa niż 25 m. Temperatura linii musi być utrzymywana w zakresie od 60°C do 175°C ze stabilnością  $\pm 15^\circ\text{C}$ , z wyjątkiem odległości wymaganej do schłodzenia spalin od temperatury wylotu z silnika do temperatury podanej powyżej.

2.2.2 Przewód pobierania próbek musi zapewniać możliwie prostoliniowy przepływ. Wszystkie niezbędne zagięcia muszą mieć promienie większe niż 10 wewnętrznych średnic przewodu. Materiał przewodu nie może pozwalać na osadzanie się cząstek stałych lub tworzenie się elektryczności statycznej.

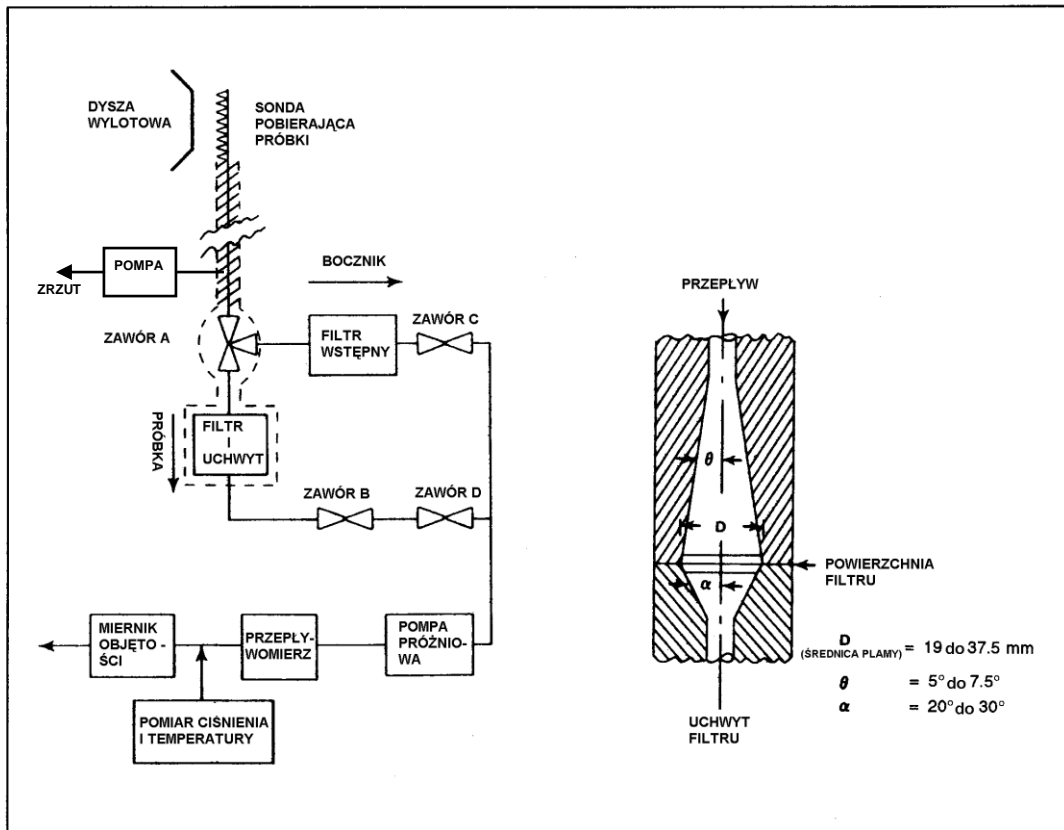
*Uwaga.* – Stal nierdzewna lub wypełniony węglem polichloroetylen (PTFE) spełniają te wymagania.

## 2.3 Układ analizy dymu

*Uwaga.* – Metoda tu opisana bazuje na pomiarze zmniejszenia współczynnika odbicia filtru zabarwionego przez próbkę spalin o danym masowym natężeniu przepływu.

Rozmieszczenie różnych części składowych układu do pobierania próbek barwiących filtr musi być takie, jak pokazano schematycznie na rys. A2-1. Dodatkowy bocznik do miernika objętości może być zabudowany w celu ułatwienia odczytów miernika. Główne elementy układu muszą spełniać następujące wymagania:

- a) *miar wielkości próbki:* miernik objętości waporowej wilgotnej lub suchej, musi być użyty do mierzenia objętości próbki z dokładnością  $\pm 2\%$ . Ciśnienie i temperatura na wejściu do tego miernika muszą także być mierzone z dokładnością, odpowiednio, 0,2% i  $\pm 2^\circ\text{C}$ ;
- b) *miar natężenia przepływu próbki:* natężenie przepływu próbki musi mieć wartość  $14 \pm 0,5$  L/min; przepływomierz do tego celu musi umożliwiać pomiar z dokładnością  $\pm 5\%$ ;
- c) *filtr i uchwyt:* uchwyt filtru musi być wykonany z materiału odpornego na korozję i mieć kanał przepływowy, jak pokazano na rys. A2-1. Materiałem filtracyjnym musi być „whatman” nr 4 lub jego równoważnik, zatwierdzony przez władze certyfikujące;
- d) *zawory:* cztery zawory muszą być zastosowane, jak pokazano na rys. A2-1:
  - 1) zawór A musi być zaworem szybko działającym, o pełnym przepływie, z przepływem bocznikującym, umożliwiającym kierowanie wchodzącej próbki do filtru pomiarowego lub do obwodu bocznikującego, lub jej odcięcie;  
*Uwaga.* – Zawór A może, jeśli to konieczne, składać się z dwóch zablokowanych zaworów spełniających wymaganą funkcję.
  - 2) zawory B i C muszą być zaworami dławiącymi, stosowanymi do ustalania natężenia przepływu w układzie;
  - 3) zawór D musi być zaworem odcinającym, zdolnym do odseparowania uchwytu filtru;  
wszystkie zawory muszą być wykonane z materiału odpornego na korozję;
- e) *pompa próżniowa:* musi mieć zdolność próżniową bez przepływu  $-75$  kPa w stosunku do ciśnienia atmosferycznego; jej całkowite natężenie przepływu nie może być mniejsze niż 28 L/min przy normalnej temperaturze i ciśnieniu;



Rys. A2-1. Układ analizy dymu

- f) *kontrolowanie temperatury*: wewnętrzna linia analizatora próbek na długości do uchwytu filtru musi być utrzymywana w temperaturze pomiędzy 60°C i 175°C ze stabilnością  $\pm 15^\circ\text{C}$ ;

*Uwaga.* – Celem tego jest zapobieganie kondensacji pary wodnej przed dojściem do uchwytu filtru i wewnątrz niego.

- g) jeśli jest wskazane osiągnięcie większego natężenia przepływu próbki przez sondę niż przez uchwyt filtru, można zabudować dodatkowy dzielnik przepływu pomiędzy sondą a zaworem A (rys. A2-1) w celu rozładowania nadmiaru przepływu. Przewód rozładowania musi być możliwie najbliżej odprowadzenia sondy i nie może wpływać na zdolność układu pobierania próbek do utrzymywania wymaganego 80% pobierania ciśnienia przez układ sondy. Przepływ rozładowujący może także być skierowany do analizatora  $\text{CO}_2$  lub do skompletowanego układu analizy emisji;
- h) jeśli jest użyty dzielnik przepływu, musi być przeprowadzona próba w celu wykazania, że dzielnik przepływu nie zmienia poziomu dymu przechodzącego przez uchwyt filtru. Może być to spełnione przez odwrócenie linii wylotowych z dzielnika przepływu i wykazanie, z dokładnością metody, że poziom dymu nie zmienia się;
- i) *zdolność do przecieku*: podukład musi spełnić wymagania następujących prób:

- 1) założyć czysty materiał filtrujący do uchwytu filtru,
  - 2) zamknąć zawór A, w pełni otworzyć zawory B, C i D,
  - 3) uruchomić na 1 minutę pompę próżniową do osiągnięcia stanu równowagi,
  - 4) kontynuować pompowanie i mierzyć objętość przepływu przez miernik, przez okres 5 minut. Objętość przepływu nie może przekroczyć 5 L (odniesionych do normalnej temperatury i ciśnienia), a układ nie może być używany, dopóki nie osiągnie tego standardu.
- j) *reflektometr*: pomiary zacinienia odbicia rozproszonego materiału filtracyjnego muszą być wykonywane przyrządami zgodnymi z normą nr ISO 5-4<sup>1</sup> Międzynarodowej Organizacji Normalizacyjnej. Średnica wiązki światła reflektometru na papierze filtrującym nie może przekroczyć D/2 i nie może być mniejsza niż D/10, gdzie D jest średnicą zabarwionej plamy na filtrze, jak określono na rys. A2-1.

## 2.4 Wymagania odnośnie paliwa

Paliwo musi spełniać wymagania podane w dodatku 4.

## 2.5 Procedury pomiaru dymu

### 2.5.1 Operowanie silnikiem

2.5.1.1 Silnik musi pracować na urządzeniu do prób statycznych, które jest odpowiednio wyposażone w celu wykonania prób osiędów o dużej dokładności.

2.5.1.2 Pomiary muszą być wykonywane z ustawieniami ciągu, zatwierdzonymi przez władze certyfikujące. Silnik musi być ustabilizowany dla każdego ustawienia.

### 2.5.2 Sprawdzanie przecieku i zanieczyszczeń

Pomiary nie mogą być wykonywane, dopóki wszystkie linie przesyłu próbek i zawory nie będą nagrzane i stabilne. Przed seriami prób układ musi być sprawdzony pod względem przecieków i zanieczyszczeń, jak następuje:

- a) *sprawdzanie przecieku*: oddzielić sondę i zamknąć koniec przewodu próbek, wykonać próby przecieku, jak określono w p. 2.3 h) z następującym wyjątkiem: zawór A jest otwarty i ustawiony w położeniu „bocznik”, zawór D jest zamknięty, dopuszczalny przeciek wynosi 2 L. Przywrócić wzajemne połączenie sondy i przewodu;
- b) *sprawdzenie zanieczyszczeń*:
  - 1) otworzyć zawory B, C i D;

1. Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna, norma nr ISO 5-4: 1995 zatytułowana: „Photography – Density measurements – Part 4: Geometric conditions for reflection density”.



- 2) uruchomić na 5 minut pompę próżniową i alternatywnie ustawić zawór A w położeniu „bocznik” i „próbka” dla usunięcia z całego układu czystego powietrza;
- 3) ustawić zawór A w położeniu „bocznik”;
- 4) zamknąć zawór D i zamocować czysty materiał filtracyjny do uchwytu; otworzyć zawór D;
- 5) ustawić zawór A na „próbka” i ponownie wrócić do „bocznik” po przejściu przez materiał filtracyjny 50 kg powietrza na m<sup>2</sup> filtru;
- 6) zmierzyć powstałą płamę na filtrze SN', jak opisano w p. 3 niniejszego dodatku;
- 7) jeśli SN' przekracza 3, układ musi być oczyszczony (lub inaczej poprawiony), aż zostanie osiągnięta wartość mniejsza niż 3.

Układ nie może być używany, dopóki nie zostanie sprawdzony pod względem wymagań w zakresie przecieków i zanieczyszczeń.

### 2.5.3 Pomiar dymu

Pomiar dymu musi być wykonany niezależnie od innych pomiarów, chyba że wartości dymu tak zmierzone są znacząco poniżej wartości dopuszczalnych lub może być wykazane, że wartości dymu z jednoczesnych pomiarów dymu i emisji gazowych są ważne, w takim przypadku pomiary dymu mogą być wykonywane równocześnie z pomiarami emisji gazowych. We wszystkich przypadkach wymagania odnośnie promienia zgięcia dla linii próbek, określone w p. 2.2.2, muszą być ściśle przestrzegane. Podukład analizy dymu musi być ustawiony zgodnie z wymaganiami p. 2.3 i spełniać je. Odnośnie rys. A2-1, główne czynności prowadzące do uzyskania próbek zaplamionych filtrów są następujące:

- a) podczas operowania silnikiem z sondą będącą w miejscu pomiaru, zawór A nie może być w położeniu bez przepływu, gdyż grozi to gromadzeniem się cząstek w przewodzie;
- b) przełączyć zawór A w położenie „bocznik”, zamknąć zawór D i włożyć czysty filtr do uchwytu. Przez co najmniej 5 minut kontynuować pobieranie próbek spalin w ustawieniu bocznika, podczas gdy silnik jest w wymaganym zakresie pracy lub blisko niego, zaworem C ustawić natężenie przepływu  $14 \pm 0,5$  L/min;
- c) otworzyć zawór D i ustawić zawór A w położenie „próbka”, używając zaworu B ustawić natężenie przepływu jak w podpunkcie b);
- d) ustawić zawór A w położenie „bocznik” i zamknąć zawór D, włożyć czysty materiał filtracyjny do uchwytu;
- e) jeśli silnik pracuje w ustabilizowany sposób, pozwolić na przepływ próbki przez 1 minutę przy ustawieniach jak w podpunkcie d);
- f) otworzyć zawór D, ustawić zawór A w położeniu „próbka”, ponownie wyregulować natężenie przepływu, jeśli to konieczne, pobrać wybraną objętość próbki (*patrz* p. h), ponownie ustawić zawór A w położeniu „bocznik” i zamknąć zawór D;
- g) wyjąć zaplamiony filtr do analizy, włożyć czysty filtr do uchwytu;
- h) wybrana wielkość próbki musi być w zakresie od 12 kg do 21 kg spalin/m<sup>2</sup> filtru i musi zawierać próbki o wielkości 16,2 kg spalin/m<sup>2</sup> filtru lub ponad i poniżej tej wartości. Liczba próbek dla każdego warunków pracy silnika nie może być mniejsza niż 3, a czynności opisane w podpunktach od e) do g) muszą być powtórzone, jeśli jest to konieczne.

### 3. OBLICZANIE ZADYMIENIA NA PODSTAWIE ZMIERZONYCH DANYCH

Zaplamione próbki filtru, uzyskane jak opisano w p. 2.5.3, muszą być analizowane przy użyciu reflektometru, jak określono w p. 2.3. Materiał podstawy musi być czarny z bezwzględnym współczynnikiem odbicia mniejszym niż 3%. Odczyty współczynnika  $R_S$  z każdego zaplamionego filtru muszą być użyte do obliczenia zmniejszenia odbicia ze wzoru:

$$SN' = 100 (1 - R_S/R_W)$$

gdzie  $R_W$  jest bezwzględnym współczynnikiem odbicia czystego materiału filtracyjnego.

Masy różnych próbek muszą być obliczane jako

$$W = 0,348 PV/T \times 10^{-2} \text{ (kg)}$$

gdzie  $P$  i  $T$  są, odpowiednio, ciśnieniem próbki w paskalach i temperaturą w kelwinach, mierzonymi bezpośrednio przed miernikiem objętości.  $V$  jest zmierzoną objętością próbki w  $m^3$ .

Dla każdego warunków pracy silnika, w przypadku, gdy wielkości próbek są powyżej i poniżej wartości wzorcowej, muszą być sporządzone wykresy wartości  $SN'$  i  $W$  jako zależność  $SN'$  w funkcji  $\log W/A$ , gdzie  $A$  jest zaplamioną powierzchnią filtru ( $m^2$ ). Używając prostej najmniejszych kwadratów, należy określić wartość  $SN'$  dla  $W/A = 16,2 \text{ kg}/m^2$ , którą podaje się w sprawozdaniu jako zadymienie ( $SN$ ) dla tego zakresu pracy silnika. Gdy wielkość próbek jest równa wartości wzorcowej, wówczas należy podać  $SN$  jako średnią arytmetyczną z poszczególnych wartości  $SN'$ .

### 4. PRZEDSTAWIANIE DANYCH WŁADZOM CERTYFIKUJĄCYM

Zmierzone dane muszą być przedstawione władzom certyfikującym. Ponadto należy podać następujące dane dla każdej próby:

- a) temperatura próbki;
- b) ciśnienie próbki;
- c) rzeczywista objętość próbki w warunkach próbkowania;
- d) rzeczywiste natężenie przepływu próbki w warunkach próbkowania; oraz
- e) udowodnienie sprawdzenia przecieku i zanieczyszczeń (*patrz* p. 2.5.2).

## DODATEK 3. OPRZYRZĄDOWANIE I TECHNIKI POMIAROWE DO POMIARU EMISJI GAZOWYCH

### 1. WPROWADZENIE

*Uwaga.*– Procedury określone w niniejszym dodatku dotyczą pobierania reprezentatywnych próbek spalin oraz ich przesyłania i analizowania przez układ pomiarowy emisji. Procedur tych nie stosuje się do silników z dopalaniem. Przedstawione metody reprezentują najłatwiej dostępną i powszechnie uznaną praktykę.

Wszystkie procedury równoważne do procedury zawartej w niniejszym dodatku mogą być dozwolone jedynie po uprzednim wystąpieniu do władz certyfikujących i uzyskaniu ich zgody.

### 2. DEFINICJE

Następujące wyrażenia użyte w niniejszym dodatku mają znaczenie opisane poniżej:

**Dokładność.** Bliskość, z jaką pomiar zbliża się do prawdziwej wartości, ustalonej niezależnie.

**Współczynnik nadmiaru powietrza.** Masowe natężenie powietrza przepływającego przez gorącą część silnika, podzielone przez masowe natężenie paliwa doprowadzanego do silnika.

**Gaz wzorcowy.** Gaz z dokładnie określonymi składnikami, używany do zestrainia, regulowania i okresowego sprawdzania przyrządów.

**Stężenie.** Stężenie objętościowe danego składnika w mieszaninie gazów, wyrażone jako procent objętości lub liczba części na milion.

**Czujnik jonizacji płomieniowej.** Czujnik płomieniowy dyfuzji węglowodor–powietrze, wytwarzający sygnał nominalnie proporcjonalny do masowego natężenia węglowodorów wchodzących do płomienia w jednostce czasu; ogólnie ujmując, czujnik reagujący na liczbę atomów węgla wprowadzanych do płomienia.

**Zakłócenie.** Reakcja przyrządu na obecność składników innych niż mierzony gaz (lub para).

**Szum.** Przypadkowe wahania na wyjściu z przyrządu, niezwiązane z właściwościami badanej próbki, dostrzegalne wskutek jego charakterystyk pełzania.

**Bezdispersyjny analizator podczerwieni.** Przyrząd mierzący wybiórczo poszczególne składniki poprzez pochłanianie energii podczerwieni.

**Części na milion (ppm).** Jednostka stężenia objętościowego gazu na milion jednostek objętości mieszaniny gazów, której jest on częścią.

**Części węgla na milion (ppmC).** Część mola węglowodoru pomnożona przez  $10^6$ , zmierzonego na podstawie równoważnika metanu 1 ppm metanu jest wykazywany jako 1 ppmC. W celu przeliczenia stężenia ppm danego węglowodoru na równoważną wartość ppmC, należy przemnożyć stężenie ppm przez liczbę atomów węgla w cząsteczce gazu, np. 1 ppm propanu przelicza się na 3 ppmC węglowodoru; 1 ppm heksanu na 6 ppmC węglowodoru.

**Gaz odniesienia.** Mieszanina gazów o określonym, znanym składzie, używana jako baza do interpretacji odpowiedzi przyrządu na stężenie badanego gazu.

**Powtarzalność.** Dokładność, z jaką pomiary danej, niezmiennej próbki będą odtwarzane w krótkookresowych, powtarzalnych pomiarach bez konieczności regulowania przyrządu.

**Rozdzielczość.** Najmniejsza zmiana mierzonej wielkości, która może być wykryta.

**Odpowiedź.** Zmiana sygnału wyjściowego przyrządu wywołana zmianą stężenia próbki. Także sygnał wyjściowy odpowiadający danemu stężeniu próbki.

**Stabilność.** Dokładność, z jaką wyniki powtarzalnych pomiarów danej niezmiennej próbki będą utrzymywane przez dany czas.

**Błąd pełzania zera.** Związany z czasem błąd wyjścia przyrządu od ustawienia punktu zerowego przy pracy z gazem bez mierzonego składnika.

**Gaz zerowy.** Gaz używany do ustalenia zera lub braku odpowiedzi przyrządu.

### 3. WYMAGANE DANE

#### 3.1 Emisje gazowe

Musi być określone stężenie następujących emisji:

- a) Węglowodory (HC): ocena łączna wszystkich składowych węglowodorów, obecnych w spalinach.
- b) Tlenek węgla (CO).
- c) Dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>).

*Uwaga.– CO<sub>2</sub> nie jest regulowaną emisją silnika, ale jego stężenie jest wymagane do obliczeń i w celu sprawdzenia.*

- d) Tlenki azotu (NO<sub>x</sub>): oszacowana suma dwóch tlenków: tlenku azotu (NO) i dwutlenku azotu (NO<sub>2</sub>).
- e) Tlenek azotu (NO).

#### 3.2 Inne informacje

W celu ujednoczenia danych pomiarów emisji i określenia ilościowego osiągnięć silników, muszą być podane następujące dodatkowe informacje:

- temperatura na wlocie;
- wilgotność na wlocie;

- ciśnienie atmosferyczne;
- stosunek wodór/węgiel w paliwie;
- inne wymagane parametry silnika (np. ciąg, prędkości wirnika, temperatury turbiny i natężenie przepływu powietrza w wytwornicy gazu).

Dane te muszą być uzyskane z bezpośrednich pomiarów lub na podstawie obliczeń, jak podano w uzupełnieniu F do niniejszego dodatku.

#### 4. OGÓLNA KONFIGURACJA UKŁADU

Próbki spalin przesyłane do analizatorów tlenków azotu i węglowodorów nie mogą przechodzić przez suszarki, wodne studzienki kontrolne lub podobne wyposażenie. Wymagania odnośnie różnych składowych podukładów zawarte są w punkcie 5, ale poniższy spis podaje kilka warunków i odstępstw:

- a) zakłada się, że każdy z poszczególnych, różnych podukładów zawiera niezbędne urządzenia sterowania przepływem, kondycjonujące i pomiarowe;
- b) konieczność zrzutu i/lub użycia pompy do gorącej próbki będzie zależeć od zdolności osiągnięcia wymagań dla czasu przesyłu próbki i tempa przepływu próbek przez podukład analizujący. Zależy to od ciśnienia kierującego próbkę spalin i strat na długości przewodu. Uważa się, że te pompy zazwyczaj będą niezbędne w pewnych zakresach pracy silnika; oraz
- c) umieszczenie gorącej pompy w stosunku do podukładu analizy gazu może być różne, zależnie od potrzeb (np. niektóre analizatory HC zawierają gorące pompy, więc mogą być uznane za zdadne do pracy, gdy są włączone przed gorącą pompą układu).

*Uwaga.- Rys. A3-1 schematycznie pokazuje układ pobierania próbek spalin i ich analizy oraz stwarza wzorzec podstawowych wymagań w zakresie prób emisji.*

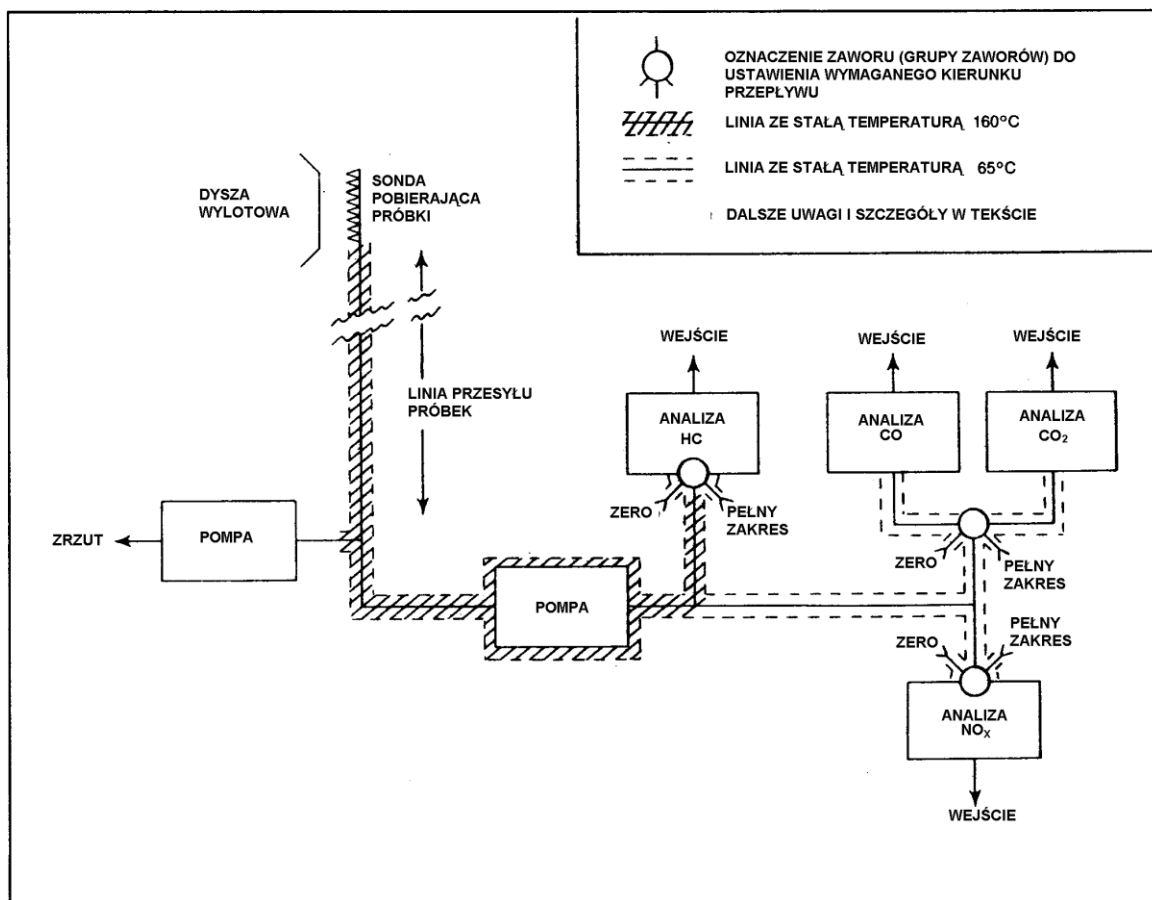
#### 5. OPIS CZĘŚCI SKŁADOWYCH

*Uwaga.- Ogólny opis i wymagania odnośnie podstawowych elementów układu pomiaru emisji spalin z silnika zawarto poniżej. Dalsze szczegóły, gdzie to niezbędne, można znaleźć w uzupełnieniach A, B i C do niniejszego dodatku.*

##### 5.1 Układ pobierania próbek

###### 5.1.1 Sonda pobierająca próbki

- a) sonda, będąca w kontakcie z próbkami spalin, musi być wykonana ze stali nierdzewnej lub innego, niereagującego materiału;
- b) jeśli jest użyta sonda z wieloma otworami, wówczas wszystkie otwory muszą być o jednakowej średnicy. Konstrukcja sondy musi być taka, aby co najmniej 80% ciśnienia działającego na zespół sondy było pobierane przez otwory;
- c) ilość miejsc pobierania próbek nie może być mniejsza niż 12;
- d) płaszczyzna pobierania próbek musi być położona tak blisko płaszczyzny wylotowej silnika, jak pozwalają na to osiągi silnika, jednak w każdym przypadku musi znajdować się w odległości mniejszej niż 0,5 średnicy dyszy wylotowej; oraz
- e) wnioskujący musi szczegółowo rozpatrzyć i udowodnić władzom certyfikującym, że proponowana konstrukcja sondy i jej umieszczenie zapewni uzyskanie próbki reprezentatywnej dla każdego określonego ustawienia ciągu.



Rys. A3-1. Schemat układu pobierania i analizy próbek spalin

### 5.1.2 Przewód pobierania próbek

Próbka musi być przekazywana z sondy do analizatorów przewodem o średnicy wewnętrznej od 4,0 do 8,5 mm, możliwie najkrótszą drogą, przy użyciu takiego natężenia przepływu, aby czas przesyłu był krótszy niż 10 sekund. Przewód musi być utrzymywany w temperaturze  $160^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$  (ze stabilnością  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ), z wyjątkiem: a) odcinka wymaganego do schłodzenia gazu od temperatury wylotu z silnika do kontrolowanej temperatury przewodu, oraz b) odgałęzienia dostarczającego próbki do analizatorów CO, CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub>. Linia tego odgałęzienia musi być utrzymana w temperaturze  $65^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$  (ze stabilnością  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ). Przewód poboru próbek do mierzenia stężenia HC, CO, CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> musi być wykonany ze stali nierdzewnej lub wypełnionego węglem PTFE.

### 5.2 Analizator HC

Pomiar całkowitej zawartości węglowodorów w próbce musi być wykonany przy użyciu analizatora wyposażonego w czujnik płomieniowo-jonizacyjny (FID), pomiędzy którego elektrodami przechodzi prąd jonowy, proporcjonalny do masy węglowodoru, wprowadzonej do płomienia wodorowego. Analizator musi zawierać podzespoły kontrolujące temperaturę i natężenie przepływu próbek, próbek bocznikowanych, paliwa i gazów rozpuszczających oraz musi mieć właściwy zakres pomiarowy i sprawdzenie kalibracji zera.

*Uwaga.* – Ogólne wymagania są podane w uzupełnieniu A do niniejszego dodatku.

### 5.3 Analizatory CO i CO<sub>2</sub>

Do pomiarów tych składników muszą być użyte bezdyspersyjne analizatory podczerwieni o konstrukcji wykorzystującej różnicę w pochłanianiu energii promieniowania w równoległych ogniach: odniesienia i zawierającym próbkę gazu; ogniwo lub grupa ogniów dla każdego z tych gazów składowych, ma odpowiednią czułość. Podukłady analizujące muszą zawierać wszelkie niezbędne funkcje do sprawdzania i obsługi próbek, zerowania i oceny przepływu gazów. Kontrolowanie temperatury musi być odpowiednie dla wybranej bazy pomiaru, wilgotnej lub suchej.

*Uwaga.*– *Ogólne wymagania są podane w uzupełnieniu B do niniejszego dodatku.*

### 5.4 Analizator NO<sub>x</sub>

Pomiar stężenia NO musi być wykonywany metodą chemiluminescencyjną, w której mierzy się natężenie promieniowania, emitowanego podczas reakcji NO w próbce po dodaniu O<sub>3</sub>, jest ono miarą stężenia NO. Składnik NO<sub>2</sub> musi być przed pomiarem przekształcony w NO w konwertorze o żądanej sprawności. Tak powstały układ pomiarowy NO<sub>x</sub> musi zawierać wszystkie niezbędne urządzenia sterujące przepływem, temperaturą i innymi parametrami oraz musi mieć możliwość kalibracji zera i zakresu pomiaru, jak również sprawdzania sprawności konwertora.

*Uwaga.*– *Ogólne wymagania są podane w uzupełnieniu C do niniejszego dodatku.*

## 6. OGÓLNE PROCEDURY PRÓB

### 6.1 Praca silnika

6.1.1 Silnik musi pracować w urządzeniu do prób statycznych, które jest odpowiednio wyposażone w celu prowadzenia prób osiągow o dużej dokładności.

6.1.2 Pomiary muszą być wykonywane z ustawieniami ciągu, nakazanymi przez władze certyfikujące. Silnik musi być ustabilizowany dla każdego ustawienia.

### 6.2 Ogólna kalibracja układu

*Uwaga.*– *Głównym zadaniem tej kalibracji jest zapewnienie stabilności i liniowości.*

6.2.1 Wnioskujący musi wykazać władzom certyfikującym, że kalibracja układu analizującego była ważna w czasie prób.

6.2.2 Dla analizatora węglowodoru kalibracja musi obejmować sprawdzenie, czy odpowiedzi: czujnika tlenu i różnicowa węglowodoru mieszczą się w określonych granicach, ustanowionych w uzupełnieniu A do niniejszego dodatku. Sprawność konwertora musi także być sprawdzona i weryfikowana pod względem spełnienia wymagań podanych w uzupełnieniu C do niniejszego dodatku.

6.2.3 Procedura sprawdzania osiągow każdego analizatora musi być następująca (przy użyciu gazów wzorcowych i gazów odniesienia, jak określono w uzupełnieniu D do tego dodatku):

- a) wprowadź gaz zerowy i nastaw przyrząd na zero, zapisując ustawienie jako właściwe;
- b) dla każdego używanego zakresu roboczego wprowadź gaz wzorcowy o stężeniu równym (nominalnemu) 90-procentowemu odchyleniu pełnego zakresu (FSD); nastaw odpowiednie wzmocnienie przyrządu i zapisz to ustawienie;

- c) wprowadź stężenia w przybliżeniu 30, 60 i 90% zakresu FSD i zapisz odczyty analizatora;
- d) wpasuj linię prostą najmniejszych kwadratów w punkty stężenia 0, 30, 60 i 90%. Dla analizatorów CO i/lub CO<sub>2</sub>, użytych w ich podstawowej formie bez linearyzacji wyjścia, może okazać się konieczne zastosowanie krzywej najmniejszych kwadratów właściwego sformułowania matematycznego z użyciem dodatkowych punktów kalibracyjnych. Jeśli jakiś punkt wykazuje odchyłkę większą niż 2% wartości pełnego zakresu (lub  $\pm 1$  ppm\* zależnie, która wartość jest większa), wówczas należy sporządzić krzywą kalibracji do użycia roboczego.

### 6.3 Prowadzenie prób

6.3.1 Pomiary nie mogą być wykonywane, dopóki wszystkie instrumenty i linia przesyłu próbek nie będą nagrzane i stabilne oraz nie były przeprowadzone poniższe sprawdzenia:

- a) sprawdzenie przecieku: przed serią prób układ musi być sprawdzony pod względem przecieku przez odłączenie sondy i analizatora, podłączenie pompy próżniowej i jej pracę z osiąganymi równoważnymi do tych, które były użyte z układem pomiaru dymu, w celu sprawdzenia, że przepływ przecieku układu jest mniejszy niż 0,4 L/min w odniesieniu do normalnej temperatury i ciśnienia;
- b) sprawdzenie zanieczyszczeń: odłączyć układ próbkowania gazu od sondy i podłączyć koniec linii próbkowania do źródła gazu zerowego. Ogrzać układ do temperatury pracy niezbędnej przy pomiarach węglowodorów. Uruchomić pompę zasysającą próbki i ustawić przepływ stosowany podczas pomiarów emisji silnika. Zapisać odczyt analizatora węglowodoru. Odczyt nie może przekroczyć 1% poziomu emisji biegu jałowego silnika lub 1 ppm (w obu przypadkach wyrażonego jako metan), zależnie, która wartość jest większa.

*Uwaga 1. – Jest dobrą praktyką wsteczne oczyszczanie linii próbek podczas pracy silnika, chociaż sonda jest w wylocie silnika, ale emisje nie są mierzone, w celu upewnienia się, że brak jest znaczącego zanieczyszczenia.*

*Uwaga 2. – Dobrą praktyką jest także kontrolowanie jakości powietrza wlotowego na początku, końcu prób oraz co najmniej raz na godzinę podczas prób. Jeśli poziomy są uznane za znaczące, wówczas muszą być brane pod uwagę.*

6.3.2 Następująca procedura musi być przyjęta dla pomiarów roboczych:

- a) zastosować odpowiedni gaz zerowy i wykonać niezbędne regulacje przyrządu;
- b) zastosować odpowiedni gaz wzorcowy o nominalnym stężeniu 90% FSD dla używanego zakresu, odpowiednio wyregulować i zapisać ustawienie wzmocnienia;
- c) gdy silnik ustabilizuje się na wymaganym zakresie ciągu, utrzymywać jego bieg i obserwować stężenie polutanta aż do ustalenia się odczytu, który należy zapisać;
- d) ponownie sprawdzić punkt zerowy i punkty kalibracyjne na końcu prób, a także w odstępach czasu nie większych niż 1 godzina podczas prób. Jeśli któryś z nich zmienił się o więcej niż  $\pm 2\%$  zakresu FSD, próba musi być powtórzona po przywróceniu przyrządu do wymaganych ustawień.

### 6.4 Sprawdzenie bilansu węgla

Każda próba musi obejmować sprawdzenie, że współczynnik nadmiaru powietrza, oszacowany na podstawie zintegrowanego stężenia całkowitego węgla próbki, wyłączony dym, jest zgodny z oszacowaniem, bazującym na współczynniku nadmiaru powietrza silnika w granicach  $\pm 15\%$  dla zakresu kołowanie/bieg jałowy oraz w granicach 10% dla wszystkich innych zakresów (patrz p. 7.1.2).

\* Z wyjątkiem analizatora CO<sub>2</sub>, dla którego wartość musi wynosić  $\pm 100$  ppm.



## 7. OBLICZENIA

### 7.1. Emisje gazowe

#### 7.1.1 Postanowienia ogólne

Muszą być wykonane pomiary analityczne stężeń różnych emisji gazowych, wykrytych w poszczególnych analizatorach dla zakresu temperatur na wlocie komory spalania ( $T_B$ ), obejmujących 4 zakresy pracy silnika LTO. Stosując równania z p. 7.1.2 lub inne alternatywne metody określone w uzupełnieniu E do niniejszego dodatku, należy określić zmierzone indeksy emisji (EI) dla każdej emisji gazowej. Dla uwzględnienia różnic od wzorcowych warunków atmosferycznych, muszą być wykonane korekcje podane w p. 7.1.3. Należy wziąć pod uwagę, że te korekcje mogą także uwzględniać odchyłki badanego silnika od silnika odniesienia (patrz dodatek 6, punkt 1 f)). Stosując procedurę z p. 7.2 oraz temperaturę wlotu do komory spalania ( $T_B$ ) jako parametr korelacyjny, muszą być określone indeksy emisji oraz przepływ paliwa dla operacji w czterech zakresach pracy LTO znormalizowanego silnika odniesienia w warunkach wzorcowego dnia.

#### 7.1.2 Podstawowe parametry

$$EI_p \text{ (indeks emisji dla składnika } p) = \frac{\text{masa wytworzonego } p \text{ w g}}{\text{masa użytego paliwa w kg}}$$

$$EI(\text{CO}) = \left( \frac{[\text{CO}]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]} \right) \left( \frac{10^3 M_{\text{CO}}}{M_{\text{C}} + (n/m)M_{\text{H}}} \right) (1 + T(P_o/m))$$

$$EI(\text{HC}) = \left( \frac{[\text{HC}]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]} \right) \left( \frac{10^3 M_{\text{HC}}}{M_{\text{C}} + (n/m)M_{\text{H}}} \right) (1 + T(P_o/m))$$

$$EI(\text{NO}_x) \text{ (jako NO}_2) = \left( \frac{[\text{NO}_x]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]} \right) \left( \frac{10^3 M_{\text{NO}_2}}{M_{\text{C}} + (n/m)M_{\text{H}}} \right) (1 + T(P_o/m))$$

$$\text{Współczynnik nadmiaru powietrza} = (P_o/m) \left( \frac{M_{\text{AIR}}}{M_{\text{C}} + (n/m)M_{\text{H}}} \right)$$

gdzie:

$$P_o/m = \frac{2Z - n/m}{4(1 + h_{\text{vol}} - |TZ/2|)}$$

oraz

$$Z = \frac{2 - [\text{CO}] - ([2/x] - [y/2x]) [\text{HC}] + [\text{NO}_2]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]}$$

$M_{\text{AIR}}$  masa cząsteczkowa suchego powietrza = 28,966 g  
lub, gdzie to właściwe, = (32  $R$  + 28,1564  $S$  + 44,011  $T$ ) g

$M_{HC}$	masa cząsteczkowa węglowodorów w spalinach, liczonych jako $CH_4 = 16,043$ g
$M_{CO}$	masa cząsteczkowa CO = 28,011 g
$M_{NO_2}$	masa cząsteczkowa $NO_2 = 46,008$ g
$M_C$	masa atomowa węgla = 12,011 g
$M_H$	masa atomowa wodoru = 1,008 g
$R$	stężenie $O_2$ w suchym powietrzu, objętościowo = 0,2095 normalnie
$S$	stężenie $N_2$ + gazy szlachetne w suchym powietrzu, objętościowo = 0,7092 normalnie
$T$	stężenie $CO_2$ w suchym powietrzu, objętościowo = 0,0003 normalnie
[HC]	średnie stężenie węglowodorów w spalinach, vol/vol, wyrażonych jako węgiel
[CO]	średnie stężenie wilgotnego CO, vol/vol
[ $CO_2$ ]	średnie stężenie wilgotnego $CO_2$ , vol/vol
[ $NO_x$ ]	średnie stężenie wilgotnego $NO_x$ , vol/vol = [NO + $NO_2$ ]
[NO]	średnie stężenie wilgotnego NO w próbce spalin, vol/vol
[ $NO_2$ ]	średnie stężenie wilgotnego $NO_2$ w próbce spalin, vol/vol

$$= \frac{([NO_x]_c - [NO])}{\eta}$$

[ $NO_x$ ] <sub>c</sub>	średnie stężenie wilgotnego NO w próbce spalin po przejściu przez konwertor $NO_2/NO$ , vol/vol
$\eta$	sprawność konwertora $NO_2/NO$
$h_{vol}$	wilgotność powietrza otoczenia, vol wody/vol suchego powietrza
$m$	liczba atomów C w charakterystycznej cząsteczce paliwa
$n$	liczba atomów H w charakterystycznej cząsteczce paliwa
$x$	liczba atomów C w charakterystycznej cząsteczce węglowodoru w spalinach
$y$	liczba atomów H w charakterystycznej cząsteczce węglowodoru w spalinach

Wartość  $n/m$ , stosunek liczby atomów wodoru do liczby atomów węgla w użytym paliwie, jest oceniana przez analizę typu paliwa. Wilgotność powietrza otoczenia  $h$  musi być mierzona w każdych warunkach ustawienia. Przy braku przeciwnych dowodów dotyczących cech ( $x$ ,  $y$ ) węglowodorów w spalinach, należy użyć wartości  $x = 1$ ,  $y = 4$ . Jeśli do pomiarów używa się suchych lub półsuchych CO i  $CO_2$ , wówczas muszą one być przekształcone do równoważnego wilgotnego stężenia, jak określono w uzupełnieniu E do tego dodatku, zawierającym także wzory wymaganej korekcji zakłóceń.

## 7.1.3 Korekcja indeksów emisji do warunków odniesienia

Do zmierzonych indeksów emisji z silnika, dla wszystkich polutantów we wszystkich stosownych zakresach pracy silnika, muszą być wykonane korekcje, uwzględniające odchyłki od warunków atmosferycznych odniesienia (ISA na poziomie morza) rzeczywistej temperatury i ciśnienia powietrza na wlocie podczas prób. Korekcje te mogą także uwzględniać odchyłki badanego silnika od znormalizowanego silnika odniesienia (patrz dodatek 6, punkt 1f)). Jako wartość odniesienia dla wilgotności przyjmuje się 0,00634 kg wody/kg suchego powietrza.

Tak więc EI skorygowany =  $K \times$  EI zmierzony,

gdzie uogólnione wyrażenie  $K$  wynosi:

$$K = (P_{Bref}/P_B)^a \times (FAR_{ref}/FAR_B)^b \times \exp((T_{Bref} - T_B)/c) \times \exp(d[h_{mass} - 0,00634])$$

$P_B$  zmierzone ciśnienie na wlocie do komory spalania

$T_B$  zmierzona temperatura na wlocie do komory spalania

$FAR_B$  współczynnik nadmiaru powietrza w komorze spalania

$h_{mass}$  wilgotność powietrza otoczenia, kg wody/kg suchego powietrza

$P_{ref}$  ciśnienie ISA na poziomie morza

$T_{ref}$  temperatura ISA na poziomie morza

$P_{Bref}$  ciśnienie na wlocie do komory spalania badanego silnika (lub silnika odniesienia, jeśli dane są skorygowane do silnika odniesienia), związane z  $T_B$  w warunkach ISA na poziomie morza.

$T_{Bref}$  temperatura na wlocie do komory spalania badanego silnika w warunkach ISA na poziomie morza (lub silnika odniesienia, jeśli dane są skorygowane do silnika odniesienia). Jest to temperatura połączona z każdym poziomem ciągu, wymaganym dla każdego zakresu.

$FAR_{ref}$  współczynnik nadmiaru powietrza w komorze spalania badanego silnika w warunkach ISA na poziomie morza (lub silnika odniesienia, jeśli dane są skorygowane do silnika odniesienia).

$a, b, c, d$  odpowiednie stałe, które mogą być różne dla każdego polutanta i dla każdego typu silnika.

Parametry wlotu do komory spalania powinny być mierzone, ale mogą być obliczone na podstawie warunków otoczenia według stosownych wzorów.

7.1.4 Stosując zalecaną technikę z p. 7.2 dopasowywania krzywej do powiązania indeksów emisji z temperaturą wlotu do komory spalania, skutecznie eliminuje się człon  $\exp((T_{Bref} - T_B)/c)$  z ogólnego równania, a dla większości przypadków człon  $(FAR_{ref}/FAR_B)$  można przyrównać do jedności. Dla indeksów emisji CO i HC wiele urzędów badawczych ma określone, że człon wilgotności jest wystarczająco bliski jedności, aby być wyeliminowanym z równania oraz że wykładnik członu  $(P_{Bref}/P_B)$  jest bliski jedności.

Tak więc

skorygowany EI(CO) = EI wyprowadzonemu z krzywej  $(P_B/P_{Bref}) \cdot$  EI(CO) w funkcji  $T_B$

skorygowany EI(HC) = EI wyprowadzonemu z krzywej  $(P_B/P_{Bref}) \cdot$  EI(HC) w funkcji  $T_B$

skorygowany EI(NO<sub>x</sub>) = EI wyprowadzonemu z krzywej EI(NO<sub>x</sub>)  $(P_{Bref}/P_B)^{0,5 \exp(19[h_{mass} - 0,00634])}$  w funkcji  $T_B$ .

Jeśli ta zalecana metoda korekcji indeksów emisji CO i HC nie zapewni zadowalającej korelacji, wówczas może być użyta alternatywna metoda, w której stosuje się parametry wyprowadzone z prób podzespołów.

Każda inna metoda wykonywania korekcji indeksów emisji CO, HC i NO<sub>x</sub> wymaga zatwierdzenia przez władze certyfikujące.

## 7.2 Funkcje parametrów sterowania

$(D_p, F_{oo}, \pi)$

### 7.2.1 Definicje

- $D_p$  Masa danego polutanta gazowego, emitowanego podczas cyklu odniesienia dla emisji lądowania i startu
- $F_{oo}$  Ciąg nominalny (patrz definicję)
- $F_n$  Ciąg w zakresie pracy LTO, (kN)
- $W_f$  Natężenia masowe przepływu silnika odniesienia w warunkach ISA na poziomie morza, (kg/s)
- $W_{fn}$  Natężenia masowe przepływu silnika odniesienia w warunkach ISA na poziomie morza w zakresie  $n$  pracy silnika LTO
- $\pi$  Spręż sprężarki, czyli stosunek średniego ciśnienia całkowitego na wylocie ze sprężarki do średniego ciśnienia całkowitego na wlocie do sprężarki, gdy silnik rozwija ciąg startowy w warunkach statycznych ISA na poziomie morza.

7.2.2 Indeksy emisji ( $EI_n$ ) dla każdego polutanta, skorygowane do warunków atmosferycznych odniesienia oraz, jeśli to niezbędne, do znormalizowanego silnika odniesienia ( $EI_n$  (skorygowane)), muszą być uzyskane dla każdego zakresu pracy LTO. Wymagane są co najmniej trzy punkty prób do określenia zakresu biegu jałowego. Muszą być określone następujące zależności dla każdej emisji gazowej w warunkach atmosferycznych odniesienia:

- między  $EI$  (skorygowanym) i  $T_B$ ;
- między  $W_f$  i  $T_B$ ; oraz
- między  $F_n$  i  $T_B$ ;

*Uwaga 1. – Zależności te są pokazane jako przykład na rys. A3-2a), b) i c).*

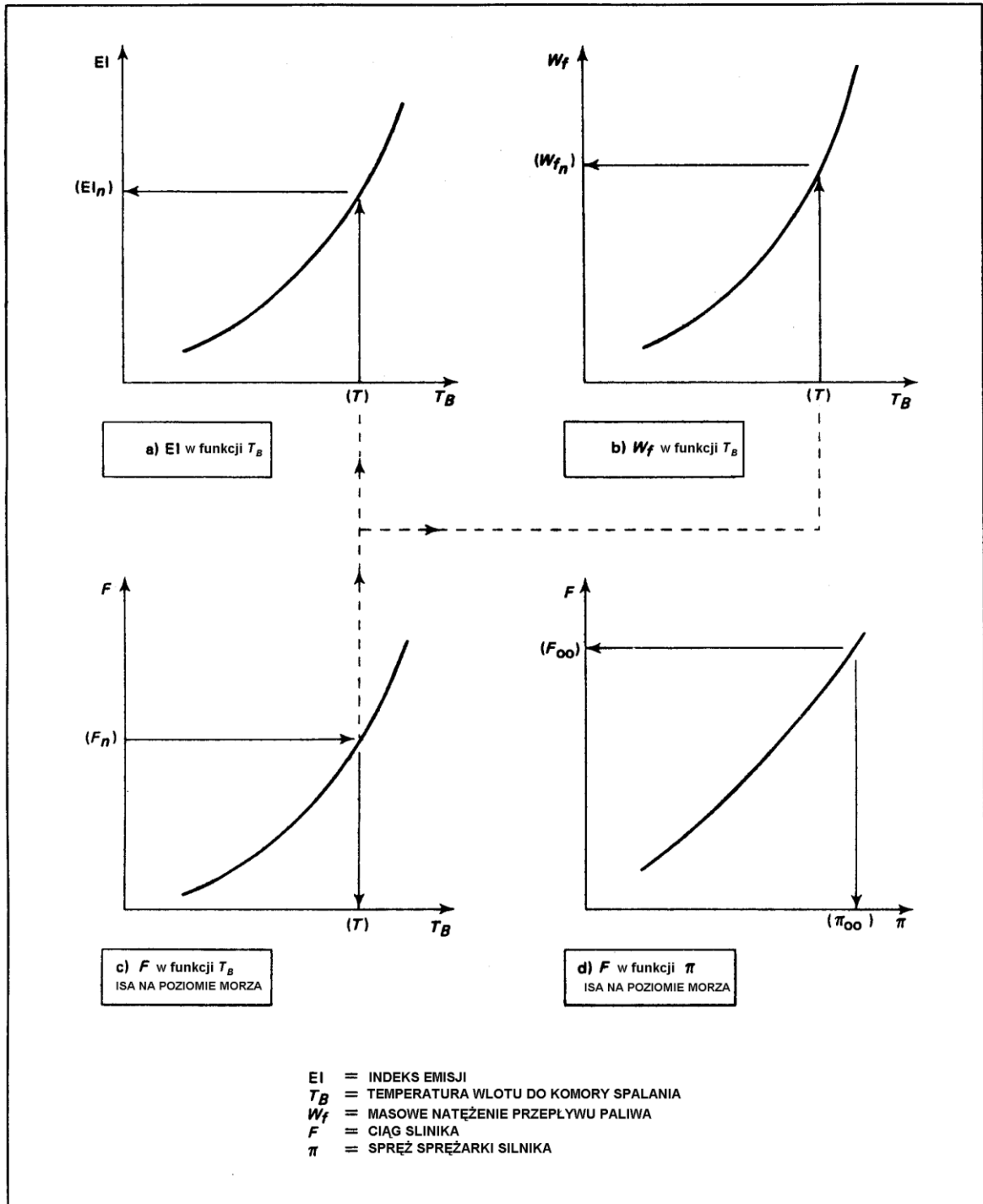
*Uwaga 2. – Zależności b) i c) mogą być określone bezpośrednio z danych pomiarowych silnika lub z zatwierdzonego modelu osiągow silnika.*

Silnik odniesienia jest zdefiniowany jako silnik rzeczywiście skonfigurowany zgodnie z typem silnika w standardzie produkcyjnym i posiadający w pełni reprezentatywne charakterystyki operacyjne i osiągow.

Producent musi także dostarczyć władzom certyfikującym wszystkie niezbędne dane o osiągow silnika w celu udowodnienia tych zależności dla warunków otoczenia ISA na poziomie morza:

- ciąg nominalny ( $F_{oo}$ );
- spręż sprężarki ( $\pi$ ) przy maksymalnym ciągu.

*Uwaga. – Zależności te pokazano na rys. A3-2d).*



Rys. A3-2. Procedura obliczeń

7.2.3 Ocena EI (skorygowanego) dla każdej emisji gazowej dla czterech zakresów pracy LTO silnika, musi być zgodna z następującą ogólną procedurą:

- a) określić temperaturę na wlocie do komory spalania ( $T_B$ ) (Rys. A3-2c)) dla wartości  $F_n$  odpowiednich dla czterech zakresów pracy LTO w warunkach atmosferycznych odniesienia;
- b) z charakterystyki EI (skorygowanego)/ $T_B$  (rys. A3-2a)) określić wartość  $EI_n$  odpowiadającą  $T_B$ ;
- c) z charakterystyki  $W_f/T_B$  (rys. A3-2b)) określić wartość  $W_{fn}$  odpowiadającą  $T_B$ ;
- d) zapisać wartości maksymalnego ciągu ISA i stosunek ciśnień. Są to odpowiednio  $F_{oo}$  i  $\pi$  (rys. A3-2d));
- e) obliczyć dla każdego polutanta  $D_p = \Sigma (EI_n) (W_{fn}) (t)$  gdzie:

$t$  czas zakresu LTO (minuty)

$W_{fn}$  natężenie przepływu paliwa (kg/min)

$\Sigma$  suma zestawu zakresów składających się na cykl odniesienia LTO.

7.2.4 Chociaż opisana powyżej metodologia jest metodologią zalecaną, władze certyfikujące mogą zaakceptować równoważną procedurę matematyczną, która stosuje wyrażenia matematyczne reprezentujące pokazane krzywe, jeśli wyrażenie zostało wyprowadzone przy użyciu zaakceptowanej techniki dopasowywania krzywej.

### 7.3 Wyjątki od proponowanej procedury

W przypadkach gdyby konfiguracja silnika lub inne niesprzyjające warunki mogły uniemożliwić stosowanie niniejszej procedury, władze certyfikujące, po uzyskaniu zadowalających technicznych dowodów na równoważne wyniki uzyskane za pomocą alternatywnej procedury, mogą zaaprobować tę alternatywną procedurę.

## UZUPEŁNIENIE A DO DODATKU 3. WYMAGANIA DLA ANALIZATORA HC

*Uwaga 1.* – Jak opisano w p. 5.2 dodatku 3, elementem pomiarowym w tym analizatorze jest czujnik płomieniowo-jonizacyjny (FID), w którym cały przepływ próbki lub jego reprezentatywna część jest wprowadzana do płomienia zasilanego wodorem. Przy odpowiednim ustawieniu elektrod ustala się prąd jonowy, który jest funkcją masy węglowodoru wprowadzonego do płomienia. Prąd ten, odniesiony do odpowiedniego zera, jest wzmacniany do odpowiedniego zakresu, aby zapewnić odpowiedź wyjściową jako miarę stężenia węglowodoru, wyrażoną jako równoważnik ppmC.

*Uwaga 2.* – Patrz uzupełnienie D, zawierające informacje na temat gazów wzorcowych i odniesienia.

### 1. POSTANOWIENIA OGÓLNE

**Środki ostrożności:** Wskazane wymagania dotyczą ogólnie całego zakresu analizatora. Błędy części skali mogą stanowić znaczący procent odczytu. Stosowność i ważność takiego wzrostu musi być rozważona w czasie przygotowań do pomiarów. Jeśli niezbędne są lepsze osiągi, wówczas muszą być podjęte odpowiednie środki.

Użyty przyrząd musi utrzymywać temperaturę czujnika i podzespołów obsługujących próbkę w zakresie od 155°C do 165°C ze stabilnością  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Wiodące wymagania zawarto w poniższych punktach, odpowiedź czujnika jest zoptymalizowana, a przyrząd ma ogólną stabilizację:

- a) *całkowity zakres:* 0 do 5 000 ppmC w odpowiednich zakresach;
- b) *rozdzielczość:* większa niż 0,5% pełnej skali użytego zakresu lub 0,5 ppmC, zależnie, która wartość jest większa;
- c) *powtarzalność:* lepsza niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 0,5$  ppmC, zależnie, która wartość jest większa;
- d) *stabilność:* lepsza niż  $\pm 2\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 1,0$  ppmC, zależnie, która wartość jest większa, w ciągu 1 godziny;
- e) *błąd pełzania zera:* mniejszy niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 0,5$  ppmC, zależnie, która wartość jest większa, w ciągu 1 godziny;
- f) *szum:* 0,5 Hz i więcej, mniejszy niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 0,5$  ppmC, zależnie, która wartość jest większa;
- g) *czas odpowiedzi:* nieprzekraczający 10 s od wejścia próbki do układu analizującego do osiągnięcia 90% odczytu końcowego;
- h) *liniowość:* odpowiedź dla propanu w powietrzu musi być liniowa w każdym zakresie z  $\pm 2\%$  pełnej skali, gdy jest inna, musi być wykonana korekcja kalibracji.

### 2. EFEKTY SYNERGICZNE

*Uwaga.* – W praktyce występują dwa aspekty osiągnięć, które mogą wpływać na dokładność pomiarów:

- a) *wpływ tlenu (różne proporcje tlenu obecnego w próbce dają różne wskazania stężenia węglowodoru przy stałym rzeczywistym stężeniu HC); oraz*

- b) względna odpowiedź węglowodoru (różna odpowiedź na to samo stężenie węglowodoru w próbce, wyrażone jako równoważnik ppmC, zależnie od kategorii lub domieszek kategorii składników węglowodorów).

Znaczenie powyższych wpływów musi być określone, jak następuje, i odpowiednio ograniczone.

*Odpowiedź tlenu:* mierzyć odpowiedź przy dwóch mieszankach propanu o stężeniu około 500 ppmC przy znanej dokładności względnej  $\pm 1\%$ , jak następuje:

- 1) propan w  $10 \pm 1$ -procentowym  $O_2$ , wyważać  $N_2$ ,
- 2) propan w  $21 \pm 1$ -procentowym  $O_2$ , wyważać  $N_2$ .

Jeśli  $R_1$  i  $R_2$  są odpowiednio odpowiedziami znormalizowanymi, wówczas  $(R_1 - R_2)$  musi być mniejsza niż  $3\% R_1$ .

*Odpowiedź różnicowa węglowodoru:* mierzyć odpowiedź przy czterech mieszankach różnych węglowodorów w powietrzu, o stężeniu około 500 ppmC przy znanej dokładności względnej  $\pm 1\%$ , jak następuje:

- a) propan w zerowym powietrzu;
- b) propylen w zerowym powietrzu;
- c) toluen w zerowym powietrzu;
- d) n-heksan w zerowym powietrzu.

Jeśli  $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_c$  i  $R_d$  są odpowiedziami znormalizowanymi (ze względu na propan), wówczas  $(R_a - R_b)$ ,  $(R_a - R_c)$  i  $(R_a - R_d)$  muszą być mniejsze niż  $5\% R_a$ .

### 3. OPTIMALIZACJA ODPOWIEDZI CZUJNIKA I ZESTRAJANIE

3.1 Muszą być zastosowane instrukcje producenta w zakresie procedur początkowego zestawienia, pomocniczej obsługi i wymaganego zasilania, zaś przyrząd musi być ustabilizowany. Wszystkie regulacje nastawienia muszą zawierać powtarzające się sprawdzanie zera i korekcje, gdy są one niezbędne. Używając jako próbkę mieszaninę około 500 ppmC propanu w powietrzu, muszą być określone charakterystyki odpowiedzi dla zmian w przepływie paliwa oraz, gdy przepływ paliwa jest bliski optymalnemu, dla zmian rozcieńczenia powietrza, aby wybrać jego optimum. Odpowiedzi: tlenu i różnicowa węglowodoru muszą być określone, jak podano powyżej.

3.2 Liniowość każdego zakresu analizatora musi być sprawdzona przez zastosowanie próbek propanu w powietrzu o stężeniu w przybliżeniu 30, 60 i 90% pełnej skali. Maksymalne odchylenie odpowiedzi dla każdego z tych punktów od prostej najmniejszych kwadratów (pasowanej do tych punktów i do zera) nie może przekroczyć  $\pm 2\%$  wartości pełnej skali. Gdy przekracza, musi być sporządzona krzywa kalibracji do użycia roboczego.



## UZUPEŁNIENIE B DO DODATKU 3. WYMAGANIA DLA ANALIZATORÓW CO I CO<sub>2</sub>

*Uwaga 1.*– Punkt 5.3 dodatku 3 zawiera skrócone charakterystyki podukładu analizującego, stosowanego do poszczególnych pomiarów stężeń CO i CO<sub>2</sub> w próbce spalin. Przyrządy bazują na zasadzie bezdyspersyjnej absorpcji promieniowania podczerwonego w równoległych ogniwach: odniesienia i zawierającym próbkę gazu. Wymagane zakresy czułości są uzyskiwane przez użycie stosu ogniw z próbkami lub zmiany w zespołach obwodów elektronicznych, lub użycie obu sposobów razem. Zakłócenia od gazów z pasmami absorpcyjnymi na zakładkę mogą być minimalizowane przez gazowe filtry absorpcyjne i/lub filtry optyczne, bardziej pożądane.

*Uwaga 2.*– Patrz uzupełnienie D, zawierające informacje na temat gazów wzorcowych i gazów odniesienia.

**Środki ostrożności:** Wskazane wymagania dotyczą ogólnie całego zakresu analizatora. Błędy części skali mogą stanowić znaczący procent odczytu. Stosowność i ważność takiego wzrostu musi być rozważona w czasie przygotowań do pomiarów. Jeśli niezbędne są lepsze osiągi, wówczas muszą być podjęte odpowiednie środki.

Podstawowe wymagania są następujące:

### *Analizator CO*

- a) *całkowity zakres:* 0 do 2 500 ppm w odpowiednich zakresach;
- b) *rozdzielczość:* większa niż 0,5% pełnej skali użytego zakresu lub 1 ppm, zależnie, która wartość jest większa;
- c) *powtarzalność:* większa niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 2$  ppm, zależnie, która wartość jest większa;
- d) *stabilność:* większa niż  $\pm 2\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 2$  ppm, zależnie, która wartość jest większa, w ciągu 1 godziny;
- e) *błąd pełzania zera:* mniejszy niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 2$  ppm, zależnie, która wartość jest większa, w ciągu 1 godziny;
- f) *szum:* 0,5 Hz i więcej, mniejszy niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 1$  ppm, zależnie, która wartość jest większa;
- g) *zakłócenia:* ograniczone ze względu na wskazane stężenia CO, jak następuje:
  - 1) mniejsze niż 500 ppm/procent stężenia etylenu,
  - 2) mniejsze niż 2 ppm/procent stężenia CO<sub>2</sub>,
  - 3) mniejsze niż 2 ppm/procent pary wodnej.\*

Jeśli ograniczenia w zakresie zakłóceń dla CO<sub>2</sub> i pary wodnej nie będą spełnione, wówczas muszą być określone, opisane i zastosowane odpowiednie współczynniki korekcji.

*Uwaga.*– Zgodnie z dobrą praktyką zaleca się, aby takie procedury korekcji były stosowane we wszystkich przypadkach.

---

\* Nie stosuje się w pomiarach na bazie „suchej”.

Analizator CO<sub>2</sub>

- a) *całkowity zakres*: 0 do 10% w odpowiednich zakresach;
- b) *rozdzielczość*: większa niż 0,5% pełnej skali użytego zakresu lub 100 ppm, zależnie, która wartość jest większa;
- c) *powtarzalność*: większa niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 100$  ppm, zależnie, która wartość jest większa;
- d) *stabilność*: większa niż  $\pm 2\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 100$  ppm, zależnie, która wartość jest większa, w ciągu 1 godziny;
- e) *błąd pełzania zera*: mniejszy niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 100$  ppm, zależnie, która wartość jest większa, w ciągu 1 godziny;
- f) *szum*: 0,5 Hz i więcej, mniejszy niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 100$  ppm, zależnie, która wartość jest większa;
- g) wpływ tlenu (O<sub>2</sub>) na odpowiedź analizatora CO<sub>2</sub> musi być sprawdzony. Dla zmiany od 0 do 21% O<sub>2</sub>, odpowiedź danego stężenia CO<sub>2</sub> nie może zmieniać się o więcej niż 2% odczytu. Jeśli ograniczenie to nie jest spełnione, musi być zastosowany odpowiedni współczynnik korekcji.

*Uwaga.* – Zgodnie z dobrą praktyką zaleca się, aby takie procedury korekcji były stosowane we wszystkich przypadkach.

Analizatory CO i CO<sub>2</sub>

- a) *czas odpowiedzi*: nieprzekraczający 10 s od wejścia próbki do układu analizującego do osiągnięcia 90% odczytu końcowego;
- b) *temperatura próbki*: normalnym zakresem pracy dla analizy próbki jest (bezstopniowy) warunek „wilgotny”. Wymaga to, aby ogniwo próbki i wszystkie inne składniki podukładu stykające się z próbką były utrzymane w temperaturze nie mniejszej niż 50°C, ze stabilnością  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Opcja pomiaru CO i CO<sub>2</sub> na bazie suchej (z odpowiednimi studzienkami wodnymi) jest dozwolona, w tym przypadku nieogrzewane analizatory są dopuszczalne i ograniczenia zakłóceń dla pary wodnej H<sub>2</sub>O usunięto, a wymagana jest późniejsza korekcja dla pary wodnej na wlocie i wody spalanej;
- c) *krzywe kalibracji*:
  - i) analizatory z liniową charakterystyką wyjścia sygnału muszą być sprawdzane we wszystkich zakresach pracy przy użyciu gazów wzorcowych o znanym stężeniu w przybliżeniu 0, 30, 60 i 90% pełnej skali. Maksymalne odchylenie odpowiedzi dla każdego z tych punktów od prostej najmniejszych kwadratów, pasowanej do tych punktów i do odczytu zera, nie może przekroczyć  $\pm 2\%$  wartości pełnej skali. Gdy przekracza, musi być sporządzona krzywa kalibracji do użycia roboczego,
  - ii) analizatory z nieliniową charakterystyką wyjścia sygnału oraz te, które nie spełniają wymagań liniowości podanych powyżej, muszą mieć przygotowane krzywe kalibracji dla wszystkich zakresów roboczych przy użyciu gazów wzorcowych o znanym stężeniu, w przybliżeniu 0, 30, 60 i 90% pełnej skali. Dodatkowe mieszanki muszą być użyte, jeśli to niezbędne, do właściwego określenia kształtu krzywej.

## UZUPEŁNIENIE C DO DODATKU 3. WYMAGANIA DLA ANALIZATORA NO<sub>x</sub>

*Uwaga.* – Patrz uzupełnienie D, zawierające informacje na temat gazów wzorcowych i odniesienia.

1. Jak wskazano w p. 5.4 dodatku 3, pomiar stężenia tlenków azotu musi być wykonywany metodą chemiluminescencyjną, w której mierzy się natężenie promieniowania, emitowanego podczas reakcji NO z O<sub>3</sub>. Tą metodą nie wykrywa się NO<sub>2</sub>, więc próbka musi przejść przez konwertor, w którym NO<sub>2</sub> jest przekształcany w NO przed pomiarem całkowitego NO<sub>x</sub>. Zarówno stężenie początkowego NO, jak i całkowitego NO<sub>x</sub> musi być zarejestrowane. Odejmując te wartości uzyskuje się miarę koncentracji NO<sub>2</sub>.

2. Użyty przyrząd musi być kompletny, ze wszystkimi niezbędnymi elementami do sterowania przepływem, jak regulatory, zawory, przepływomierze, itp. Materiały stykające się z próbką gazu muszą być odporne na działanie tlenków azotu, jak stal nierdzewna, szkło itp. Temperatura próbki wszędzie musi być utrzymana przez zawory, odpowiednio do lokalnych ciśnień, aby uniknąć kondensacji wody.

**Środki ostrożności:** Wskazane wymagania dotyczą ogólnie całego zakresu analizatora. Błędy części skali mogą stanowić znaczący procent odczytu. Stosowność i ważność takiego wzrostu musi być rozważona w czasie przygotowań do pomiarów. Jeśli niezbędne są lepsze osiągi, wówczas muszą być podjęte odpowiednie środki.

3. Podstawowe wymagania dla osiągnięć, określone dla przyrządu pracującego w temperaturze otoczenia ustabilizowanej do 2°C, są następujące:

- a) *całkowity zakres:* 0 do 2 500 ppm w odpowiednich zakresach;
- b) *rozdzielczość:* większa niż 0,5% pełnej skali użytego zakresu lub 1 ppm, zależnie, która wartość jest większa;
- c) *powtarzalność:* większa niż ±1% pełnej skali użytego zakresu lub ±1 ppm, zależnie, która wartość jest większa;
- d) *stabilność:* większa niż ±2% pełnej skali użytego zakresu lub ±1 ppm, zależnie, która wartość jest większa, w ciągu 1 godziny;
- e) *błąd pelzania zera:* mniejszy niż ±1% pełnej skali użytego zakresu lub ±1 ppm, zależnie, która wartość jest większa, w ciągu 1 godziny;
- f) *szum:* 0,5 Hz i więcej, mniejszy niż ±1,0% pełnej skali użytego zakresu lub ±1 ppm, zależnie, która wartość jest większa, w ciągu 2 godzin;
- g) *zakłócenia:* tłumienie dla próbek zawierających CO<sub>2</sub> i parę wodną musi być ograniczone, jak następuje:
  - mniejsze niż 0,05% odczytu/% stężenia CO<sub>2</sub>;
  - mniejsze niż 0,1% odczytu/% stężenia pary wodnej.

Jeśli ograniczenia w zakresie zakłóceń dla CO<sub>2</sub> i pary wodnej nie będą spełnione, wówczas muszą być określone, opisane i zastosowane odpowiednie współczynniki korekcji.

*Uwaga.* – Zgodnie z dobrą praktyką zaleca się, aby takie procedury korekcji były stosowane we wszystkich przypadkach.

- h) *czas odpowiedzi:* nieprzekraczający 10 s od wejścia próbki do układu analizującego do osiągnięcia 90% odczytu końcowego;

- i) *liniowość*: większa niż  $\pm 2\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 2$  ppm, zależnie, która wartość jest większa;
- j) *konwertor*: musi być zaprojektowany i użytkowany tak, aby zawarty w próbce  $\text{NO}_2$  redukować do  $\text{NO}$ . Konwertor nie może wpływać na początkowy  $\text{NO}$  w próbce.

Sprawność konwertora nie może być mniejsza niż 90%.

Ta wartość sprawności musi być użyta do korekcji zmierzonej wartości próbki  $\text{NO}_2$  (tj.  $[\text{NO}_x]_c - [\text{NO}]$ ) do tej, która byłaby określona, gdyby sprawność nie wynosiła 100%.

## UZUPEŁNIENIE D DO DODATKU 3. GAZY WZORCOWE I GAZY ODNIESIENIA

**Tablica gazów wzorcowych**

<i>Analizator</i>	<i>Gaz</i>	<i>Dokładność*</i>
HC	propan w zerowym powietrzu	±2% lub ±0,05 ppm**
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> w zerowym powietrzu	±2% lub ±100 ppm**
CO	CO w zerowym powietrzu	±2% lub ±2 ppm**
NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub> w zerowym azocie	±2% lub ±1 ppm**

\* W przedziale ufności 95%.

\*\* Zależnie, która wartość jest większa.

Powyższe gazy są wymagane do przeprowadzania rutynowych kalibracji analizatorów podczas ich normalnej pracy.

**Tablica gazów odniesienia**

<i>Analizator</i>	<i>Gaz</i>	<i>Dokładność*</i>
HC	propan w 10 ±1-procentowym O <sub>2</sub> równoważonym zerowym azotem	±1%
HC	propan w 21 ±1-procentowym O <sub>2</sub> równoważonym zerowym azotem	±1%
HC	propylen w zerowym powietrzu	±1%
HC	toluen w zerowym powietrzu	±1%
HC	n-heksan w zerowym powietrzu	±1%
HC	propan w zerowym powietrzu	±1%
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> w zerowym powietrzu	±1%
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> w zerowym azocie	±1%
CO	CO w zerowym powietrzu	±1%
NO <sub>x</sub>	NO w zerowym azocie	±1%

\* W przedziale ufności 95%.

Powyższe gazy są wymagane do przeprowadzania prób według uzupełnień A, B i C.

Gazy wzorców: tlenek węgla i dwutlenek węgla, mogą być mieszaniną z jednym lub dwoma składnikami. Mieszanina trzyskładnikowa, złożona z tlenku węgla, dwutlenku węgla i propanu w zerowym powietrzu, może być użyta przy zapewnieniu stabilności tej mieszaniny.

Gazem zerowym, jak określono dla analizatorów CO, CO<sub>2</sub> i HC, musi być zerowe powietrze (włącznie ze „sztucznym” powietrzem, zawierającym od 20 do 22% O<sub>2</sub> zmieszanego z N<sub>2</sub>). Dla analizatora NO<sub>x</sub> jako gaz zerowy musi być stosowany zerowy azot. Domieszki w obu rodzajach gazu zerowego muszą być ograniczone do mniejszych stężeń niż następujące:

- 1 ppm C
- 1 ppm CO
- 100 ppm CO<sub>2</sub>
- 1 ppm NO<sub>x</sub>

Wnioskujący musi upewnić się, czy dostarczone mu gazy handlowe rzeczywiście spełniają te wymagania lub czy są w ten sposób wyspecyfikowane przez sprzedawcę.

---

## UZUPEŁNIENIE E DO DODATKU 3. OBLICZANIE PARAMETRÓW EMISJI — PODSTAWA, KOREKCJE POMIARÓW I ALTERNATYWNA METODA NUMERYCZNA

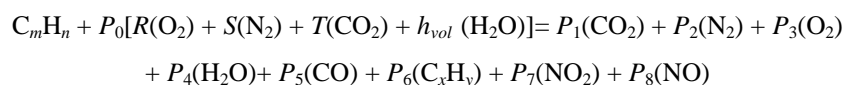
### 1. SYMBOLE

$AFR$	współczynnik nadmiaru powietrza, stosunek masowych natężeń przepływu suchego powietrza i paliwa
$EI$	indeks emisji; $10^3 \times$ masowe natężenie przepływu emisji gazowych na wylocie silnika do jednostkowego masowego natężenia paliwa
$K$	stosunek stężeń mierzonych wilgotnych do suchych (po wymrażarce)
$L, L'$	współczynnik zakłócenia analizatora dla zakłócenia przez $CO_2$
$M, M'$	współczynnik zakłócenia analizatora dla zakłócenia przez $H_2O$
$M_{AIR}$	masa cząsteczkowa suchego powietrza = 28,966 g lub, gdzie to stosowne, = $(32 R + 28,1564 S + 44,0117) g$
$M_{CO}$	masa cząsteczkowa $CO = 28,011 g$
$M_{HC}$	masa cząsteczkowa węglowodoru w spalinach, liczona jako $CH_4 = 16,043 g$
$M_{NO_2}$	masa cząsteczkowa $NO_2 = 46,008 g$
$M_C$	masa atomowa węgla = 12,011 g
$M_H$	masa atomowa wodoru = 1,008 g
$P_1$	liczba moli $CO_2$ w próbce spalin/mol paliwa
$P_2$	liczba moli $N_2$ w próbce spalin/mol paliwa
$P_3$	liczba moli $O_2$ w próbce spalin/mol paliwa
$P_4$	liczba moli $H_2O$ w próbce spalin/mol paliwa
$P_5$	liczba moli $CO$ w próbce spalin/mol paliwa
$P_6$	liczba moli $C_xH_y$ w próbce spalin/mol paliwa
$P_7$	liczba moli $NO_2$ w próbce spalin/mol paliwa
$P_8$	liczba moli $NO$ w próbce spalin/mol paliwa
$P_T$	$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8$
$R$	stężenie $O_2$ w suchym powietrzu, objętościowo = 0,2095 normalnie

$S$	stężenie $N_2$ + gazy szlachetne w suchym powietrzu, objętościowo = 0,7902 normalnie
$T$	stężenie $CO_2$ w suchym powietrzu, objętościowo = 0,0003 normalnie
$P_0$	liczba moli powietrza/mol paliwa w początkowej mieszance powietrze/paliwo
$Z$	symbol użyty i określony w p. 3.4
$[CO_2]$	średnie stężenie $CO_2$ w próbce spalin, vol/vol
$[CO]$	średnie stężenie $CO$ w próbce spalin, vol/vol
$[HC]$	średnie stężenie $HC$ w próbce spalin, vol/vol
$[NO]$	średnie stężenie $NO$ w próbce spalin, vol/vol
$[NO_2]$	średnie stężenie $NO_2$ w próbce spalin, vol/vol
$[NO_x]$	średnie stężenie $NO_x$ w próbce spalin, vol/vol
$[NO_x]_c$	średnie stężenie $NO$ w próbce spalin, po przejściu przez konwerter $NO_2/NO$ , vol/vol
$[NO_2]$	średnie = $\frac{([NO_x]_c - [NO])}{\eta}$
$[ ]_d$	średnie stężenie w próbce spalin po wymrażarce, vol/vol
$[ ]_m$	odezbyt pomiaru średniego stężenia przed zastosowaniem korekcji przyrządu, vol/vol
$h_{vol}$	wilgotność powietrza otoczenia, vol wody/vol suchego powietrza
$h_d$	wilgotność próbki spalin opuszczającej „suszarke” lub „wymrażarkę”, vol wody/vol suchej próbki
$m$	liczba atomów $C$ w charakterystycznej cząsteczce paliwa
$n$	liczba atomów $H$ w charakterystycznej cząsteczce paliwa
$x$	liczba atomów $C$ w charakterystycznej cząsteczce węglowodorów w spalinach
$y$	liczba atomów $H$ w charakterystycznej cząsteczce węglowodorów w spalinach
$\eta$	sprawność konwertera

## 2. PODSTAWA OBLICZANIA PARAMETRÓW EI I AFR

2.1 Przyjmuje się, że równowaga pomiędzy początkową mieszanką paliwa i powietrza a wynikowym stanem próbki emisji spalin, może być wyrażona następującym wzorem:





którego wymagane parametry mogą być, z definicji, wyrażone jako:

$$EI(\text{CO}) = P_3 \left( \frac{10^3 M_{\text{CO}}}{mM_c + nM_H} \right)$$

$$EI(\text{HC}) = xP_6 \left( \frac{10^3 M_{\text{HC}}}{mM_c + nM_H} \right) \quad \text{wyrażony jako równoważnik metanu}$$

$$EI(\text{NO}_x) = (P_7 + P_8) \left( \frac{10^3 M_{\text{NO}_x}}{mM_c + nM_H} \right) \quad \text{wyrażony jako równoważnik NO}_2$$

$$\text{AFR} = P_0 \left( \frac{M_{\text{AIR}}}{mM_c + nM_H} \right)$$

2.2 Wartości składników węglowodorów paliwa ( $m, n$ ) są oznaczone w specyfikacji paliwa lub określone w drodze analizy. Jeśli stosunek  $n/m$  jest tak określony, wówczas może być przypisana wartość  $m = 12$ . Ułamki molowe składników suchego powietrza ( $R, S, T$ ) są zwykle podawane jako zalecane wartości standardowe, ale mogą także być określone wartości alternatywne, podlegające ograniczeniu  $R + S + T = 1$  oraz zatwierdzeniu przez władze certyfikujące.

2.3 Wilgotność powietrza otaczającego  $h_{\text{vol}}$  jest zmierzona w każdych warunkach prób. Zaleca się, aby przy braku przeciwnych dowodów co do wartości charakterystyk ( $x, y$ ) węglowodorów w spalinach, przyjąć wartości  $x = 1$  oraz  $y = 4$ .

2.4 Określenie pozostałych niewiadomych wymaga rozwiązania następującego zestawu równoważnych równań liniowych, gdzie równania od (1) do (4) pochodzą z podstawowych zależności zachowania atomów, a równania (5) do (9) przedstawiają zależności stężeń produktów gazowych.

$$m + TP_0 = P_1 + P_5 + xP_6 \dots\dots\dots (1)$$

$$n + 2h_{\text{vol}}P_0 = 2P_4 + yP_6 \dots\dots\dots (2)$$

$$(2R + 2T + h_{\text{vol}})P_0 = 2P_1 + 2P_3 + P_4 + P_5 + 2P_7 + P_8 \dots\dots\dots (3)$$

$$2SP_0 = 2P_2 + P_7 + P_8 \dots\dots\dots (4)$$

$$[\text{CO}_2] P_T = P_1 \dots\dots\dots (5)$$

$$[\text{CO}] P_T = P_5 \dots\dots\dots (6)$$

$$[\text{HC}] P_T = xP_6 \dots\dots\dots (7)$$

$$[\text{NO}_x] cP_T = \eta P_7 + P_8 \dots\dots\dots (8)$$

$$[\text{NO}] P_T = P_8 \dots\dots\dots (9)$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 \dots\dots\dots (10)$$

Powyższy zestaw równań warunkowych obowiązuje dla przypadku, w którym wszystkie mierzone stężenia są prawdziwe, bez wpływu zakłóceń lub potrzeby korekcji na suszenie próbek. W praktyce występuje znaczący wpływ zakłóceń w pomiarach CO, NO<sub>x</sub> i NO, więc często stosowana jest opcja pomiarów suchych lub półsuchych CO<sub>2</sub> i CO. Konieczność modyfikacji stosownych równań jest opisana w p. 2.5 i 2.6.

2.5 Zakłócenia są powodowane głównie obecnością w próbce CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O, które mogą wpływać na analizatory CO i NO<sub>x</sub> w zasadniczo różny sposób. Analizator CO jest skłonny do przemieszczania zera, a analizator NO<sub>x</sub> do zmiany czułości, co wyraża się jako:

$$[\text{CO}] = [\text{CO}]_m + L[\text{CO}_2] + M[\text{H}_2\text{O}]$$

$$\text{oraz } [\text{NO}_x]_c = [\text{NO}_x]_{cm} (1 + L'[\text{CO}_2] + M'[\text{H}_2\text{O}])$$

co przekształca równania (6), (8) i (9) w następujące alternatywne równania, gdy wymagana jest korekcja na wpływy zakłóceń:

$$[\text{CO}]_m P_T + LP_1 + MP_4 = P_5 \dots\dots\dots (6A)$$

$$[\text{NO}_x]_{cm} (P_T + L'P_1 + M'P_4) = \eta P_7 + P_8 \dots\dots\dots (8A)$$

$$[\text{NO}]_m (P_T + L'P_1 + M'P_4) = P_8 \dots\dots\dots (9A)$$

2.6 Opcja pomiaru stężenia CO<sub>2</sub> i CO na bazie suchej lub częściowo suchej próbki wymaga użycia zmodyfikowanych równań warunkowych z wilgotnością próbki zredukowaną do  $h_d$ , jak następuje:

$$[\text{CO}_2]_d (P_T - P_4) (1 + h_d) = P_1 \dots\dots\dots (5A)$$

oraz

$$[\text{CO}]_d (P_T - P_4) (1 + h_d) = P_5$$

Jednak na analizator CO mogą także wpływać zakłócenia, jak opisano w p. 2.5 powyżej, stąd kompletne równanie alternatywne na mierzone stężenie CO, przybiera postać:

$$[\text{CO}]_{md} (P_T - P_4) (1 + h_d) + LP_1 + Mh_d (P_T - P_4) = P_5 \dots\dots\dots (6B)$$

### 3. SFORMUŁOWANIA ANALITYCZNE

#### 3.1 Postanowienia ogólne

Równania od (1) do (10) mogą być zredukowane do sformułowań analitycznych dla parametrów EI i AFR, jak podano w p. 7.1 niniejszego dodatku. Ta redukcja jest procesem stopniowego eliminowania członów  $P_0$ ,  $P_1$  do  $P_8$ ,  $P_T$ , przy założeniu, że wszystkie pomiary stężenia są dokonywane dla „wilgotnej” próbki, co nie wymaga korekcji na zakłócenia i temu podobnych. W praktyce często jest wybierana opcja, aby wykonywać pomiary stężenia CO<sub>2</sub> i CO na bazie „wilgotnej” lub „półwilgotnej”; także często zachodzi konieczność wykonywania korekcji na zakłócenia. Sformułowania używane w tych różnorodnych warunkach podane są w p. 3.2, 3.3 i 3.4 poniżej.

#### 3.2 Sformułowania służące do przekształcenia pomiarów stężenia na bazie suchej w pomiary na bazie wilgotnej

Wilgotne stężenie =  $K \times$  stężenie suche; czyli

$$[ ] = K [ ]_d$$

Następujące wyrażenie na określenie  $K$  stosuje się, gdy CO i CO<sub>2</sub> są określone na „suchej” bazie:

$$K = \frac{\{4 + (n/m)T + ([n/m]T - 2h_{vol}) ([NO_2] - 2[HC]/x) + (2 + h_{vol}) ([y/x] - [n/m]) [HC]\} (1 + h_d)}{(2 + h) \{2 + (n/m) (1 + h_d) ([CO_2]_d + [CO]_d)\} - ([n/m]T - 2h) (1 - [1 + h_d] [CO]_d)}$$

### 3.3 Korekcje na zakłócenia

Pomiary CO i/lub NO<sub>x</sub> i NO, przed zastosowaniem w powyższych równaniach analitycznych, mogą wymagać korekcji na zakłócenia od stężeń CO<sub>2</sub> i wody w próbce. Takie korekcje zwykle mogą być wyrażone w ogólny sposób następująco:

$$[CO] = [CO]_m + L[CO_2] + M[H_2O]$$

$$[CO]_d = [CO]_{md} + L[CO_2]_d + M \left\{ \frac{h_d}{1 + h_d} \right\}$$

$$[NO] = [NO]_m (1 + L [CO_2] + M [H_2O])$$

$$\eta [NO_2] = ([NO_x]_{cm} - [NO]_m) (1 + L [CO_2] + M [H_2O])$$

### 3.4 Równanie służące do oceny zawartości wody w próbce

Stężenie wody w próbce jest równe:

$$[H_2O] = \frac{([n/2m] + h_{vol}[P_0/m]) ([CO_2] + [CO] + [HC])}{1 + T(P_0/m)} - (y/2x)[HC]$$

gdzie

$$P_0/m = \frac{2Z - n/m}{4(1 + h_{vol} - TZ/2)}$$

oraz

$$Z = \frac{2 - [CO] - ([2/x] - [y/2x]) [HC] + [NO_2]}{[CO_2] + [CO] + [HC]}$$

Należy zauważyć, że ta ocena jest funkcją różnych odczytów analizy stężeń, które mogą same wymagać korekcji na zakłócenia wodą. W tych przypadkach, w celu uzyskania większej dokładności wymagana jest procedura iteracyjna z kolejnym, ponownym obliczeniem stężenia wody, aż zostanie osiągnięta wymagana stabilność. Użycie alternatywnej, numerycznej metodologii rozwiązania (4) pozwoli uniknąć tej trudności.

#### 4. METODOLOGIA ALTERNATYWNA – ROZWIĄZANIE NUMERYCZNE

4.1 Jako alternatywa do procedur analitycznych, podsumowanych powyżej w punkcie 3, istnieje możliwość łatwego uzyskania indeksów emisji, współczynnika nadmiaru powietrza, skorygowanego stężenia wilgoci itp., z numerycznego rozwiązania równań od (1) do (10) dla każdego zestawu pomiarów za pomocą komputera.

4.2 W zestawie równań od (1) do (10) rzeczywiste pomiary stężeń są zastąpione użyciem któregośkolwiek z alternatywnych równań (5A), (6A) itp., stosownego do poszczególnego układu pomiarowego, biorąc pod uwagę korekcje na zakłócenia i/lub pomiary suchej próbki.

4.3 Oprogramowania komputerowe rozwiązujące równania tablic dwuwymiarowych są szeroko dostępne, a ich użycie do tego celu jest dogodnie i przydatne, umożliwiając gotowe wprowadzenie i identyfikację każdej opcji suchej próbki oraz m.in. korekcje na zakłócenia.

---

## UZUPEŁNIENIE F DO DODATKU 3. WYMAGANIA DLA DODATKOWYCH DANYCH

Jak wymaga się w p. 3.2 dodatku 3, oprócz stężenia składników mierzonej próbki muszą być podane także następujące dane:

- a) temperatura na wlocie: mierzona jako całkowita temperatura w punkcie położonym nie dalej niż jedna średnica od płaszczyzny wlotu do silnika, z dokładnością  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ;
- b) wilgotność na wlocie (kg wody/kg suchego powietrza): mierzona w punkcie położonym nie dalej niż 15 m od płaszczyzny wlotu do silnika, z dokładnością  $\pm 5\%$  odczytu;
- c) ciśnienie atmosferyczne: mierzone nie dalej niż 1 km od miejsca prób silnika i korygowane, gdy to niezbędne, do wysokości stanowiska do prób, z dokładnością  $\pm 100$  Pa;
- d) masowy przepływ paliwa: z bezpośredniego pomiaru, z dokładnością  $\pm 2\%$ ;
- e) stosunek H/C w paliwie: określone jako  $n/m$ , gdzie  $C_mH_n$  jest równoważnym odwzorowaniem węglowodoru w paliwie, użytym do prób, i oszacowanym przez odniesienie do analizy typu paliwa silnikowego;
- f) parametry silnika:
  - 1) ciąg: na podstawie bezpośredniego pomiaru z dokładnością  $\pm 1\%$  mocy startowej i  $\pm 5\%$  minimalnego ciągu, użytego podczas prób certyfikacyjnych, z liniową zmiennością pomiędzy tymi punktami;
  - 2) prędkość(-i) obrotowa (-e): na podstawie bezpośredniego pomiaru z dokładnością co najmniej  $\pm 0,5\%$ ;
  - 3) przepływ gazu z wytwornicy: określony z dokładnością  $\pm 2\%$  przez odniesienie do kalibracji osiągow silnika.

Parametry a), b), d) i f) muszą być określone dla każdego ustawienia silnika w próbach emisji, zaś parametr c) musi być określany w odstępach nie mniejszych niż 1 godzina podczas prób emisji.

**DODATEK 4. WYMAGANIA W ZAKRESIE PALIWA  
UŻYWANEGO W BADANIACH EMISJI  
TURBINOWYCH SILNIKÓW STATKÓW POWIETRZNYCH**

Paliwo musi spełniać wymagania techniczne niniejszego dodatku 4, chyba, że władze certyfikujące zgodzą się na odstępstwa i niezbędne korekcje. Dodatki używane w celu zmniejszenia dymu (takie, jak składniki organiczno-metaliczne) nie mogą w nim się znajdować.

<i>Właściwość</i>	<i>Dopuszczalny zakres wartości</i>
Gęstość kg/m <sup>3</sup> przy 15°C	780 – 820
Temperatura destylacji, °C	
Punkt wrzenia 10%	155 – 201
Punkt wrzenia całkowitego	235 – 285
Wartość opałowa spalania, MJ/kg	42,86 – 43,50
Aromatyczne, % objętości	15 – 23
Naftaleny, % objętości	1,0 – 3,5
Punkt dymienia, mm	20 – 28
Wodór, % masy	13,4 – 14,3
Siarka, % masy	mniej niż 0,3%
Lepkość kinematyczna przy –20°C, mm <sup>2</sup> /s	2,5 – 6,5

## **DODATEK 5. OPRZYRZĄDOWANIE I TECHNIKI POMIAROWE DO POMIARU EMISJI GAZOWYCH Z SILNIKÓW TURBINOWYCH Z DOPALANIEM**

### **1. WPROWADZENIE**

*Uwaga.*– Procedury określone w niniejszym dodatku dotyczą pobierania reprezentatywnych próbek spalin oraz ich przesyłania i analizowania przez układ pomiarowy emisji. Procedury te są stosowane tylko wówczas, gdy jest użyte dopalanie. Przedstawione metody reprezentują najłatwiej dostępną i powszechnie uznaną, nowoczesną praktykę. Korekcja na warunki otoczenia jest w trakcie badań, będzie ona wymagana, gdy stanie się dostępną. Do tego czasu każda metoda korekcji, użyta gdy stosuje się dopalanie, musi być zatwierdzona przez władze certyfikujące.

Różnice w stosunku do procedury zawartej w niniejszym dodatku, mogą być dozwolone jedynie po uprzednim wystąpieniu do władz certyfikujących i uzyskaniu ich zgody.

### **2. DEFINICJE**

Następujące wyrażenia użyte w niniejszym dodatku mają znaczenie opisane poniżej:

**Dokładność.** Bliskość, z jaką pomiar zbliża się do prawdziwej wartości, ustalonej niezależnie.

**Gaz wzorcowy.** Gaz o dokładnie ustalonych składnikach, używany do zestrzajania, regulowania i okresowego sprawdzania przyrządów.

**Stężenie.** Stężenie objętościowe danego składnika w mieszaninie gazów, wyrażone jako procent objętości lub liczba części na milion.

**Czujnik jonizacji płomieniowej.** Czujnik płomieniowy dyfuzji węglowodor–powietrze, wytwarzający sygnał nominalnie proporcjonalny do masowego natężenia węglowodorów wchodzących do płomienia w jednostce czasu; ogólnie ujmując, czujnik reagujący na liczbę atomów węgla wprowadzanych do płomienia.

**Zakłócenie.** Reakcja przyrządu na obecność składników innych niż mierzony gaz (lub para).

**Szum.** Przypadkowe wahania na wyjściu z przyrządu, nie związane z właściwościami badanej próbki, dostrzegalne wskutek jego charakterystyk pełzania.

**Bezdypersyjny analizator podczerwieni.** Przyrząd mierzący wybiórczo poszczególne składniki poprzez pochłanianie energii podczerwieni.

**Części na milion (ppm).** Jednostka stężenia objętościowego gazu na milion jednostek objętości mieszaniny gazów, której jest on częścią.

**Części węgla na milion (ppmC).** Część mola węglowodoru pomnożona przez  $10^6$ , zmierzonego na podstawie równoważnika metanu. 1 ppm metanu jest wykazywany jako 1 ppmC. W celu przeliczenia stężenia ppm danego węglowodoru na równoważną wartość ppmC, należy przemnożyć stężenie ppm przez liczbę atomów węgla w cząsteczce gazu, np. 1 ppm propanu przelicza się na 3 ppmC węglowodoru; 1 ppm heksanu na 6 ppmC węglowodoru.

**Pióropusz.** Całkowity zewnętrzny przepływ spalin wraz z powietrzem otoczenia zmieszany ze spalinami.

**Gaz odniesienia.** Mieszanina gazów o określonym, znanym składzie, używana jako baza do interpretacji odpowiedzi przyrządu na stężenie badanego gazu.

**Powtarzalność.** Dokładność, z jaką pomiary danej, niezmiennej próbki będą odtwarzane w krótkookresowych, powtarzalnych pomiarach bez konieczności regulowania przyrządu.

**Rozdzielczość.** Najmniejsza wykryta zmiana mierzonej wielkości.

**Odpowiedź.** Zmiana sygnału wyjściowego przyrządu wywołana zmianą stężenia próbki. Także sygnał wyjściowy odpowiadający danemu stężeniu próbki.

**Stabilność.** Dokładność, z jaką wyniki powtarzalnych pomiarów danej niezmiennej próbki będą utrzymywane przez dany czas.

**Błąd pełzania zera.** Związany z czasem błąd wyjścia przyrządu od ustawienia punktu zerowego przy pracy z gazem bez mierzonego składnika.

**Gaz zerowy.** Gaz używany do ustalenia zera lub braku odpowiedzi przyrządu.

### 3. WYMAGANE DANE

#### 3.1 Emisje gazowe

Musi być określone stężenie następujących emisji:

- a) węglowodory (HC): ocena łączna wszystkich składowych węglowodorów, obecnych w spalinach;
- b) tlenek węgla (CO);
- c) dwutlenek węgla (CO<sub>2</sub>);

*Uwaga.– CO<sub>2</sub> nie jest uważany za polutanta, ale jego stężenie jest wymagane do obliczeń i w celu sprawdzenia.*

- d) tlenki azotu (NO<sub>x</sub>): oszacowanie sumy dwóch tlenków: tlenku azotu (NO) i dwutlenku azotu (NO<sub>2</sub>);
- e) tlenek azotu (NO).

#### 3.2 Inne informacje

W celu ujednoczenia danych pomiarów emisji i określenia ilościowego osiągnięć silników, muszą być podane dodatkowe informacje, oprócz podanych w p. 3.4 rozdziału 3, jak następuje:

- temperatura na wlocie;
- wilgotność na wlocie;
- ciśnienie atmosferyczne;



- wektor wiatru w stosunku do osi wylotu silnika;
- stosunek wodoru/węgiel w paliwie;
- szczegóły na temat zabudowy silnika;
- inne wymagane parametry silnika (np. ciąg, prędkości wirnika, temperatury turbiny);
- dane na temat stężenia polutantów oraz parametry statystycznej ważności.

Dane te muszą być uzyskane z bezpośrednich pomiarów lub obliczeń, jak podano w uzupełnieniu F do niniejszego dodatku.

#### 4. OGÓLNA KONFIGURACJA UKŁADU

Ponieważ pióropusz spalin z silnika z dopalaniem ma charakter reaktywny, niezbędne jest upewnienie się, że zmierzone emisje odpowiadają emisjom rzeczywistym, emitowanym do otaczającej atmosfery. Osiąga się to poprzez próbkowanie pióropusza wystarczająco daleko od silnika, gdzie spaliny są ochłodzone do temperatury, w której reakcje już nie zachodzą. Próbki spalin przesyłane do analizatorów tlenków azotu i węglowodorów nie mogą przechodzić przez suszarki, wodne studzienki kontrolne lub podobne wyposażenie. Wymagania odnośnie różnych składowych podukładów zawarte są w punkcie 5, ale poniższy spis podaje kilka warunków i odstępstw:

- a) zakłada się, że każdy z poszczególnych, różnych podukładów zawiera niezbędne urządzenia sterowania przepływem, kondycjonujące i pomiarowe;
- b) konieczność zrzutu i/lub użycia pompy do gorącej próbki będzie zależec od zdolności osiągnięcia wymagań dla czasu przesyłu próbki i tempa przepływu próbek przez podukład analizujący. Zależy to od ciśnienia kierującego próbkę spalin i strat na długości linii. Uważa się, że te pompy zazwyczaj będą niezbędne dla pewnych zakresów pracy silnika; oraz
- c) umieszczenie gorącej pompy w stosunku do podukładu analizy gazu może być różne, zależnie od życzenia (np. niektóre analizatory HC zawierają gorące pompy, więc mogą być uznane za zdatne do pracy, gdy są włączone przed gorącą pompą układu).

*Uwaga.*– Rys. A5-1 i A5-2 schematycznie pokazują układy pobierania próbek spalin i ich analizy, tworzące wzorzec podstawowych wymagań w zakresie prób emisji.

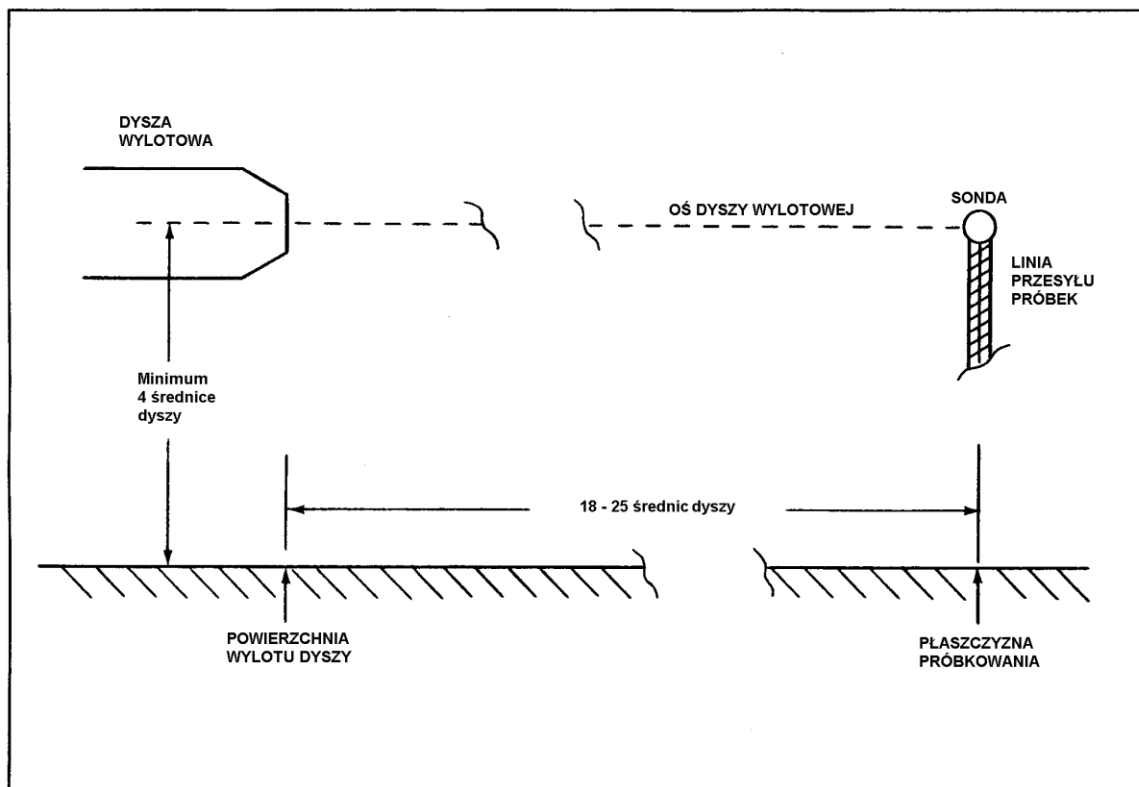
#### 5. OPIS CZĘŚCI SKŁADOWYH

*Uwaga.*– Ogólny opis i wymagania odnośnie podstawowych elementów układu pomiaru emisji spalin z silnika zawarto poniżej. Dalsze szczegóły, gdzie to niezbędne, można znaleźć w uzupełnieniach A, B i C do niniejszego dodatku.

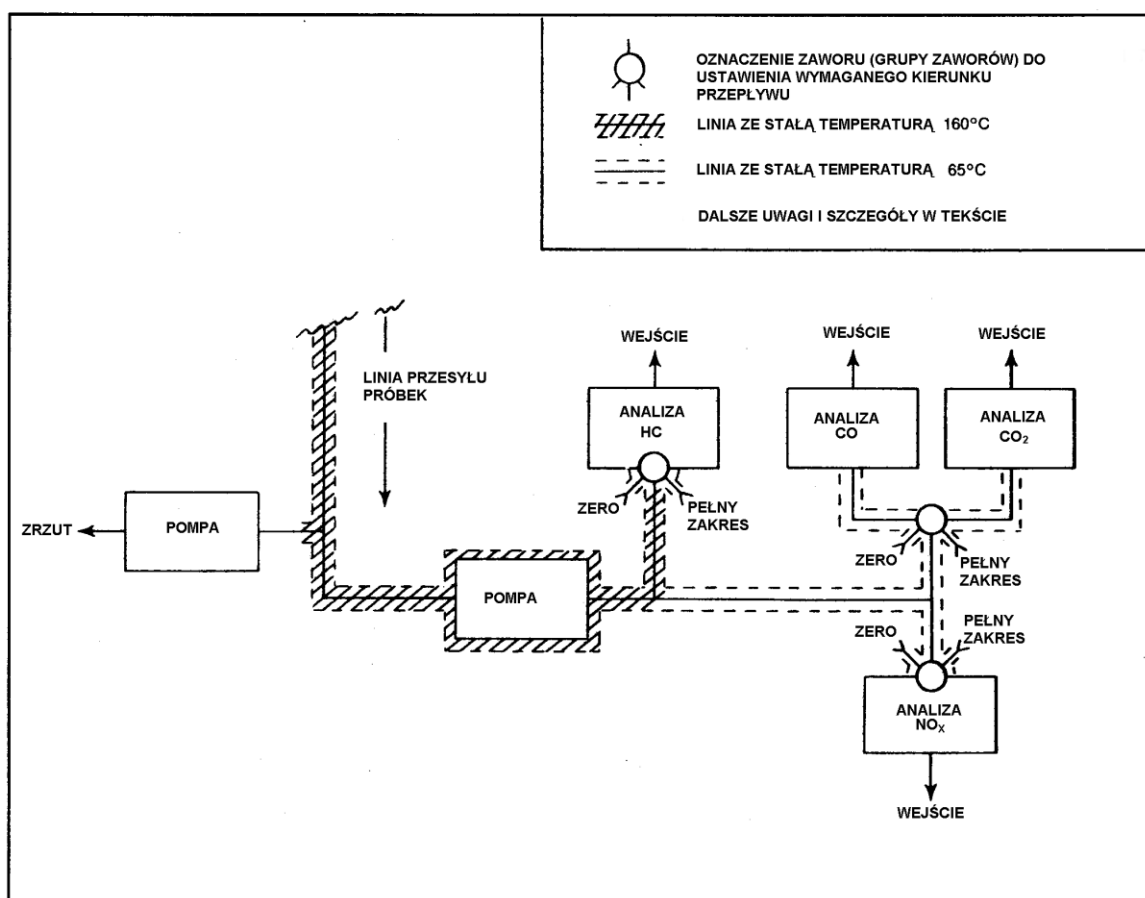
##### 5.1 Układ pobierania próbek

###### 5.1.1 Sonda pobierająca próbki

- a) sonda musi być wykonana tak, aby poszczególne próbki mogły być pobrane przy jej różnych położeniach wzdłuż średnicy pióropusza. Próbki mieszane nie są dozwolone;
- b) materiałem, z którym styka się próbka, musi być stal nierdzewna, a jej temperatura musi być nie mniejsza niż 60°C;



Rys. A5-1. Schemat układu pobierania próbek spalin



Rys. A5-2. Schemat układu przesyłania i analizowania próbek spalin

- c) płaszczyzna próbkowania musi być prostopadła do projektowej osi dyszy silnika i musi być umieszczona jak najbliższej odległości równej 18 średnicom dyszy od płaszczyzny wylotu, zgodnie z p. 7.1.2, ale w żadnym wypadku nie większej niż 25 średnic dyszy. Za średnicę dyszy należy przyjąć jej wartość dla warunków maksymalnej mocy silnika. Pomiedzy wylotem a płaszczyzną próbkowania musi być przestrzeń bez żadnych przeszkód o średnicy co najmniej równej 4 średnicom dyszy, licząc od projektowej osi dyszy silnika;
- d) minimalna liczba punktów próbkowania musi być równa 11. Płaszczyzna pomiaru, umieszczona w odległości  $X$  od silnika musi być podzielona na trzy sekcje, rozgraniczone przez promienie wokół osi strumienia spalin i wychodzące z niej, o długościach:

$$R1 = 0,05X$$

$$R2 = 0,09X$$

i minimum 3 próbki muszą być pobrane z każdej sekcji. Różnica pomiędzy liczbą próbek w każdej sekcji musi być mniejsza niż 3. Próbka pobierana z odległości najbardziej oddalanej od osi musi pochodzić z punktu umieszczonego na promieniu pomiędzy  $0,11X$  i  $0,16X$ .

### 5.1.2 Przewód pobierania próbek

Próbka musi być przekazywana z sondy do analizatorów przewodem o średnicy wewnętrznej od 4,0 do 8,5 mm możliwie najkrótszą drogą, przy użyciu takiego natężenia przepływu, aby czas przesyłu był krótszy niż 10 s. Przewód musi być utrzymywany w temperaturze  $160^{\circ}\text{C} \pm 15^{\circ}\text{C}$  (ze stabilnością  $\pm 10^{\circ}\text{C}$ ). Przewód poboru próbek do mierzenia składników HC, CO, CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> musi być wykonany ze stali nierdzewnej lub wypełnionego węglem PTFE.

## 5.2 Analizator HC

Pomiar całkowitej zawartości węglowodorów w próbce musi być wykonany przy użyciu analizatora, wyposażonego w czujnik płomieniowo-jonizacyjny (FID), pomiędzy elektrodami którego przechodzi prąd jonowy, proporcjonalny do masy węglowodoru, wprowadzonej do płomienia wodorowego. Analizator musi zawierać podzespoły kontrolujące temperaturę i natężenie przepływu próbek, próbek bocznikowanych, paliwa i gazów rozpuszczających oraz musi mieć właściwy zakres pomiarowy i sprawdzenie kalibracji zera.

*Uwaga.*– *Ogólne wymagania są podane w uzupełnieniu A do niniejszego dodatku.*

## 5.3 Analizatory CO i CO<sub>2</sub>

Do pomiarów tych składników muszą być użyte bezdyspersyjne analizatory podczerwieni o konstrukcji wykorzystującej różnicę w pochłanianiu energii promieniowania w równoległych ogniwach odniesienia i zawierającym próbkę gazu, ogniwo lub grupa ogniów dla każdego z tych gazów składowych ma odpowiednią czułość. Podukłady analizujące muszą zawierać wszelkie niezbędne funkcje do sprawdzania i obsługi próbek, zerowania i oceny przepływu gazów. Kontrolowanie temperatury musi być odpowiednie dla wybranej bazy pomiaru, wilgotnej lub suchej.

*Uwaga.*– *Ogólne wymagania są podane w uzupełnieniu B do niniejszego dodatku.*

## 5.4 Analizator NO<sub>x</sub>

Pomiar stężenia NO musi być wykonywany metodą chemiluminescencyjną, w której mierzy się natężenie promieniowania, emitowanego podczas reakcji NO w próbce po dodaniu O<sub>3</sub>, jest ono miarą stężenia NO. Składnik NO<sub>2</sub> musi być przed pomiarem przekształcony w NO w konwertorze o żądanej sprawności. Tak powstały układ pomiarowy NO<sub>x</sub> musi zawierać wszystkie niezbędne urządzenia sterujące przepływem, temperaturą i innymi parametrami oraz musi mieć możliwość kalibracji zera i zakresu pomiaru, jak również sprawdzania sprawności konwertora.

*Uwaga.*– *Ogólne wymagania są podane w uzupełnieniu C do niniejszego dodatku.*

# 6. OGÓLNE PROCEDURY PRÓB

## 6.1 Praca silnika

Silnik musi pracować na otwartej przestrzeni, w urządzeniu do prób statycznych, które jest odpowiednio wyposażone do prób osiągow o dużej dokładności oraz które spełnia wymagania dla urządzeń pobierania próbek, jak określono w p. 5.1. Pomiary muszą być wykonywane z ustawieniami mocy nakazanymi przez władze certyfikujące. Silnik musi być ustabilizowany dla każdego ustawienia.

## 6.2 Warunki dla powietrza otoczenia

6.2.1 Należy sprawdzić stężenie CO, HC, CO<sub>2</sub> i NO<sub>x</sub> w otoczeniu, gdy silnik pracuje w warunkach próby. Niezwykle wysokie stężenie wskazuje na nienormalne warunki, jak recyrkulacja spalin, przelewanie się paliwa lub inne źródła niepożądanego emisji w miejscu prób i taka sytuacja musi być poprawiona lub unikana, jeśli to stosowne.

*Uwaga.*– Zwykle w otoczeniu stężenie CO<sub>2</sub> wynosi 0,03%, a stężenie CO i HC po 5 ppm i NO<sub>x</sub> 0,5 ppm i te wartości w normalnych warunkach raczej nie są przekraczane.

6.2.2 Należy także unikać ekstremalnych warunków klimatycznych, jak opady atmosferyczne lub nadmierna prędkość wiatru.

## 6.3 Ogólna kalibracja układu

*Uwaga.*– Głównym zadaniem tej kalibracji jest zapewnienie stabilności i liniowości.

6.3.1 Wnioskujący musi wykazać władzom certyfikującym, że kalibracja układu analizującego była ważna w czasie prób.

6.3.2 Dla analizatora węglowodoru kalibracja musi obejmować sprawdzenie, czy odpowiedzi: czujnika tlenu i różnicowa węglowodoru mieszczą się w określonych granicach, ustanowionych w uzupełnieniu A do tego dodatku. Sprawność konwertora musi także być sprawdzona i weryfikowana dla spełnienia wymagań podanych w uzupełnieniu C do niniejszego dodatku.

6.3.3 Procedura sprawdzania osiągnięć każdego analizatora musi być następująca (przy użyciu gazów wzorcowych i gazów odniesienia, jak określono w uzupełnieniu D do tego dodatku):

- a) wprowadź gaz zerowy i nastaw przyrząd na zero, zapisując ustawienie jako właściwe;
- b) dla każdego używanego zakresu roboczego wprowadź gaz wzorcowy o stężeniu równym (nominalnemu) 90-procentowemu odchyleniu pełnego zakresu (FSD); nastaw odpowiednie wzmocnienie przyrządu i zapisz to ustawienie;
- c) wprowadź stężenia w przybliżeniu 30, 60 i 90% zakresu FSD i zapisz odczyty analizatora;
- d) wpasuj linię prostą najmniejszych kwadratów w punkty stężenia 0, 30, 60 i 90%. Dla analizatorów CO i/lub CO<sub>2</sub> użytych w ich podstawowej formie bez linearyzacji wyjścia, może okazać się konieczne zastosowanie krzywej najmniejszych kwadratów właściwego sformułowania matematycznego z użyciem dodatkowych punktów kalibracyjnych. Jeśli jakiś punkt wykazuje odchyłkę większą niż 2% wartości pełnego zakresu (lub  $\pm 1$  ppm\*, zależnie, która wartość jest większa), wówczas należy sporządzić krzywą kalibracji do użycia roboczego.

## 6.4 Prowadzenie prób

6.4.1 Nie można wykonywać pomiarów, dopóki wszystkie instrumenty i linia przesyłu próbek nie są nagrzane i ustabilizowane i nie są przeprowadzone poniższe czynności:

- a) sprawdzenie przecieku: przed serią prób układ musi być sprawdzony pod względem przecieku przez odłączenie sondy i analizatora, podłączenie pompy próżniowej i jej pracę z osiągnięciem równoważnymi do tych, które były użyte z układem pomiaru dymu, dla sprawdzenia, że przepływ przecieku układu jest mniejszy niż 0,4 L/min w odniesieniu do normalnej temperatury i ciśnienia;

---

\* Z wyjątkiem analizatora CO<sub>2</sub>, dla którego wartość musi wynosić  $\pm 100$  ppm.

- b) sprawdzenie zanieczyszczeń: odłączyć układ próbkowania gazu od sondy i podłączyć koniec linii próbkowania do źródła gazu zerowego. Ogrzać układ do temperatury pracy niezbędnej przy pomiarach węglowodorów. Uruchomić pompę zasysającą próbki i ustawić przepływ stosowany podczas pomiarów emisji silnika. Zapisać odczyt analizatora węglowodoru. Odczyt nie może przekroczyć 1% poziomu emisji biegu jałowego silnika lub 1 ppm (w obu przypadkach wyrażonego jako metan), zależnie, która wartość jest większa.

*Uwaga 1.– Jest dobrą praktyką wsteczne oczyszczanie linii próbek podczas pracy silnika, chociaż sonda jest w wylocie silnika, ale emisje nie są mierzone, w celu upewnienia się, że brak jest znaczącego zanieczyszczenia.*

*Uwaga 2.– Dobrą praktyką jest także przestrzeganie jakości powietrza wlotowego na początku i końcu prób oraz co najmniej raz na godzinę podczas prób. Jeśli poziomy są uznane za znaczące, wówczas muszą być brane pod uwagę.*

6.4.2 Następująca procedura musi być przyjęta dla pomiarów roboczych:

- zastosować odpowiedni gaz zerowy i wykonać niezbędne regulacje przyrządu;
- zastosować odpowiedni gaz wzorcowy o nominalnym stężeniu 90% FSD dla używanego zakresu, odpowiednio wyregulować i zapisać ustawienie wzmocnienia;
- gdy silnik ustabilizuje się w wymaganym zakresie pracy i ustawieniu próbkowania, utrzymywać jego bieg i obserwować stężenie polutanta aż do ustalenia się odczytu, który należy zapisać. W tych samych warunkach pracy silnika powtórzyć procedurę pomiarów dla każdego pozostałego położenia próbkowania;
- ponownie sprawdzić punkt zerowy i punkty kalibracyjne na końcu prób, a także w odstępach nie większych niż 1 godzina podczas prób. Jeśli któryś z nich zmienił się o więcej niż  $\pm 2\%$  pełnego zakresu, próba musi być powtórzona po przywróceniu przyrządu do wymaganych ustawień.

## 7. OBLICZENIA

### 7.1. Emisje gazowe

#### 7.1.1 Postanowienia ogólne

Muszą być wykonane pomiary analityczne stężeń polutantów różnych klas w odpowiednich zakresach dopalania, przy różnym umieszczeniu płaszczyzny próbkowania. W uzupełnieniu do zapisu tych podstawowych parametrów, inne parametry muszą być obliczone i podane, jak następuje.

#### 7.1.2 Analiza i ważność pomiarów

- a) Dla każdego ustawienia zakresu pracy silnika, zmierzone koncentracje przy różnych położeniach sondy, muszą być uśrednione następująco:

$$C_{i \text{ moy}} = \sum_{j=1}^n C_{i j}$$

gdzie

$\sum_{j=1}^n$  suma liczby  $n$  użytych położen próbkowania

$C_{ij}$  Stężenie rodzaju mierzonego gazu  $i$  w położeniu próbkowania  $j$

$C_{i\text{ moy}}$  średnie lub przeciętne stężenie mierzonego rodzaju gazu  $i$ .

Wszystkie pomiary suchego stężenia muszą być przekształcone w rzeczywiste wilgotne stężenia. (Patrz uzupełnienie E do niniejszego dodatku).

b) Jakość pomiarów dla każdego polutanta będzie określona przez porównanie z pomiarami CO<sub>2</sub> przy użyciu współczynnika korelacji:

$$r_i = \frac{n \sum_{j=1}^n C_{ij} \text{CO}_{2j} - \sum_{j=1}^n C_{ij} \sum_{j=1}^n \text{CO}_{2j}}{\sqrt{\left\{ \left( n \sum_{j=1}^n (\text{CO}_{2j})^2 - \left( \sum_{j=1}^n \text{CO}_{2j} \right)^2 \right) \left( n \sum_{j=1}^n C_{ij}^2 - \left( \sum_{j=1}^n C_{ij} \right)^2 \right) \right\}}}$$

Wartości  $r_i$ , które są bliskie 1, wskazują, że pomiary robione przez cały okres próbkowania są odpowiednio stabilne i że krzywe są krzywymi Gaussa. W przypadku gdy  $r_i$  jest mniejsze niż 0,95, pomiary muszą być powtórzone w płaszczyźnie pobierania próbek umieszczonej w większej odległości od silnika. W procesie pomiaru stosuje się wówczas te same obliczenia i te same wykazania, co poprzednio.

### 7.1.3 Podstawowe parametry

Dla pomiarów w każdym zakresie pracy silnika, średnie stężenie każdego rodzaju gazu jest szacowane, jak pokazano w p. 7.1.2, wszelkie niezbędne korekcje dla pomiaru suchej próbki i/lub na zakłócenia muszą być robione, jak pokazano w uzupełnieniu E do tego dodatku. Te średnie stężenia są użyte do obliczenia następujących podstawowych parametrów:

$$EI_p \text{ (indeks emisji dla składnika } p) = \frac{\text{masa wytworzonego } p \text{ w g}}{\text{masa użytego paliwa w kg}}$$

$$EI(\text{CO}) = \left( \frac{[\text{CO}]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]} \right) \left( \frac{10^3 M_{\text{CO}}}{M_{\text{C}} + (n/m)M_{\text{H}}} \right) (1 + T(P_o/m))$$

$$EI(\text{HC}) = \left( \frac{[\text{HC}]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]} \right) \left( \frac{10^3 M_{\text{HC}}}{M_{\text{C}} + (n/m)M_{\text{H}}} \right) (1 + T(P_o/m))$$

$$EI(\text{NO}_x) \text{ (jako NO}_2) = \left( \frac{[\text{NO}_x]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]} \right) \left( \frac{10^3 M_{\text{NO}_2}}{M_{\text{C}} + (n/m)M_{\text{H}}} \right) (1 + T(P_o/m))$$

$$\text{Współczynnik nadmiaru powietrza} = (P_o/m) \left( \frac{M_{\text{AR}}}{M_{\text{C}} + (n/m)M_{\text{H}}} \right)$$

gdzie:

$$P_o/m = \frac{2Z - (n/m)}{4(1 + h_{vol} - |TZ/2|)}$$

oraz

$$Z = \frac{2 - [\text{CO}] - (|2/x| - |y/2x|) [\text{HC}] + [\text{NO}_2]}{[\text{CO}_2] + [\text{CO}] + [\text{HC}]}$$

$M_{\text{AIR}}$  masa cząsteczkowa suchego powietrza = 28,966 g  
lub, gdzie to właściwe, = (32  $R$  + 28,1564  $S$  + 44,0117) g

$M_{\text{HC}}$  masa cząsteczkowa węglowodorów w spalinach, liczonych jako  $\text{CH}_4$  = 16,043 g

$M_{\text{CO}}$  masa cząsteczkowa CO = 28,011 g

$M_{\text{NO}_2}$  masa cząsteczkowa  $\text{NO}_2$  = 46,008 g

$M_{\text{C}}$  masa atomowa węgla = 12,011 g

$M_{\text{H}}$  masa atomowa wodoru = 1,008 g

$R$  stężenie  $\text{O}_2$  w suchym powietrzu, objętościowo = 0,2095 normalnie

$S$  stężenie  $\text{N}_2$  + gazy szlachetne w suchym powietrzu, objętościowo = 0,7092 normalnie

$T$  stężenie  $\text{CO}_2$  w suchym powietrzu, objętościowo = 0,0003 normalnie

[HC] średnie stężenie wilgotnych węglowodorów w spalinach vol/vol, wyrażonych jako węgiel

[CO] średnie stężenie wilgotnego CO, vol/vol

[ $\text{CO}_2$ ] średnie stężenie wilgotnego  $\text{CO}_2$ , vol/vol

[ $\text{NO}_x$ ] średnie stężenie wilgotnego  $\text{NO}_x$ , vol/vol = [NO +  $\text{NO}_2$ ]

[NO] średnie stężenie wilgotnego NO w próbce spalin, vol/vol

[ $\text{NO}_2$ ] średnie stężenie wilgotnego  $\text{NO}_2$  w próbce spalin, vol/vol

$$= \frac{([\text{NO}_x]_c - [\text{NO}])}{\eta}$$

[ $\text{NO}_x$ ]<sub>c</sub> średnie stężenie wilgotnego NO w próbce spalin po przejściu przez konwertor  $\text{NO}_2/\text{NO}$ , vol/vol

$\eta$  sprawność konwertora  $\text{NO}_2/\text{NO}$

$h_{vol}$  wilgotność powietrza otoczenia, vol wody/vol suchego powietrza

$m$  liczba atomów C w charakterystycznej cząsteczce paliwa



- $n$  liczba atomów H w charakterystycznej cząsteczce paliwa
- $x$  liczba atomów C w charakterystycznej cząsteczce węglowodoru w spalinach
- $y$  liczba atomów H w charakterystycznej cząsteczce węglowodoru w spalinach

Wartość  $n/m$ , stosunek liczby atomów wodoru do liczby atomów węgla użytego paliwa, jest oceniana przez analizę typu paliwa. Wilgotność powietrza otoczenia  $h$  musi być mierzona w każdych warunkach ustawienia. Przy braku przeciwnych dowodów dotyczących cech ( $x$ ,  $y$ ) węglowodorów w spalinach, należy użyć wartości  $x = 1$ ,  $y = 4$ . Jeśli do pomiarów używa się suchych lub półsuchych CO i CO<sub>2</sub>, wówczas muszą one być przekształcone do równoważnego wilgotnego stężenia, jak określono w uzupełnieniu E do tego dodatku, który także zawiera wzory żądanej korekcji zakłóceń.

*Uwaga.*– Procedury podane w p. 7.1.4 i 7.2 stosuje się tylko do prób bez użycia dopalania. Do prób z użyciem dopalania powinna być zastosowana podobna procedura, wcześniej zatwierdzona przez władze certyfikujące.

#### 7.1.4 Korekcja indeksów emisji do warunków odniesienia

Do zmierzonych indeksów emisji z silnika dla wszystkich polutantów we wszystkich stosownych zakresach pracy silnika muszą być wykonane korekcje, uwzględniające odchyłki od warunków odniesienia (ISA na poziomie morza) rzeczywistej temperatury i ciśnienia powietrza na wlocie podczas prób. Jako wartość odniesienia dla wilgotności przyjmuje się 0,00634 kg wody/kg suchego powietrza.

Tak więc EI skorygowany =  $K \times$  EI zmierzony,

gdzie uogólnione wyrażenie  $K$  wynosi:

$$K = (P_{Bref}/P_B)^a \times (FAR_{ref}/FAR_B)^b \times \exp([T_{Bref} - T_B]/c) \times \exp(d[h - 0,00634])$$

$P_B$  zmierzone ciśnienie na wlocie do komory spalania

$T_B$  zmierzona temperatura na wlocie do komory spalania

$FAR_B$  współczynnik nadmiaru powietrza w komorze spalania

$h$  wilgotność powietrza otoczenia

$P_{ref}$  ciśnienie ISA na poziomie morza

$T_{ref}$  temperatura ISA na poziomie morza

$P_{Bref}$  ciśnienie na wlocie do komory spalania badanego silnika (lub silnika odniesienia, jeśli dane są skorygowane do silnika odniesienia) związane z  $T_B$  w warunkach ISA na poziomie morza.

$T_{Bref}$  temperatura na wlocie do komory spalania badanego silnika w warunkach ISA na poziomie morza (lub silnika odniesienia, jeśli dane są skorygowane do silnika odniesienia). Jest to temperatura połączona z każdym poziomem ciągu, wymaganym dla każdego zakresu.

$FAR_{ref}$  współczynnik nadmiaru powietrza w komorze spalania badanego silnika w warunkach ISA na poziomie morza (lub silnika odniesienia, jeśli dane są skorygowane do silnika odniesienia).

$a, b, c, d$  właściwe stałe, które mogą być różne dla każdego polutanta i dla każdego typu silnika.

Parametry wlotu do komory spalania powinny być mierzone, ale mogą być obliczone na podstawie warunków otoczenia według stosownych wzorów.

7.1.5 Stosując zalecaną technikę dopasowywania krzywej do powiązania indeksów emisji z temperaturą wlotu do komory spalania, skutecznie eliminuje się człon  $\exp([T_{Bref} - T_B]/c)$  z ogólnego równania, a dla większości przypadków człon  $(FAR_{ref}/FAR_B)$  można przyrównać do jedności. Dla indeksów emisji CO i HC wiele urządzeń badawczych ma określone, że człon wilgotności jest wystarczająco bliski jedności, aby być wyeliminowanym z równania oraz że wykładnik członu  $(P_{Bref} - P_B)$  jest bliski jedności.

Tak więc:

skorygowany EI(CO) = EI wyprowadzonemu z krzywej  $(P_B/P_{Bref}) \cdot EI(CO)$  w funkcji  $T_B$ ,

skorygowany EI(HC) = EI wyprowadzonemu z krzywej  $(P_B/P_{Bref}) \cdot EI(HC)$  w funkcji  $T_B$ ,

skorygowany EI(NO<sub>x</sub>) = EI wyprowadzonemu z krzywej EI(NO<sub>x</sub>)  $(P_{Bref}/P_B)^{0.5} \exp(19[h - 0,00634])$  w funkcji  $T_B$ .

Jeśli ta zalecana metoda korekcji indeksów emisji CO i HC nie zapewni zadowalającej korelacji, wówczas może być użyta alternatywna metoda, stosująca parametry wprowadzone z prób podzespołów.

Każda inna metoda wykonywania korekcji indeksów emisji CO, HC i NO<sub>x</sub> wymaga zatwierdzenia przez władze certyfikujące.

## 7.2 Funkcje parametrów sterowania

$(D_p, F_{oo}, \pi)$

### 7.2.1 Definicje

- $D_p$  Masa danego polutanta gazowego, emitowanego podczas cyklu odniesienia dla emisji lądowania i startu.
- $F_{oo}$  Maksymalny ciąg rozporządzalny dla startu w normalnych warunkach pracy, w warunkach statycznych ISA na poziomie morza, bez użycia wtrysku wody, zatwierdzony przez odpowiednie władze certyfikujące.
- $\pi$  Spręż sprężarki, czyli stosunek średniego ciśnienia całkowitego na wylocie ze sprężarki do średniego ciśnienia całkowitego na wlocie do sprężarki, gdy silnik rozwija ciąg startowy w warunkach statycznych ISA na poziomie morza.

7.2.2 Indeksy emisji (EI) dla każdego polutanta, skorygowane dla ciśnienia i wilgotności (jak stosowne) do warunków atmosferycznych odniesienia, jak pokazano w p. 7.1.4 oraz jeśli to niezbędne, do silnika odniesienia, muszą być uzyskane dla wymaganych ustawień ( $n$ ) zakresów pracy silnika LTO przy biegu jałowym, podejściu, wznoszeniu i starcie, przy każdych warunkach równoważnego ciągu skorygowanego. Wymagane są co najmniej trzy punkty prób do określenia zakresu biegu jałowego. Muszą być określone następujące zależności dla każdego polutanta:

- między EI i  $T_B$ ;
- między  $W_f$  (natężenie przepływu paliwa w silniku) i  $T_B$ ; oraz
- między  $F_n$  i  $T_B$  (skorygowanymi do warunków ISA na poziomie morza).

*Uwaga.- Są one pokazane jako przykład na rys. A5-3 a), b) i c).*

Gdy badany silnik nie jest silnikiem „odniesienia”, dane mogą być skorygowane do takich warunków przy użyciu zależności b) i c), uzyskanych z silnika odniesienia. Silnik odniesienia jest zdefiniowany jako silnik

istotnie skonfigurowany zgodnie z opisem silnika certyfikowanego i zatwierdzonego przez władze certyfikujące jako reprezentatywny dla typu silnika, dla którego wystąpiono o certyfikację.

Producent musi także dostarczyć władzom certyfikującym wszystkie niezbędne dane o osiąгах silnika dla udowodnienia tych zależności i dla warunków otoczenia ISA na poziomie morza:

- d) maksymalny ciąg ( $F_{oo}$ );
- e) spręż sprężarki ( $\pi$ ) przy maksymalnym ciągu.

*Uwaga.- Pokazano to na rys. A5-3 d).*

7.2.3 Ocena EI dla każdego polutanta przy każdym wymaganym zakresie pracy silnika, skorygowanego do warunków odniesienia otoczenia, musi być zgodna z następującą ogólną procedurą:

- a) dla każdego zakresu warunków ISA ciągu  $F_n$ , określić równoważną temperaturę na wlocie do komory spalania ( $T_B$ ) (rys. A5-3 c));
- b) z charakterystyki  $EI/T_B$  (rys. A5-3 a)) określić wartość  $EI_n$  odpowiadającą  $T_B$ ;
- c) z charakterystyki  $W_f/T_B$  (rys. A5-3 b)) określić wartość  $W_{fn}$  odpowiadającą  $T_B$ ;
- d) zapisać wartości maksymalnego ciągu ISA i stosunek ciśnień. Są to odpowiednio  $F_{oo}$  i  $\pi$  (rys. A5-3 d));
- e) obliczyć dla każdego polutanta  $D_p = \Sigma (EI_n) (W_{fn}) (t)$  gdzie:

$t$  czas zakresu LTO (minuty)

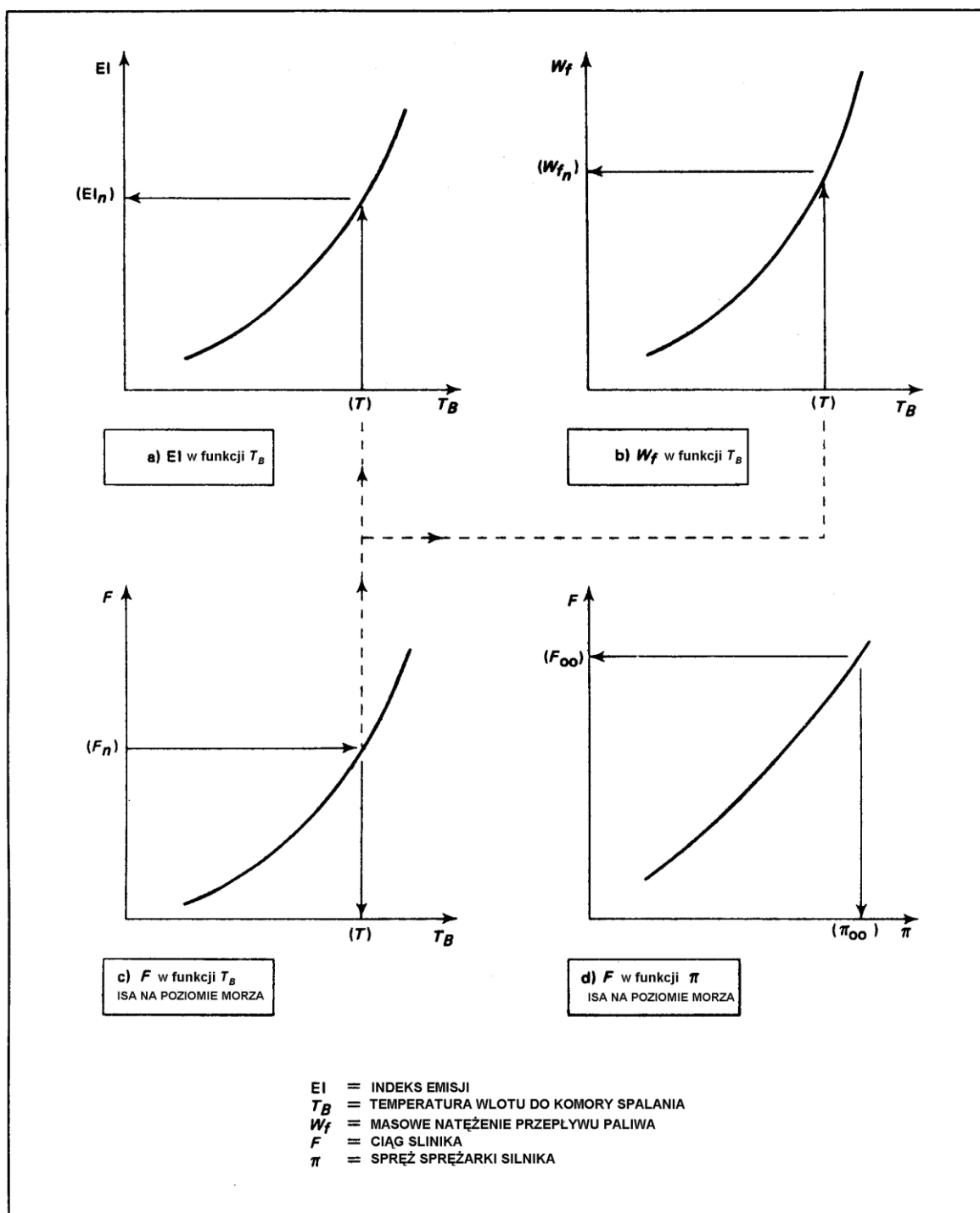
$W_{fn}$  natężenie przepływu paliwa (kg/min)

$\Sigma$  jest sumą zestawu zakresów, składających się na cykl odniesienia LTO.

7.2.4 Chociaż opisana powyżej metodologia jest zalecaną, władze certyfikujące mogą zaakceptować równoważną procedurę matematyczną, która stosuje wyrażenia matematyczne reprezentujące pokazane krzywe, jeśli wyrażenie zostało wyprowadzone przy użyciu zaakceptowanej techniki dopasowywania krzywej.

### 7.3 Wyjątki od proponowanej procedury

W przypadkach, gdyby konfiguracja silnika lub inne usprawiedliwiające warunki mogłyby przeszkodzić stosowaniu tej procedury, władze certyfikujące, po uzyskaniu zadowalających technicznych dowodów na równoważne wyniki uzyskane przy pomocy alternatywnej procedury, mogą ją zaaprobować.



Rys. A5-3. Procedura obliczeń

## UZUPEŁNIENIE A DO DODATKU 5. WYMAGANIA DLA ANALIZATORA HC

*Uwaga 1.- Jak naszkicowano w p. 5.2 dodatku 5, elementem pomiarowym w tym analizatorze jest czujnik płomieniowo-jonizacyjny (FID), w którym cały przepływ próbki lub jego reprezentatywna część jest wprowadzana do płomienia zasilanego wodorem. Przy odpowiednim ustawieniu elektrod ustala się prąd jonowy, który jest funkcją masy węglowodoru wprowadzonego do płomienia. Prąd ten, odniesiony do odpowiedniego zera, jest wzmacniany do odpowiedniego zakresu, aby zapewnić odpowiedź wyjściową jako miarę stężenia węglowodoru, wyrażoną jako równoważnik ppmC.*

*Uwaga 2.- Patrz Uzupełnienie D, zawierające informacje na temat gazów wzorcowych i odniesienia.*

### 1. POSTANOWIENIA OGÓLNE

**Środki ostrożności:** Wskazane wymagania dotyczą ogólnie całego zakresu analizatora. Błędy dla części skali mogą stanowić znaczący procent odczytu. Stosowność i ważność takiego wzrostu musi być rozważona w czasie przygotowań do pomiarów. Jeśli niezbędne są lepsze osiągi, wówczas muszą być podjęte odpowiednie środki.

Użyty przyrząd musi utrzymywać temperaturę czujnika i podzespołów obsługujących próbkę w zakresie od 155°C do 165°C ze stabilnością  $\pm 2^\circ\text{C}$ . Wiodące wymagania zawarto w poniższych punktach, odpowiedź czujnika zoptymalizowana i przyrząd mający ogólną stabilizację:

- a) *całkowity zakres:* 0 do 500 ppmC w odpowiednich zakresach;
- b) *rozdzielczość:* lepsza niż 0,5% pełnej skali użytego zakresu lub 0,5 ppmC, zależnie, co jest większe;
- c) *powtarzalność:* lepsza niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 0,5$  ppmC, zależnie, co jest większe;
- d) *stabilność:* lepsza niż  $\pm 2\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 1$  ppmC, zależnie, co jest większe, w ciągu 1 godziny;
- e) *błąd pełzania zera:* mniejszy niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 0,5$  ppmC, zależnie, co jest większe, w ciągu 1 godziny;
- f) *szum:* 0,5 Hz i więcej, mniejszy niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 0,5$  ppmC, zależnie, co jest większe;
- g) *czas odpowiedzi:* nie przekraczający 10 sekund od wejścia próbki do układu analizującego do osiągnięcia 90 procent odczytu końcowego;
- h) *liniowość:* odpowiedź dla propanu w powietrzu musi być liniowa dla każdego zakresu z  $\pm 2\%$  pełnej skali, inaczej musi być wykonana korekta kalibracji.

### 2. EFEKTY SYNERGICZNE

*Uwaga. – W zastosowaniu występują dwa aspekty osiągnięć, które mogą wpływać na dokładność pomiarów:*

- a) *wpływ tlenu (przez co różne proporcje tlenu obecnego w próbce dają różne wskazania stężenia węglowodoru przy stałym rzeczywistym stężeniu HC); oraz*

- b) względna odpowiedź węglowodoru (przez co jest różna odpowiedź na to samo stężenie węglowodoru w próbce, wyrażone jako równoważnik ppmC, zależnie od kategorii lub domieszek kategorii składników węglowodorów).

Znaczenie powyższych wpływów musi być określone, jak następuje i odpowiednio ograniczone.

*Odpowiedź tlenu:* mierzyć odpowiedź przy dwóch mieszankach propanu o stężeniu około 500 ppmC przy znanej dokładności względnej  $\pm 1\%$ , jak następuje:

- 1) propan w  $10 \pm 1$  procentowym  $O_2$ , wyważać  $N_2$
- 2) propan w  $21 \pm 1$  procentowym  $O_2$ , wyważać  $N_2$

Jeśli  $R_1$  i  $R_2$  są odpowiednio odpowiedziami znormalizowanymi, wówczas  $(R_1 - R_2)$  musi być mniejsza niż  $3\% R_1$ .

*Odpowiedź różnicowa węglowodoru:* mierzyć odpowiedź przy czterech mieszankach różnych węglowodorów w powietrzu, o stężeniu około 500 ppmC przy znanej dokładności względnej  $\pm 1\%$ , jak następuje:

- a) propan w zerowym powietrzu;
- b) propylen w zerowym powietrzu;
- c) toluen w zerowym powietrzu;
- d) n-heksan w zerowym powietrzu.

Jeśli  $R_a$ ,  $R_b$ ,  $R_c$  i  $R_d$  są odpowiednio odpowiedziami znormalizowanymi (ze względu na propan), wówczas  $(R_a - R_b)$ ,  $(R_a - R_c)$  i  $(R_a - R_d)$  muszą być mniejsze niż  $5\% R_a$ .

### 3. OPTIMALIZACJA ODPOWIEDZI CZUJNIKA I ZESTRAJANIE

3.1 Muszą być zastosowane instrukcje producenta w zakresie procedur początkowego zestawienia, pomocniczej obsługi i wymaganego zasilania, zaś przyrząd musi być ustabilizowany. Wszystkie regulacje nastawienia muszą zawierać powtarzające się sprawdzanie zera i korekcje, gdy są one niezbędne. Używając jako próbkę, mieszaninę około 500 ppmC propanu w powietrzu, muszą być określone charakterystyki odpowiedzi dla zmian w przepływie paliwa, oraz, gdy przepływ paliwa jest bliski optymalnemu, dla zmian rozcieńczenia powietrza, aby wybrać jego optimum. Odpowiedzi tlenu i różnicowa węglowodoru muszą być określone, jak podano powyżej.

3.2 Liniowość każdego zakresu analizatora musi być sprawdzona przez zastosowanie próbek propanu w powietrzu o stężeniu w przybliżeniu 30, 60 i 90 procent pełnej skali. Maksymalne odchylenie odpowiedzi dla każdego z tych punktów od prostej najmniejszych kwadratów (pasowanej do tych punktów i do zera) nie może przekroczyć  $\pm 2\%$  wartości pełnej skali. Gdy przekracza, musi być sporządzona krzywa kalibracji dla użycia roboczego.

## UZUPEŁNIENIE B DO DODATKU 5. WYMAGANIA DLA ANALIZATORÓW CO I CO<sub>2</sub>

*Uwaga 1. – Punkt 5.3 dodatku 5 zawiera skrócone charakterystyki podukładu analizującego, stosowanego do poszczególnych pomiarów stężeń CO i CO<sub>2</sub> w próbce spalin. Przyrządy bazują na zasadzie bezdyspersyjnej absorpcji promieniowania podczerwonego w równoległych ogniwach odniesienia i zawierającym próbkę gazu. Wymagane zakresy czułości są uzyskiwane przez użycie stosu ogniw z próbkami lub zmiany w zespołach obwodów elektronicznych lub użycie obu sposobów razem. Zakłócenia od gazów z pasmami absorpcyjnymi na zakładkę mogą być minimalizowane przez gazowe filtry absorpcyjne i/lub filtry optyczne, co jest bardziej pożądane.*

*Uwaga 2. – Patrz uzupełnienie D, zawierające informacje na temat gazów wzorcowych i odniesienia.*

**Środki ostrożności:** Wskazane wymagania dotyczą ogólnie całego zakresu analizatora. Błędy dla części skali mogą stanowić znaczący procent odczytu. Stosowność i ważność takiego wzrostu musi być rozważona w czasie przygotowań do pomiarów. Jeśli niezbędne są lepsze osiągi, wówczas muszą być podjęte odpowiednie środki.

Podstawowe wymagania są następujące:

### Analizator CO

- a) *całkowity zakres:* 0 do 2 500 ppm w odpowiednich zakresach;
- b) *rozdzielczość:* lepsza niż 0,5% pełnej skali użytego zakresu lub 1 ppm, zależnie, co jest większe;
- c) *powtarzalność:* lepsza niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 2$  ppm, zależnie, co jest większe;
- d) *stabilność:* lepsza niż  $\pm 2\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 2$  ppm, zależnie, co jest większe, w ciągu 1 godziny;
- e) *błąd pełzania zera:* mniejszy niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 2$  ppm, zależnie, co jest większe, w ciągu 1 godziny;
- f) *szum:* 0,5 Hz i więcej, mniejszy niż  $\pm 1\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 1$  ppm, zależnie, co jest większe;
- g) *zakłócenia:* ograniczone ze względu na wskazane stężenia CO jak następuje:
  - 1) mniejsze niż 500 ppm/% stężenia etylenu,
  - 2) mniejsze niż 2 ppm/% stężenia CO<sub>2</sub>,
  - 3) mniejsze niż 2 ppm/% pary wodnej.\*

Jeśli ograniczenia na zakłócenia dla CO<sub>2</sub> i pary wodnej nie będą spełnione, wówczas muszą być określone, opisane i zastosowane stosowne współczynniki korekcji.

*Uwaga. – Zgodnie z dobrą praktyką zaleca się, aby takie procedury korekcji były stosowane we wszystkich przypadkach.*

---

\* Nie stosuje się w pomiarach na bazie „suchej”.

Analizator CO<sub>2</sub>

- a) *całkowity zakres*: 0 do 10% w odpowiednich zakresach;
- b) *rozdzielczość*: lepsza niż 0,5% pełnej skali użytego zakresu lub 100 ppm, zależnie, co jest większe;
- c) *powtarzalność*: lepsza niż ±1% pełnej skali użytego zakresu lub ±100 ppm, zależnie, co jest większe;
- d) *stabilność*: lepsza niż ±2% pełnej skali użytego zakresu lub ±100 ppm, zależnie, co jest większe, w ciągu 1 godziny;
- e) *błąd pełzania zera*: mniejszy niż ±1% pełnej skali użytego zakresu lub ±100 ppm, zależnie, co jest większe, w ciągu 1 godziny;
- f) *szum*: 0,5 Hz i więcej, mniejszy niż ±1% pełnej skali użytego zakresu lub ±100 ppm, zależnie, co jest większe;
- g) wpływ tlenu (O<sub>2</sub>) na odpowiedź analizatora CO<sub>2</sub> musi być sprawdzony. Dla zmiany od 0% do 21% O<sub>2</sub> odpowiedź danego stężenia CO<sub>2</sub> nie może zmieniać się o więcej niż 2% odczytu. Jeśli to ograniczenie nie jest spełnione, musi być zastosowany odpowiedni współczynnik korekcji.

*Uwaga. – Zgodnie z dobrą praktyką zaleca się, aby takie procedury korekcji były stosowane we wszystkich przypadkach.*

Analizatory CO i CO<sub>2</sub>

- a) *czas odpowiedzi*: nie przekraczający 10 sekund od wejścia próbki do układu analizującego do osiągnięcia 90% odczytu końcowego;
- b) *temperatura próbki*: normalnym zakresem pracy dla analizy próbki jest (bezstopniowy) warunek „wilgotny”. Wymaga to, aby ogniwo próbki i wszystkie inne składniki podukładu stykające się z próbką, były utrzymane w temperaturze nie mniejszej niż 50°C, ze stabilnością ±2°C. Opcja pomiaru CO i CO<sub>2</sub> na bazie suchej (z odpowiednimi studzienkami wodnymi) jest dozwolona, w tym przypadku nie ogrzewane analizatory są dopuszczalne i ograniczenia zakłóceń dla pary H<sub>2</sub>O usunięto, a wymagana jest późniejsza korekcja dla pary wodnej na wlocie i wody spalanej;
- c) *krzywe kalibracji*:
  - i) analizatory z liniową charakterystyką wyjścia sygnału muszą być sprawdzane na wszystkich zakresach pracy przy użyciu gazów wzorcowych o znanym stężeniu w przybliżeniu 0, 30, 60 i 90% pełnej skali. Maksymalne odchylenie odpowiedzi dla każdego z tych punktów od prostej najmniejszych kwadratów, pasowanej do tych punktów i do odczytu zera, nie może przekroczyć ±2% wartości pełnej skali. Gdy przekracza, musi być sporządzona krzywa kalibracji dla użycia roboczego,
  - ii) analizatory z nieliniową charakterystyką wyjścia sygnału oraz te, które nie spełniają wymagań liniowości podanych powyżej, muszą mieć przygotowane krzywe kalibracji dla wszystkich zakresów roboczych, stosując gazy wzorcowe o znanym stężeniu w przybliżeniu 0, 30, 60 i 90% pełnej skali. Dodatkowe mieszanki muszą być użyte, jeśli to niezbędne, do właściwego określenia kształtu krzywej.



## UZUPEŁNIENIE C DO DODATKU 5. WYMAGANIA DLA ANALIZATORA NO<sub>x</sub>

*Uwaga. – Patrz uzupełnienie D, zawierające informacje na temat gazów wzorcowych i odniesienia.*

1. Jak wskazano w p. 5.4 dodatku 5, pomiar stężenia tlenków azotu musi być wykonywany metodą chemiluminescencyjną, w której mierzy się natężenie promieniowania, emitowanego podczas reakcji NO z O<sub>3</sub>. Tą metodą nie wykrywa się NO<sub>2</sub>, więc próbka musi przejść przez konwertor, w którym NO<sub>2</sub> jest przekształcany w NO przed pomiarem całkowitego NO<sub>x</sub>. Zarówno stężenie początkowego NO, jak i całkowitego NO<sub>x</sub> musi być zarejestrowane. Odejmując te wartości uzyskuje się miarę koncentracji NO<sub>2</sub>.

2. Użyty przyrząd musi być kompletny, z wszystkimi niezbędnymi składnikami do sterowania przepływem, jak regulatory, zawory, przepływomierze, itp. Materiały stykające się z próbką gazu muszą być odporne na działanie tlenków azotu, jak stal nierdzewna, szkło, itp. Temperatura próbki wszędzie musi być utrzymana przez zawory, odpowiednio do lokalnych ciśnień, aby uniknąć kondensacji wody.

**Środki ostrożności:** Wskazane wymagania dotyczą ogólnie całego zakresu analizatora. Błędy dla części skali mogą stanowić znaczący procent odczytu. Stosowność i ważność takiego wzrostu musi być rozważona w czasie przygotowań do pomiarów. Jeśli niezbędne są lepsze osiągi, wówczas muszą być podjęte odpowiednie środki.

3. Podstawowe wymagania dla osiągnięć, określone dla przyrządu pracującego w temperaturze otoczenia ustabilizowanej do 2°C, są następujące:

- a) *całkowity zakres:* 0 do 2 500 ppm w odpowiednich zakresach;
- b) *rozdzielczość:* lepsza niż 0,5% pełnej skali użytego zakresu lub 1 ppm, zależnie, co jest większe;
- c) *powtarzalność:* lepsza niż ±1% pełnej skali użytego zakresu lub ±1 ppm, zależnie, co jest większe;
- d) *stabilność:* lepsza niż ±2% pełnej skali użytego zakresu lub ±1 ppm, zależnie, co jest większe, w ciągu 1 godziny;
- e) *błąd pełzania zera:* mniejszy niż ±1% pełnej skali użytego zakresu lub ±1 ppm, zależnie, co jest większe, w ciągu 1 godziny;
- f) *szum:* 0,5 Hz i więcej, mniejszy niż ±1,0% pełnej skali użytego zakresu lub ±1 ppm, zależnie, co jest większe, w ciągu 2 godzin;
- g) *zakłócenia:* tłumienie dla próbek zawierających CO<sub>2</sub> i parę wodną musi być ograniczone, jak następuje:
  - mniejsze niż 0,05% odczytu/% stężenia CO<sub>2</sub>;
  - mniejsze niż 0,1% odczytu/% stężenia pary wodnej.

Jeśli ograniczenia na zakłócenia dla CO<sub>2</sub> i pary wodnej nie będą spełnione, wówczas muszą być określone, opisane i zastosowane stosowne współczynniki korekcji.

*Uwaga. – Zgodnie z dobrą praktyką zaleca się, aby takie procedury korekcji były stosowane we wszystkich przypadkach.*

- h) *czas odpowiedzi*: nie przekraczający 10 sekund od wejścia próbki do układu analizującego do osiągnięcia 90% odczytu końcowego;
- i) *liniowość*: lepsza niż  $\pm 2\%$  pełnej skali użytego zakresu lub  $\pm 2$  ppm, zależnie, co jest większe;
- j) *konwertor*: musi być on zaprojektowany i użytkowany tak, aby zawarty w próbce  $\text{NO}_2$  redukować do NO. Konwertor nie może wpływać na początkowy NO w próbce.

Sprawność konwertora nie może być mniejsza niż 90%.

Ta wartość sprawności musi być użyta do korekcji zmierzonej wartości próbki  $\text{NO}_2$  (t.j.  $[\text{NO}_x]_c - [\text{NO}]$ ) do tej, która byłaby określona, gdyby sprawność nie wynosiłaby 100%.

## UZUPEŁNIENIE D DO DODATKU 5. GAZY WZORCOWE I ODNIESIENIA

**Tablica gazów wzorcowych**

<i>Analizator</i>	<i>Gaz</i>	<i>Dokładność*</i>
HC	propan w zerowym powietrzu	±2% lub ±0,05 ppm**
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> w zerowym powietrzu	±2% lub ±100 ppm**
CO	CO w zerowym powietrzu	±2% lub ±2 ppm**
NO <sub>x</sub>	NO <sub>x</sub> w zerowym azocie	±2% lub ±1 ppm**

\* W przedziale ufności 95%.

\*\* Zależnie, co jest większe.

Powyższe gazy są wymagane do przeprowadzania rutynowych kalibracji analizatorów podczas ich normalnej pracy.

**Tablica gazów odniesienia**

<i>Analizator</i>	<i>Gaz</i>	<i>Dokładność*</i>
HC	propan w 10 ±1 procentowym O <sub>2</sub> równoważonym zerowym azotem	±1%
HC	propan w 21 ±1 procentowym O <sub>2</sub> równoważonym zerowym azotem	±1%
HC	propylen w zerowym powietrzu	±1%
HC	toluen w zerowym powietrzu	±1%
HC	n-heksan w zerowym powietrzu	±1%
HC	propan w zerowym powietrzu	±1%
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> w zerowym powietrzu	±1%
CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> w zerowym azocie	±1%
CO	CO w zerowym powietrzu	±1%
NO <sub>x</sub>	NO w zerowym azocie	±1%

\* W przedziale ufności 95%

Powyższe gazy są wymagane do przeprowadzania prób według uzupełnień A, B i C.

Gazy wzorcowe: tlenek węgla i dwutlenek węgla, mogą być mieszkanką z jednym lub dwoma składnikami. Mieszkanka trzyskładnikowa tlenku węgla, dwutlenku węgla i propanu w zerowym powietrzu, może być użyta przy zapewnieniu stabilności tej mieszkanki.

Gazem zerowym, jak określono dla analizatorów CO, CO<sub>2</sub> i HC, musi być zerowe powietrze (włącznie ze „sztucznym” powietrzem z 20 do 22% O<sub>2</sub> zmieszanyymi z N<sub>2</sub>). Dla analizatora NO<sub>x</sub> jako gaz zerowy musi być stosowany zerowy azot. Domieszki w obu rodzajach gazu zerowego muszą być ograniczone do mniejszych stężeń niż następujące:

- 1 ppm C
- 1 ppm CO
- 100 ppm CO<sub>2</sub>
- 1 ppm NO<sub>x</sub>

Wnioskujący musi upewnić się, że gazy handlowe jemu dostarczone, rzeczywiście spełniają te wymagania lub są tak wyspecyfikowane przez sprzedawcę.

## UZUPEŁNIENIE E DO DODATKU 5. OBLICZANIE PARAMETRÓW EMISJI – PODSTAWA, KOREKCJE POMIARÓW I ALTERNATYWNA METODA NUMERYCZNA

### 1. SYMBOLE

$AFR$	współczynnik nadmiaru powietrza, stosunek masowych natężeń przepływu suchego powietrza i paliwa
$EI$	indeks emisji; $10^3 \times$ masowe natężenie przepływu emisji gazowych na wylocie do jednostkowego masowego natężenia paliwa
$K$	stosunek stężeń mierzonych wilgotnych do suchych (po wymrażarce)
$L, L'$	współczynnik zakłócenia analizatora dla zakłócenia przez $CO_2$
$M, M'$	współczynnik zakłócenia analizatora dla zakłócenia przez $H_2O$
$M_{AIR}$	masa cząsteczkowa suchego powietrza = 28,966 g lub, gdzie to stosowne, = $(32 R + 28,1564 S + 44,011T)$ g
$M_{CO}$	masa cząsteczkowa $CO$ = 28,011 g
$M_{HC}$	masa cząsteczkowa węglowodoru w spalinach, liczona jako $CH_4$ = 16,043 g
$M_{NO_2}$	masa cząsteczkowa $NO_2$ = 46,008 g
$M_C$	masa atomowa węgla = 12,011 g
$M_H$	masa atomowa wodoru = 1,008 g
$P_1$	liczba moli $CO_2$ w próbce spalin na mol paliwa
$P_2$	liczba moli $N_2$ w próbce spalin na mol paliwa
$P_3$	liczba moli $O_2$ w próbce spalin na mol paliwa
$P_4$	liczba moli $H_2O$ w próbce spalin na mol paliwa
$P_5$	liczba moli $CO$ w próbce spalin na mol paliwa
$P_6$	liczba moli $C_xH_y$ w próbce spalin na mol paliwa
$P_7$	liczba moli $NO_2$ w próbce spalin na mol paliwa
$P_8$	liczba moli $NO$ w próbce spalin na mol paliwa
$P_T$	$P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8$
$R$	stężenie $O_2$ w suchym powietrzu, objętościowo = 0,2095 normalnie.

$S$	stężenie $N_2$ + gazy szlachetne w suchym powietrzu, objętościowo = 0,7902 normalnie
$T$	stężenie $CO_2$ w suchym powietrzu, objętościowo = 0,0003 normalnie
$P_0$	ilość moli powietrza na mol paliwa w początkowej mieszance powietrze/paliwo
$Z$	symbol użyty i określony w 3.4
$[CO_2]$	średnie stężenie $CO_2$ w próbce spalin, vol/vol
$[CO]$	średnie stężenie $CO$ w próbce spalin, vol/vol
$[HC]$	średnie stężenie $HC$ w próbce spalin, vol/vol
$[NO]$	średnie stężenie $NO$ w próbce spalin, vol/vol
$[NO_2]$	średnie stężenie $NO_2$ w próbce spalin, vol/vol
$[NO_x]$	średnie stężenie $NO_x$ w próbce spalin, vol/vol
$[NO_x]_c$	średnie stężenie $NO$ w próbce spalin, po przejściu przez konwerter $NO_2/NO$ , vol/vol
$[NO_2]$	średnie = $\frac{([NO_x]_c - [NO])}{\eta}$
$[ ]_d$	średnie stężenie w próbce spalin po wymrażarce, vol/vol
$[ ]_m$	odeczyt pomiaru średniego stężenia przed zastosowaniem korekcji przyrządu, vol/vol
$h_{vol}$	wilgotność powietrza otoczenia, vol wody/vol suchego powietrza
$h_d$	wilgotność próbki spalin opuszczającej „suszarke” lub „wymrażarkę”, vol wody/vol suchej próbki
$m$	liczba atomów $C$ w charakterystycznej cząsteczce paliwa
$n$	liczba atomów $H$ w charakterystycznej cząsteczce paliwa
$x$	liczba atomów $C$ w charakterystycznej cząsteczce węglowodorów w spalinach
$y$	liczba atomów $H$ w charakterystycznej cząsteczce węglowodorów w spalinach
$\eta$	sprawność konwertora

## 2. PODSTAWA OBLICZANIA PARAMETRÓW EI I AFR

2.1 Przyjmuje się, że równowaga pomiędzy początkową mieszanką paliwa i powietrza a wynikowym stanem próbki emisji spalin, może być wyrażona następującym wzorem:

$$C_m H_n + P_0[R(O_2) + S(N_2) + T(CO_2) + h(H_2O)] = P_1(CO_2) + P_2(N_2) + P_3(O_2) + P_4(H_2O) + P_5(CO) + P_6(C_x H_y) + P_7(NO_2) + P_8(NO)$$

z którego wymagane parametry mogą być, z definicji, wyrażone jako:

$$EI(\text{CO}) = P_3 \left( \frac{10^3 M_{\text{CO}}}{mM_c + nM_H} \right)$$

$$EI(\text{HC}) = xP_6 \left( \frac{10^3 M_{\text{HC}}}{mM_c + nM_H} \right) \quad \text{wyrażony jako równoważnik metanu}$$

$$EI(\text{NO}_x) = (P_7 + P_8) \left( \frac{10^3 M_{\text{NO}_x}}{mM_c + nM_H} \right) \quad \text{wyrażony jako równoważnik NO}_2$$

$$\text{AFR} = P_0 \left( \frac{M_{\text{AIR}}}{mM_c + nM_H} \right)$$

2.2 Wartości składników węglowodorów paliwa ( $m, n$ ) są oznaczone w specyfikacji paliwa lub określone w drodze analizy. Jeśli stosunek  $n/m$  jest tak określony, wówczas może być przypisana wartość  $m = 12$ . Ułamki molowe składników suchego powietrza ( $R, S, T$ ) są normalnie podawane jako zalecane wartości standardowe, ale mogą także być określone wartości alternatywne, podlegające ograniczeniu  $R + S + T = 1$  oraz zatwierdzeniu przez władze certyfikujące.

2.3 Wilgotność powietrza otaczającego  $h$  jest, jak zmierzono w każdych warunkach prób. Zaleca się, aby przy braku przeciwnych dowodów co do wartości charakterystyk ( $x, y$ ) węglowodorów w spalinach, przyjąć wartości  $x = 1$  oraz  $y = 4$ .

2.4 Określenie pozostałych niewiadomych wymaga rozwiązania następującego zestawu równoważnych równań liniowych, gdzie (1) do (4) pochodzą z podstawowych zależności zachowania atomów, a (5) do (9) przedstawiają zależności stężeń produktów gazowych.

$$m + TP_0 = P_1 + P_5 + xP_6 \dots\dots\dots (1)$$

$$n + 2hP_0 = 2P_4 + yP_6 \dots\dots\dots (2)$$

$$(2R + 2T + h_{\text{voi}})P_0 = 2P_1 + 2P_3 + P_4 + P_5 + 2P_7 + P_8 \dots\dots\dots (3)$$

$$2SP_0 = 2P_2 + P_7 + P_8 \dots\dots\dots (4)$$

$$[\text{CO}_2] P_T = P_1 \dots\dots\dots (5)$$

$$[\text{CO}] P_T = P_5 \dots\dots\dots (6)$$

$$[\text{HC}] P_T = xP_6 \dots\dots\dots (7)$$

$$[\text{NO}_x] P_T = \eta P_7 + P_8 \dots\dots\dots (8)$$

$$[\text{NO}] P_T = P_8 \dots\dots\dots (9)$$

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 \dots\dots\dots (10)$$

Powyższy zestaw równań warunkowych jest dla przypadku, gdzie wszystkie mierzone stężenia są prawdziwe, bez wpływu zakłóceń lub potrzeby korekcji na suszenie próbki. W praktyce występuje znaczący wpływ zakłóceń w pomiarach  $\text{CO}, \text{NO}_x$  i  $\text{NO}$ , więc często stosowana jest opcja pomiarów suchych lub półsuchych  $\text{CO}_2$  i  $\text{CO}$ . Konieczność modyfikacji stosownych równań jest opisana w p. 2.5 i 2.6.

2.5 Zakłócenia są powodowane głównie obecnością w próbce CO<sub>2</sub> i H<sub>2</sub>O, które mogą wpływać na analizatory CO i NO<sub>x</sub> w zasadniczo różny sposób. Analizator CO jest skłonny do przemieszczania zera, a analizator NO<sub>x</sub> do zmiany czułości, co wyraża się jako:

$$[\text{CO}] = [\text{CO}]_m + L[\text{CO}_2] + M[\text{H}_2\text{O}]$$

oraz

$$[\text{NO}_x]_c = [\text{NO}_x]_{cm} (1 + L'[\text{CO}_2] + M'[\text{H}_2\text{O}])$$

co przekształca równania (6), (8) i (9) w następujące alternatywne równania, gdy wymaga się, aby wpływy zakłóceń były korygowane:

$$[\text{CO}]_m P_T + L P_1 + M P_4 = P_5 \dots\dots\dots (6A)$$

$$[\text{NO}_x]_{cm} (P_T + L' P_1 + M' P_4) = \eta P_7 + P_8 \dots\dots\dots (8A)$$

$$[\text{NO}]_m (P_T + L' P_1 + M' P_4) = P_8 \dots\dots\dots (9A)$$

2.6 Opcja pomiaru stężenia CO<sub>2</sub> i CO na bazie suchej lub częściowo suchej próbki wymaga użycia zmodyfikowanych równań warunkowych z wilgotnością próbki zredukowaną do  $h_d$ , jak następuje:

$$[\text{CO}_2]_d (P_T - P_4) (1 + h_d) = P_1 \dots\dots\dots (5A)$$

oraz

$$[\text{CO}]_d (P_T - P_4) (1 + h_d) = P_5$$

Jednak na analizator CO mogą także wpływać zakłócenia, jak opisano w p. 2.5 powyżej i tak kompletne równanie alternatywne na mierzone stężenie CO, przybiera postać:

$$[\text{CO}]_{md} (P_T - P_4) (1 + h_d) + L P_1 + M h_d (P_T - P_4) = P_5 \dots\dots\dots (6B)$$

### 3. SFORMUŁOWANIA ANALITYCZNE

#### 3.1 Postanowienia ogólne

Równania od (1) do (10) mogą być zredukowane do sformułowań analitycznych dla parametrów EI i AFR, jak podano w p. 7.1 w tym dodatku. Ta redukcja jest procesem postępowego eliminowania członów  $P_0, P_1$  do  $P_8, P_T$ , przy założeniu, że wszystkie pomiary stężenia są dokonywane dla „wilgotnej” próbki, co nie wymaga korekcji na zakłócenia i temu podobnych. W praktyce często jest wybierana opcja, aby wykonywać pomiary stężenia CO<sub>2</sub> i CO na bazie „wilgotnej” lub „półwilgotnej”; także często zachodzi konieczność wykonywania korekcji na zakłócenia. Sformułowania używane w tych różnorodnych warunkach podane są w p. 3.2, 3.3 i 3.4 poniżej.

#### 3.2 Sformułowania dla przekształcenia pomiarów stężenia na bazie suchej do pomiarów na bazie wilgotnej.

Wilgotne stężenie =  $K \times$  stężenie suche; to jest

$$[ ] = K [ ]_d$$



Następujące wyrażenie na  $K$  stosuje się, gdy CO i CO<sub>2</sub> są określone na „suchej” bazie:

$$K = \frac{\{4 + (n/m) T + ([n/m]T - 2h_{vol}) ([NO_2] - (2[HC]/x)) + (2 + h_{vol}) ([y/x] - [n/m]) [HC]\} (1 + h_d)}{(2 + h_{vol}) \{2 + (n/m) (1 + h_d) ([CO_2]_d + [CO]_d)\} - ([n/m]T - 2h_{vol}) (1 - [1 + h_d] [CO]_d)}$$

### 3.3 Korekcje na zakłócenia

Pomiary CO i/lub NO<sub>x</sub> i NO mogą wymagać korekcji na zakłócenia od stężeń CO<sub>2</sub> i wody w próbce przed zastosowaniem w powyższych równaniach analitycznych. Takie korekcje mogą normalnie być wyrażone w ogólny sposób następująco:

$$[CO] = [CO]_m + L[CO_2] + M[H_2O]$$

$$[CO]_d = [CO]_{md} + L[CO_2]_d + M \left\{ \frac{h_d}{1 + h_d} \right\}$$

$$[NO] = [NO]_m (1 + L [CO_2] + M [H_2O])$$

$$\eta [NO_2] = ([NO_x]_{cm} - [NO]_m) (1 + L [CO_2] + M [H_2O])$$

### 3.4 Równanie dla oceny zawartości wody w próbce

Stężenie wody w próbce

$$[H_2O] = \frac{([n/2m] + h_{vol}[P_0/m]) ([CO_2] + [CO] + [HC])}{1 + T(P_0/m)} - (y/2x) [HC]$$

gdzie

$$P_0/m = \frac{2Z - (n/m)}{4(1 + h_{vol} - [TZ/2])}$$

oraz

$$Z = \frac{2 - [CO] - ([2/x] - [y/2x]) [HC] + [NO_2]}{[CO_2] + [CO] + [HC]}$$

Należy zauważyć, że ta ocena jest funkcją różnych odczytów analizy stężeń, które mogą same wymagać korekcji na zakłócenia wodą. Dla lepszej dokładności wymagana jest procedura iteracyjna w tych przypadkach z kolejnym, ponownym obliczeniem stężenia wody zanim zostanie osiągnięta wymagana stabilność. Użycie alternatywnej, numerycznej metodologii rozwiązania (4) pozwoli uniknąć tej trudności.

## 4. METODOLOGIA ALTERNATYWNA – ROZWIĄZANIE NUMERYCZNE

4.1 Jako alternatywa do procedur analitycznych, podsumowanych powyżej w punkcie 3, jest możliwe łatwe uzyskanie indeksów emisji, współczynnika nadmiaru powietrza, skorygowanego stężenia wilgoci, itp. z numerycznego rozwiązania równań (1) do (10) dla każdego zestawu pomiarów za pomocą komputera.

4.2 W zestawie równań od (1) do (10) rzeczywiste pomiary stężeń są zastąpione użyciem któregośkolwiek z alternatywnych równań (5A), (6A), itp. stosownego do poszczególnego układu pomiarowego, biorąc pod uwagę korekcje na zakłócenia i/lub pomiary suchej próbki.

4.3 Oprogramowania komputerowe rozwiązujące równania tablic dwuwymiarowych są szeroko dostępne i ich użycie do tego celu jest dogodne i przydatne, pozwalając na gotowe wprowadzenie i identyfikację każdej opcji suchej próbki oraz korekcje na zakłócenia i inne.

## UZUPEŁNIENIE F DO DODATKU 5. WYMAGANIA DLA DODATKOWYCH DANYCH

Jak wymaga się w p. 3.2 dodatku 5, oprócz stężenia składników mierzonej próbki, muszą być podane także następujące dane:

- a) temperatura na wlocie: mierzona jako całkowita temperatura w punkcie położonym nie dalej niż jedna średnica od płaszczyzny wlotu do silnika, z dokładnością  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ;
- b) wilgotność na wlocie (kg wody/kg suchego powietrza): mierzona w punkcie położonym nie dalej niż 15 m od płaszczyzny wlotu do silnika, z dokładnością  $\pm 5\%$  odczytu;
- c) ciśnienie atmosferyczne: mierzone nie dalej niż 1 km od miejsca prób silnika i korygowane, gdy to niezbędne, do wysokości stanowiska do prób, z dokładnością  $\pm 100$  Pa;
- d) masowy przepływ paliwa: z bezpośredniego pomiaru z dokładnością  $\pm 2\%$ ;
- e) stosunek H/C w paliwie: określony jako  $n/m$ , gdzie  $C_mH_n$  jest równoważnym odwzorowaniem węglowodoru w paliwie, użytym do prób i oszacowanym przez odniesienie do analizy typu paliwa silnikowego;
- f) parametry silnika:
  - 1) ciąg: z bezpośredniego pomiaru z dokładnością  $\pm 1\%$  mocy startowej i  $\pm 5\%$  minimalnego ciągu, użytego podczas prób certyfikacyjnych, z liniową zmiennością pomiędzy tymi punktami;
  - 2) prędkość(i) obrotowa: z bezpośredniego pomiaru z dokładnością co najmniej  $\pm 0,5\%$ ;
  - 3) przepływ gazu z wytwornicy: określony z dokładnością  $\pm 2\%$  przez odniesienie do kalibracji osiąarów silnika.

Parametry a), b), d) i f) muszą być określone dla każdego ustawienia silnika w próbach emisji, zaś c) musi być określany w odstępach nie mniejszych niż 1 godzina w okresie zawierającym próby emisji.

## **DODATEK 6. PROCEDURA ZGODNOŚCI W ZAKRESIE EMISJI GAZÓW I DYMU**

### **1. POSTANOWIENIA OGÓLNE**

Następujące ogólne zasady muszą być przestrzegane dla zgodności z poziomami wymagań, podanymi w części III w punktach 2.2, 2.3, 3.2 i 3.3:

- a) producent musi zgodzić się na wybranie do prób certyfikacyjnych pewnej ilości silników, włącznie z jednym silnikiem, jeśli tak jest zażądane;
- b) wszystkie wyniki prób, uzyskane podczas prób certyfikacyjnych, muszą być brane pod uwagę przez władze certyfikujące;
- c) muszą być przeprowadzone co najmniej 3 próby silników, a jeśli do certyfikacji przedstawiono tylko jeden silnik, musi on być badany co najmniej 3 razy;
- d) jeśli dany silnik jest badany kilka razy, wówczas średnia arytmetyczna wartość z prób, musi stanowić średnią wartość dla silnika. Wynik certyfikacyjny ( $X$ ) jest więc średnią z wartości ( $X_i$ ) uzyskanych dla każdego badanego silnika;
- e) producent musi dostarczyć władzom certyfikacyjnym informacje, wymienione w części III w punktach 2.4 lub 3.4;
- f) silniki dostarczone do prób muszą mieć właściwości emisji reprezentatywne dla typu silnika, dla którego wystąpiono o certyfikację. Co najmniej jeden silnik musi być znacząco skonfigurowany według standardu produkcyjnego typu silnika i mieć w pełni reprezentatywne charakterystyki operacyjne i osiągi. Jeden z tych silników musi być zgłoszony jako standardowy silnik odniesienia. Metody korekcji każdego innego silnika do tego standardowego silnika odniesienia, muszą być zatwierdzone przez narodowe władze certyfikujące. Metody korekcji wyników prób na wpływy otoczenia, muszą być zgodne z podanymi odpowiednio w punkcie 7 dodatku 3 lub w 7 dodatku 5.

### **2. PROCEDURY ZGODNOŚCI**

Władze certyfikujące muszą przyznać certyfikat zgodności, jeśli średnia z wartości zmierzonych i skorygowanych (do standardowego silnika odniesienia i warunków atmosferycznych odniesienia) z pomiarów wszystkich silników, przekształcona do poziomu charakterystycznego przy użyciu odpowiedniego współczynnika, który jest określony przez ilość badanych silników ( $i$ ), jak pokazano w tabeli poniżej, nie przekracza przepisowego poziomu.

*Uwaga.* – Poziom charakterystyczny zadymienia lub emisji gazowych jest średnią z wartości wszystkich badanych silników  $i$ , tylko dla emisji gazowych, odpowiednio skorygowanych do standardowego silnika odniesienia i atmosferycznych warunków odniesienia, podzielonych przez współczynnik odpowiedni do ilości badanych silników, jak pokazano w tablicy A6-1.

Tabl. A6-1. Charakterystyczny poziom zadymienia lub emisji gazowych

Ilość badanych silników ( <i>i</i> )	CO	HC	NO <sub>x</sub>	SN
1	0.814 7	0.649 3	0.862 7	0.776 9
2	0.877 7	0.768 5	0.909 4	0.852 7
3	0.924 6	0.857 2	0.944 1	0.909 1
4	0.934 7	0.876 4	0.951 6	0.921 3
5	0.941 6	0.889 4	0.956 7	0.929 6
6	0.946 7	0.899 0	0.960 5	0.935 8
7	0.950 6	0.906 5	0.963 4	0.940 5
8	0.953 8	0.912 6	0.965 8	0.944 4
9	0.956 5	0.917 6	0.967 7	0.947 6
10	0.958 7	0.921 8	0.969 4	0.950 2
więcej niż 10	$1 - \frac{0.130\ 59}{\sqrt{i}}$	$1 - \frac{0.247\ 24}{\sqrt{i}}$	$1 - \frac{0.096\ 78}{\sqrt{i}}$	$1 - \frac{0.157\ 36}{\sqrt{i}}$

### 3. PROCEDURA W PRZYPADKU BRAKU ZGODNOŚCI

*Uwaga.* – Gdy próby certyfikacyjne nie udadzą się, nie musi to oznaczać, że typ silnika nie spełnia wymagań, ale może znaczyć, że ufność podana władzom certyfikacyjnym w zgodności nie jest wystarczająco wysoka, tj. mniejsza niż 90%. Zatem należy pozwolić producentowi na przedstawienie dodatkowego dowodu zgodności z typem silnika.

3.1 Jeśli typ silnika nie spełnia prób certyfikacyjnych, władze certyfikujące muszą pozwolić producentowi, jeśli życzy on sobie tego, przeprowadzić dodatkowe próby na certyfikowanych silnikach. Jeśli ogół dostępnych wyników nadal pokazuje, że typ silnika nie spełnia wymagań certyfikacyjnych, należy pozwolić producentowi przebadać dodatkowo tyle silników, ile sobie on życzy. Ostateczne wyniki prób muszą uwzględniać wszystkie poprzednie dane.

3.2 Jeśli wyniki są nadal niepomyślne, należy producentowi pozwolić wybrać jeden lub więcej silników do modyfikacji. Wyniki prób poprzednio wykonanych na wybranym silniku(-ach), chociaż niezmodyfikowanym, muszą być sprawdzone oraz dalsze badania muszą być prowadzone tak, aby były dostępne co najmniej trzy próby. Średnia z tych prób musi być określona dla każdego silnika i opisana jako „średnia niemodyfikowana”.

3.3 Silnik(-i) może(mogą) więc być modyfikowany(-e) i co najmniej trzy próby muszą być przeprowadzone na modyfikowanym(-ych) silniku(ach), średnia z których musi być opisana jako „średnia modyfikowana” w każdym przypadku. Ta „średnia modyfikowana” musi być porównana ze „średnią niemodyfikowaną”, aby dać proporcjonalne ulepszenie, które musi być zastosowane do wcześniejszych wyników prób certyfikacyjnych dla określenia, czy zgodność została osiągnięta. Musi być określone przed próbami każdego modyfikowanego silnika, że modyfikacja(-cje) spełnia(-ją) odpowiednie wymagania zdatności do lotu.

3.4 Ta procedura musi być powtórzona aż do wykazania zgodności lub wycofania wniosku o typ silnika.

— KONIEC —

**SUPLEMENT DO ZAŁĄCZNIKA 16 – WYDANIE DRUGIE**

**OCHRONA ŚRODOWISKA**

**Tom II - Emisje z silników statków powietrznych**

Różnice pomiędzy narodowymi przepisami i praktykami Państw, zawierających umowę i odpowiednimi Międzynarodowymi Normami i Zalecanymi Praktykami, zawartymi w Załączniku 16, tom II, które zostały zgłoszone do ICAO zgodnie z artykułem 38 *Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym* i rezolucją Rady z 21 listopada 1950 r.

CZERWIEC 2008

---

ORGANIZACJA MIĘDZYNARODOWEGO LOTNICTWA CYWILNEGO

**ZAPIS POPRAWEK DO SUPLEMENTU**

<i>Nr</i>	<i>Data</i>	<i>Wprowadził</i>

<i>Nr</i>	<i>Data</i>	<i>Wprowadził</i>

**POPRAWKI DO ZAŁĄCZNIKA 16, TOM II, PRZYJĘTE LUB ZATWIERDZONE PRZEZ RADĘ DO DRUGIEGO WYDANIA Z LIPCA 1993**

<i>Nr</i>	<i>Data przyjęcia lub zatwierdzenia</i>	<i>Data stosowania</i>
3	20/3/97	N/A
4	26/2/99	4/11/99
5	23/2/05	24/11/05

<i>Nr</i>	<i>Data przyjęcia lub zatwierdzenia</i>	<i>Data stosowania</i>

**1. Umawiające się Państwa, które zgłosiły różnice do ICAO**

Wymienione poniżej Umawiające się Państwa zgłosiły do ICAO różnice, które istnieją pomiędzy ich narodowymi przepisami i praktykami, a Międzynarodowymi Normami II tomu Załącznika 16, wydanie drugie, włącznie z poprawką 5, lub komentowały ich stosowanie.

Podane dla każdego Państwa numery stron i daty ich publikacji zgodne są z rzeczywistymi stronami w tym suplemencie.

<i>Państwo</i>	<i>Data zgłoszenia</i>	<i>Ilość stron w Suplemencie</i>	<i>Data publikacji</i>
Argentyna	21/11/05	1	2/6/08
Azerbejdżan	23/11/05	1	2/6/08
Kanada	14/11/05	1	2/6/08
Czechy	25/10/05	1	2/6/08
Fidzi	21/10/05	1	2/6/08
Irlandia	24/10/05	1	2/6/08
Malezja	22/6/05	1	2/6/08
Nowa Zelandia	27/11/05	1	2/6/08
Polska	14/10/05	1	2/6/08
Hiszpania	28/2/05	1	2/6/08
Szwecja	24/10/05	1	2/6/08
Stany Zjednoczone	27/6/05	1-2	2/6/08

**2. Umawiające się Państwa, które zgłosiły do ICAO brak różnic**

<i>Państwo</i>	<i>Data zgłoszenia</i>	<i>Państwo</i>	<i>Data zgłoszenia</i>
Armenia	8/6/07	Rumunia	20/10/05
Bahrajn	20/7/05	Singapur	2/9/05
Chiny (z Hongkongiem)	24/10/05	Słowacja	11/10/05
Dania	4/7/05	Słowenia	13/10/05
Niemcy	1/7/05	Tunezja	18/7/05
Indie	23/10/06	Zjednoczone Emiraty	19/10/05
Iran	20/6/05	Wielka Brytania	8/6/05
Norwegia	29/6/05	Wenezuela	25/10/05
Pakistan	27/6/05		

**3. Umawiające się Państwa, z których nie otrzymano informacji**

Afganistan		Belize
Albania		
Algeria	Austria	
Andorra	Bahamy	
Angola	Bangladesz	Benin
Antigua i Barbuda	Barbados	Bhutan
Australia	Białoruś	Boliwia
	Belgia	Bośnia i Hercegowina



Botswana  
Brazylia  
Brunei Darussalam

Bułgaria  
Burkina Faso  
Burundi  
Kambodża  
Kamerun  
Cape Verde  
Republ. Środkowoafrykańska  
Czad  
Chile  
Chiny  
Kolumbia  
Komory  
Kongo  
Wyspy Cooka  
Kostaryka  
Wybrzeże Kości Słoniowej  
Chorwacja  
Kuba  
Cypr  
Koreańska Republika  
Ludowo-Demokratyczna  
Demokratyczna Republika  
Konga  
Dżibuti  
Dominikana  
Ekwador  
Egipt  
Salwador  
Gwinea Równikowa  
Erytrea  
Estonia  
Etiopia  
Finlandia  
Francja  
Gabon  
Gambia  
Gruzja  
Ghana  
Grecja  
Grenada  
Gwatemala  
Gwinea  
Gwinea-Bissau  
Gujana  
Haiti  
Honduras  
Węgry  
Islandia  
Indonezja

Irak  
Izrael  
Włochy  
Jamajka  
Japonia  
Jordania  
Kazachstan  
Kenia  
Kiribati  
Kuwejt  
Kirgistan  
Laotańska Republika  
Ludowo-Demokratyczna  
Łotwa  
Liban  
Lesotho  
Liberia  
Libia  
Litwa  
Luksemburg  
Madagaskar  
Malawi  
Malediwy  
Mali  
Malta  
Wyspy Marshalla  
Mauretania  
Mauritius  
Meksyk  
Federacja Mikronezji  
Mołdawia  
Monako  
Mongolia  
Czarnogóra  
Maroko  
Mozambik  
Myanmar  
Namibia  
Nauru  
Nepal  
Holandia  
Nikaragua  
Niger  
Nigeria  
Oman  
Palau  
Panama  
Papua Nowa Gwinea  
Paragwaj

Peru  
Filipiny  
Portugalia  
Korea Południowa  
Rosja  
Rwanda  
Saint Kitts i Nevis  
Saint Lucia  
Saint Vincent i Grenadyny  
Samoa  
San Marino  
Sao Tome i Principe  
Arabia Saudyjska  
Senegal  
Serbia  
Seszele  
Sierra Leone  
Wyspy Salomona  
Somalia  
Afryka Południowa  
Sri Lanka  
Sudan  
Surinam  
Suazi  
Szwajcaria  
Syria  
Tadżykistan  
Tajlandia  
Macedonia  
Timor Wschodni  
Togo  
Tonga  
Trinidad i Tobago  
Turcja  
Turkmenistan  
Uganda  
Ukraina  
Tanzania  
Urugwaj  
Uzbekistan  
Vanuatu  
Wietnam  
Jemen  
Zambia  
Zimbabwe

**4. Punkty, do których zgłoszono różnice**

<i>Punkt</i>	<i>Różnice zgłoszone przez</i>	<i>Punkt</i>	<i>Różnice zgłoszone przez</i>
Postanowienia ogólne	Argentyna Czechy Fidżi Irlandia Polska Hiszpania Szwecja Stany Zjednoczone	Rozdział 1 1.3 1.4	Nowa Zelandia Malezja Stany Zjednoczone
<b>CZĘŚĆ II</b>		Rozdział 2 2.1.1 2.1.4 2.1.4.1 2.2 2.3 2.3.2 c) 2.3.2 d)	Stany Zjednoczone Stany Zjednoczone Stany Zjednoczone Stany Zjednoczone Stany Zjednoczone Stany Zjednoczone Kanada Stany Zjednoczone
Rozdział 1 1.2 1.3	Nowa Zelandia Malezja Nowa Zelandia Stany Zjednoczone	Rozdział 3 Postanowienia ogólne 3.1.5.1	Stany Zjednoczone Stany Zjednoczone
<b>CZĘŚĆ III</b>	Azerbejdżan	Dodatek 4	Stany Zjednoczone

**Postanowienia ogólne**

W Argentynie przepisami zdatowności do lotu, przyjętymi jako normy certyfikacji emisji silników lotniczych, są przepisy FAR Part 34 Stanów Zjednoczonych w oryginalnym języku ze zmianami do nich, gdy będą one przyjęte.

Pod tym względem różnice pomiędzy przepisami i/lub praktyką Argentyny a postanowieniami Załącznika 16, tomu II z poprawką 5 włącznie, jeśli będą, to będą takie same, jak zgłoszone przez Stany Zjednoczone dla FAR Part 34.

---

**CZĘŚĆ III**

Postanowienia części III z tomu II Załącznika 16 nie są włączone do narodowych przepisów lotniczych, ponieważ w Azerbejdżanie nie ma projektantów statków powietrznych ani silników, więc sprawy certyfikacji emisji nas nie dotyczą.

---

**CZĘŚĆ III**

**Rozdział 2**

2.3.2 d)

Kanada nie wprowadziła tego wymagania. Obecnie toczy się proces legislacji tego wymagania.

---

**Postanowienia ogólne**

Do statków powietrznych, które zostały objęte odpowiedzialnością Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Lotniczego (EASA), stosuje się tom II Załącznika 16 z poprawkami od 1 do 4 do czasu, aż EASA przyjmie normy poprawki 5 do II tomu Załącznika 16, jako wymagania rozporządzenia UE. Jest to oczekiwane w lipcu 2006 r. Powyższe statki powietrzne są wymienione na stronie internetowej EASA [www.easa.eu.int](http://www.easa.eu.int).

Do statków powietrznych nie objętych przez EASA, stosuje się od 24 listopada 2005 r. tom II Załącznika 16 z poprawkami od 1 do 5.

Czechy jako członek UE przyjęły rozporządzenia UE (nr 1592/2002 w sprawie wspólnych zasad w zakresie lotnictwa cywilnego i utworzenia Europejskiej Agencji Bezpieczeństwa Lotniczego oraz nr 1702/2003 ustanawiające zasady wykonawcze dla certyfikacji statków powietrznych i związanych z nimi wyrobów, części i wyposażenia w zakresie zdolności do lotu i ochrony środowiska oraz dla certyfikacji organizacji projektujących i produkujących), które zastąpiły narodowe przepisy w zakresie pokrytym przez te rozporządzenia. W Czechach są dwie grupy statków powietrznych produkowanych i użytkowanych – statki powietrzne objęte odpowiedzialnością EASA i nie objęte. Zgodnie z wymienionymi wyżej informacjami rozporządzenia UE muszą być stosowane do tych pierwszych.

Oczekuje się, że brak różnic nastąpi po połowie 2006 r.

---

**Postanowienia ogólne**

Fidżi nie posiada legislacji odzwierciedlającej Załącznik 16. Wymagania są stosowane poprzez zatwierdzanie silników lotniczych i procedur zgodnych z wymaganiami FAA Stanów Zjednoczonych i europejskiej EASA.

---

**Postanowienia ogólne**

Poprawki 5 nie stosuje się. Będzie ona wprowadzona poprzez rozporządzenie UE nr 1592/2002 (EASA).

---



**CZEŚĆ II**

**Rozdział 1**

1.3 Nie wprowadzono.

**CZEŚĆ III**

**Rozdział 1**

1.4 Nie wprowadzono.

---

**CZĘŚĆ II**

**Rozdział 1**

1.2 Nie wprowadzono.

1.3 Nie wprowadzono.

**CZĘŚĆ III**

**Rozdział 1**

1.3 Nie wprowadzono

---

**Postanowienia ogólne**      Polska ciągle stosuje poprawkę 4.

---

**Postanowienia ogólne**

Hiszpania będzie kontynuować stosowanie poprawki 4 do II tomu Załącznika 16 do chwili zmiany rozporządzenia 1592/2002 na szczeblu europejskim. Wprowadzenie poprawki spodziewane jest w połowie 2006 r.

---

**Postanowienia ogólne**

Poprawka 5 nie została wprowadzona.

---

**Postanowienia ogólne** Stany Zjednoczone ustaliły przepisy w zakresie dymu dla silników klasy TP (turbośmigłowe). Stosują się one do silników turbośmigłowych o mocy wyjściowej równej lub większej niż 1 000 kW.

Przepisy 40 CFR Part 87.1 oraz 14 CFR Part 34.1 definiują klasę silników TP jako wszystkie silniki turbośmigłowe. 40 CFR Part 87.(e)(3) oraz 14 CFR Part 34.(e)(3) ustalają maksymalną liczbę dymu (SN) dla silników turbośmigłowych wyprodukowanych przed 1 stycznia 1984 r. i z mocą wyjściową równą lub większą niż 1 000 kW. Te silniki nie przekraczają  $SN = 187(ro)^{-0,168}$  (gdzie moc wyjściowa, ro, jest w kW).

## CZĘŚĆ II

### Rozdział 1

1.3 Normy określają, że Umawiające się Państwa muszą uznawać certyfikację w zakresie drenażu paliwa przeprowadzoną przez inne Umawiające się Państwa. Jednakże Stany Zjednoczone nie akceptują tego typu certyfikacji bez dwustronnej umowy w zakresie zdatności do lotu.

## CZĘŚĆ III

### Rozdział 1

1.4 Normy określają, że Umawiające się Państwa muszą uznawać certyfikację w zakresie emisji przeprowadzoną przez inne Umawiające się Państwa. Jednakże Stany Zjednoczone nie akceptują tego typu certyfikacji bez dwustronnej umowy w zakresie zdatności do lotu.

### Rozdział 2

2.1.1 Stany Zjednoczone nie przyjęły jeszcze norm dotyczących NO<sub>x</sub>, przyjętych przez CAEP 6 w 2005 r. (poprawka 5 do Załącznika 16).

Legislacyjne procedury w Stanach Zjednoczonych są powolne przy adaptacji międzynarodowych norm i zalecanej praktyki. Dodatki 3 i 5 są obecnie wprowadzone do amerykańskich przepisów poprzez odsyłacz.

Normy będą ewentualnie adaptowane do przepisów amerykańskich jako przepisy 40 CFR Parts 87.10, 87.1, 87.2(d), 87.61 oraz następnie jako 14 CFR Parts 34.10, 34.1, 34.21(d) i 34.61.

2.1.4 Normy Stanów Zjednoczonych zawierają dodatkowe ustawienia ciągu, operacyjne zakresy pracy oraz wzorcowe cykle startu i lądowania dla emisji z silników klasy turbośmigłowej. ICAO nie posiada norm emisji dla silników tej klasy, więc te postanowienia nie były opracowywane dla tomu II Załącznika 16.

2.1.4.1 Stany Zjednoczone nie przyjęły jeszcze norm dotyczących NO<sub>x</sub>, przyjętych przez CAEP 6 w 2005 r. (poprawka 5 do Załącznika 16).

Legislacyjne procedury w Stanach Zjednoczonych są powolne przy adaptacji międzynarodowych norm i zalecanej praktyki. Dodatki 3 i 5 są obecnie wprowadzone do amerykańskich przepisów poprzez odsyłacz.

Normy będą ewentualnie adaptowane do przepisów amerykańskich jako przepisy 40 CFR Parts 87.10, 87.1, 87.2(d), 87.61 oraz następnie jako 14 CFR Parts 34.10, 34.1, 34.21(d) i 34.61.

2.2 Amerykańskie normy dymu zostały opracowane dla silników klasy turbośmigłowej. Jednakże ICAO nie posiada norm dymu dla takich silników.

2.3 Amerykańskie normy lotnicze dla emisji spalin w zakresie NO<sub>x</sub> jeszcze nie włączają postanowień poprawki 5.

- Podczas adoptowania norm poprawki 5 w zakresie NO<sub>x</sub> FAA zachęca wnioskujących do spełnienia ostatnich poprawek do Załącznika 16 jako odniesienia do norm EPA, 40 CFR 87.
- 2.3.2 c) Stany Zjednoczone nie przyjęły jeszcze norm dotyczących NO<sub>x</sub>, przyjętych przez CAEP 6 w 2005 r. (poprawka 5 do Załącznika 16).
- Legislacyjne procedury w Stanach Zjednoczonych są powolne przy adaptacji międzynarodowych norm i zalecanej praktyki.
- Normy będą ewentualnie adaptowane do przepisów amerykańskich jako przepisy 40 CFR Part 87.21(d) oraz następnie jako 14 CFR Part 34.21(d).
- 2.3.2 d) Stany Zjednoczone nie przyjęły jeszcze norm dotyczących NO<sub>x</sub>, przyjętych przez CAEP 6 w 2005 r. (poprawka 5 do Załącznika 16).
- Legislacyjne procedury w Stanach Zjednoczonych są powolne przy adaptacji międzynarodowych norm i zalecanej praktyki. Dodatki 3 i 5 są obecnie wprowadzone do amerykańskich przepisów poprzez odsyłacz.
- Normy będą ewentualnie adaptowane do przepisów amerykańskich jako przepisy 40 CFR Parts 87.10, 87.1, 87.2(d), 87.61 oraz następnie jako 14 CFR Parts 34.10, 34.1, 34.21(d) i 34.61.

### Rozdział 3

#### Postanowienia ogólne

- Normy są określone w zakresie dymu, węglowodorów, tlenu węgla oraz tlenków azotu dla silników przewidzianych jako napęd z prędkościami naddźwiękowymi. Stany Zjednoczone posiadają jedynie normy w zakresie dymu i węglowodoru dla takich silników.
- Po wycofaniu Concorde ze służby, obecnie nie ma cywilnych samolotów certyfikowanych dla lotów naddźwiękowych. Przyjęcie norm w zakresie tlenu węgla i tlenków azotu dla silników dla samolotów naddźwiękowych nie jest obecnie priorytetem legislacyjnym.
- 3.1.5.1 Stany Zjednoczone nie przyjęły jeszcze norm dotyczących NO<sub>x</sub>, przyjętych przez CAEP 6 w 2005 r. (poprawka 5 do Załącznika 16).
- Legislacyjne procedury w Stanach Zjednoczonych są powolne przy adaptacji międzynarodowych norm i zalecanej praktyki. Dodatki 3 i 5 są obecnie wprowadzone do amerykańskich przepisów poprzez odsyłacz.
- Normy będą ewentualnie adaptowane do przepisów amerykańskich jako przepisy 40 CFR Parts 87.10, 87.1, 87.2(d), 87.61 oraz następnie jako 14 CFR Parts 34.10, 34.1, 34.21(d) i 34.61.

#### Dodatek 4

- Stany Zjednoczone nie przyjęły jeszcze norm dotyczących NO<sub>x</sub>, przyjętych przez CAEP 6 w 2005 r. (poprawka 5 do Załącznika 16).
- Legislacyjne procedury w Stanach Zjednoczonych są powolne przy adaptacji międzynarodowych norm i zalecanej praktyki. Dodatki 3 i 5 są obecnie wprowadzone do amerykańskich przepisów poprzez odsyłacz.
- Normy będą ewentualnie adaptowane do przepisów amerykańskich jako przepisy 40 CFR Parts 87.10, 87.1, 87.2(d), 87.61 oraz następnie jako 14 CFR Parts 34.10, 34.1, 34.21(d) i 34.61.

*Uwaga. – Ocenia się, że w zakresie norm na NO<sub>x</sub> Stany Zjednoczone adoptują poprawkę 4 do grudnia 2005 r., a poprawkę 5 do grudnia 2007 r.*